

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA”

Realizado por:

CUECHE JIMENEZ, SARA ISABEL

PINO VILLARROEL, CARLENE JOSE

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito  
Parcial para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Barcelona, Junio 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA”

Realizado por:

---

Cueche J., Sara I.

Pino V., Carlene J.

Revisado y Aprobado por:

---

Prof. Luis Gonzalez  
Asesor Academico

Barcelona, Junio 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



“INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA”

JURADO CALIFICADOR:

---

Prof. Luisa Torres

---

Prof. Enrique Montejo

Barcelona, Junio 2009

## **RESOLUCION**

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Para la aprobación definitiva de los cursos especiales de grado como modalidad de trabajo de grado, será requisito parcial la entrega a un jurado calificador, de una monografía en la cual se profundice en uno o más temas relacionados con el área de concentración”.

## DEDICATORIA

A **DIOS** por llevarme de la mano, por tocar mi corazón, por estar presente en mi vida siempre, por ser luz en mi camino, y ayudarme en la culminación de esta gran meta.

A mis papas **Santos Cueche y Zulema Jiménez de Cueche**, por su amor ilimitado, por todos sus esfuerzos y sacrificios por sacarnos adelante a mí y a mis hermanos, por ayudarme a que este momento llegara, por ser lo máximo, a ustedes por ser mis héroes, los amo!.

A mis hermanos **Ilen y Jonás**, por apoyarme incondicionalmente, por ser los mejores “manitos” del mundo, por inspirarme a seguir sus mejores cualidades a mi hermana su paciencia, tolerancia, inteligencia, a mi hermano por su creatividad, comprensión y su buen humor.

A mis abuelos, **Canuto Antonio Jiménez y Santos Rafael Cueche**, Maestros de Obras, quienes me transmitieron desde pequeña su pasión por la construcción y la ingeniería, aunque no estén físicamente conmigo este también era su sueño, este título es en su honor.

A **Todos mis Amigos** quienes en algún momento han sido ángeles en mi vida, por ayudarme, escucharme, animarme a seguir adelante y no rendirme hasta lograrlo por estar allí conmigo en toda la carrera y todos aquellos que han influido en mi, a lo largo de mi vida.

Sara Cueche

Este logro se lo dedico a la mujer mas maravillosa que e conocido, la que ha sido mi ejemplo a seguir y la unica persona que siempre creyo en mi gracias por ser mi mejor amiga y mi mama: Aura Villarroel Morante.

Carlene Pino Villarroel

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS** por hacerme sentirme tu inmenso amor, por enviarme entre los más maravillosos ángeles mi familia y mis amigos, sin ellos no habría sido posible.

A mis papas **Santos Cueche y Zulema Jiménez de Cueche** gracias papi por llevarme estos años a la universidad aun en esos días en los que no quería ir y decirme que si iba a salir bien y cuando no era así que la otra oportunidad ya estaba conquistada, gracias mami por escucharme y tratar de ayudarme siempre, por decirme que no me rindiera que lo volviera a intentar, En fin gracias por sus consejos, por el “Si Puedes”, este triunfo también es de ustedes.

A mis hermanos **Jonás e Ilen a su esposo Carlos y mi sobri Scarlett**, gracias manito por hacerme reír cuando tenía ganas de llorar, y estos últimos años aunque estas lejos por tu cariño y tus llamadas. Gracias manis por ser siempre mi guía, por compartir mis triunfos y tristezas, a Carlos y Scarlett por su cariño.

A mis abuelas **Ángela Silveira de Cueche y Zoila Rosa Salazar de Jiménez** aunque no te vea estas presente, por el ejemplo de ambas de energía inagotable.

A mis tíos **Damelis y Hernán Padrón** son otros padres para mi, gracias por sus consejos, a mis primos **Marianggella, Nella y Marco Antonio** gracias por su apoyo.

A mis amigas de bachillerato que son mis amigas fieles **Lorenita, Ibeanyi, Iri, flak Anais, Yose**, porque al pasar de los años nuestra amistad se ha convertido en apoyo para cada una de nuestras metas y que esta la

celebran conmigo gracias por su apoyo.

A mis amigas **Omaira, Estivalis, Paola y Carlene** por los momentos más duros, por estar presente en mis correderas en la UDO las quiero mucho amigas colegas.

A mis Amigos **los Partuzeros Andrés, Juan, Mingo, Lore** por estar siempre ahí, haciéndome reír con sus locuras cuando más los necesite y decirme “tranquila en la próxima la pasas”, solo esas palabras bastaron, gracias amigos.

A mis amigos de facebook y msn, gracias por acompañarme me hicieron la carga más ligera, gracias por estar allí, en mis amanecidas estudiando, haciendo trabajos, a todos gracias por su apoyo, en especial a **Mailyn, Gochis, Ibe, German, Miguel, Luisana, Alberto, kate, Nene Rande, Gaby Hernandez.**

*Sara Cueche*



En primer lugar quiero agradecerle a dios por haberme dado fuerza, inteligencia y salud durante toda mi carrera.

A mis padres por ser ejemplo a seguir en todos mis logros, especialmente a ti mama por ser una mujer especial si tu valentía y tu amor no estuviera donde estoy, algún día quisiera ser igual a ti, me siento orgullosa de ser tu hija. Te adoro mama.

A ti Ángel Rosal, por apoyarme y creer en mí, en esta última etapa de mi carrera. Gracias por haber llegado a mi vida. Te amo!

A toda mi familia que siempre de una u otra manera han estado pendientes de mis logros, en especial a mi tía Rosita que ha sido como una segunda madre para mi Te Quiero Mucho tía bella.

A mis hermanos, Carlos Julio, Karla y Carlos Miguel ustedes forman parte de lo que soy gracias por estar a mi lado.

A mis amigos, Rafael, Antonella, Daniela, Juan, Juan Carlos, Juan Silva, Carlos por estar ahí y compartir esta etapa de nuestras vidas juntos, se convirtieron en parte especial de mi vida. Se les quiere mucho.

A mis hermanas que siempre han estado conmigo desde antes de comenzar mi carrera universitaria y siguen presente ahora Maria Teresa y Silvia Rosa las quiero mucho.

A mis Compañeras y Compañeros de estudio que a lo largo del camino se convirtieron en mis amigos, Antonimel, Vanesa, Carolina, Álvaro, Peche, Jehissa, Lucy, Analia, Félix, Silvia, Anny, Oscar, les deseo lo mejor para todos y mucho éxito.

A la Universidad de Oriente y todos sus profesores, especialmente aquellos que dejaron una huellas imborrables en mi vida. Gracias por sus consejos y su ayuda.

A todos, en general gracias por los momentos de felicidad, y gracias por estar en los momentos de tristeza, todos han hecho de mi la persona que soy hoy, éste título también es de ustedes.

*Carlene Pino Villarroel*

## ÍNDICE

RESOLUCION .....	IV
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
RESUMEN.....	XVIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	5
1.3.1. Objetivo General .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
1.4. SISTEMA DE VARIABLES.....	6
1.4.1. Definición Conceptual .....	6
1.4.2. Definición Operacional .....	8
CAPÍTULO 2.....	11
2.1. PRESAS O REPRESAS.....	11

2.2. TIPOS DE REPRESA.....	13
2.2.1. Según su estructura .....	13
2.2.2. Según su material .....	15
2.2.3. Según su aplicación .....	17
2.3. FALLAS MÁS FRECUENTES OCURRIDAS EN PRESAS A NIVEL MUNDIAL.....	18
2.3.1. Presa de Vajont.....	18
2.3.2. Presa de las Tres Gargantas .....	19
2.3.3. Presa Hoover .....	22
2.3.4. Presa Grand Coulee.....	24
2.3.5. Represa de Tetón.....	26
2.4. PRESAS VENEZOLANAS QUE HAN PRESENTADO ALGÚN TIPO DE FALLAS.....	30
2.4.1. Siburua.....	32
2.4.2. Las Tinas.....	33
2.4.3. Aracay .....	33
2.4.4. El Cristo.....	34
2.4.5. El Guapo .....	36

2.4.6. Tocuyo de la Costa .....	37
2.5. FACTORES QUE OCASIONARON LAS DIFERENTES FALLAS PRESENTADAS EN LAS PRESAS VENEZOLANAS. ....	38
2.5.1. Siburua.....	38
2.5.2. Las Tinas.....	39
2.5.3. Aracay .....	41
2.5.4. El Cristo.....	45
2.5.5. El Guapo .....	49
2.5.6. Tocuyo de la Costa .....	64
2.6. POSIBLES SOLUCIONES QUE SE PUEDEN APLICAR O SE APLICARON EN CADA UNO DE LOS CASOS SEÑALADOS. ....	69
2.6.1. 2.6.1 Siburua.....	69
2.6.2. Las Tinas.....	69
2.6.3. Aracay .....	69
2.6.4. El Cristo.....	70
2.6.5. El Guapo .....	70
2.6.6. Tocuyo de la Costa .....	70
2.7. ENSEÑANZAS QUE PUDIMOS OBTENER DE LAS FALLAS QUE SE PRESENTARON. ....	72

CAPÍTULO 3.....	73
3.1. CONCLUSIONES.....	73
3.2. RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación y Operacionalización de las Variables .....	6
Tabla 2. Operacionalización de las Variables .....	8
Tabla 3. Resumen de los incidentes agrupados por categorías. ....	31
Tabla 4. Comparación de los hidrogramas y las crecientes del 1978 y 1999	47
Tabla 5. Resumen de los resultados del estudio hidrológico efectuado en Febrero de 1975 .....	54
Tabla 6. Niveles máximos registrados en el embalse Tocuyo de la Costa ...	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Presa de tipo gravedad.....	1
Figura N° 2.2: Presa en Arco. ....	15
Figura N° 2.4: Presa de materiales sueltos.....	17
Figura N° 2.5. Presa de las tres gargantas en el 2006. ....	20
Figura N° 2.6. La Presa Hoover desde el aire.....	24
Figura N° 2.7 Vista panorámica de la presa Grand Coulee, mirando al sureste. La central eléctrica número tres, que se encuentra abajo a la izquierda de la presa, es lo bastante grande como para albergar cinco campos de fútbol.....	26
Figura N° 2.8 Vista noroeste hacia el estribo derecho Represa el Tetón. El hueco en la cara de la presa crece hacia arriba .....	28
Figura N° 2.9 Vista noroeste hacia la grieta.....	29
Figura N° 2.10 Porcentaje de Índice de Incidentes Ordenados por Categorías Principales.....	38
Figura N° 2.11 Vista del talud aguas arriba de la presa Siburua .....	39
Figura N° 2.12. Presa Las Tinajas, túnel en el terraplén .....	41
Figura N° 2.13. Restos de sedimentos acumulados en el embalse Aracay..	45
Figura N° 2.14. Presa el Cristo detalle de la erosión. ....	49
Figura N° 2.15. Presa El Guapo, antes de la falla.....	50



Figura N° 2.16. El Guapo en su máximo nivel de represamiento .....	58
Figura N° 2.17. Inicio del desbordamiento de los muros del aliviadero.....	59
Figura N° 2.18. Incremento del rebose del canal, ya se observa la erosión del talud de la presa .....	59
Figura N° 2.19. El cauce aguas abajo de la presa se convirtió en un inmenso río.....	60
Figura N° 2.20. La población de El Guapo fue inundada y destruida en su totalidad .....	62
Figura N° 2.21. Presa El Guapo, después de la falla.....	63
Figura N° 2.22. Presa tocuyo de la costa.....	67
Figura N° 2.23 Presa tocuyo de la costa. Vista área de la brecha.....	68
Figura N° 2.24 Tocuyo de la Costa.....	71

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realizó una recopilación de información de diferentes fuentes, libros, informes, fotografías, publicaciones en internet, entre otras con la finalidad de armar una base de datos que describa los diferentes incidentes que llegaron a producir fallas en represas venezolanas, un incidente no significa necesariamente la falla de la obra, pero en nuestro caso especificaremos los casos extremos en que esto llegó a ocurrir, los cuales se dieron en las presas Siburua (1964), Las Tinajas (1965), Aracay (1986), El Cristo (1999), El Guapo (1999), Tocuyo de la Costa (1999), reseñando las características principales de estas y la manera como se solucionaron las fallas ocurridas, recordando que una presa almacena un volumen enorme de agua, lo cual representa una energía potencial, la cual liberada incontroladamente, si se llega a romper la presa se transforma en energía cinética arrasando todo a su paso, este trabajo se realiza con la finalidad de que pueda servir a ingenieros, profesionales jóvenes que se encuentran iniciando su carrera y a las futuras generaciones de ingenieros, para fomentar algún tipo de enseñanza, ya que muchas veces los fracasos conducen a un aprendizaje, lo cual nos hace mejorar y nos lleva al camino del éxito.

# CAPÍTULO 1

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El hombre ha construido embalses desde la antigüedad, pero no ha sido hasta muy recientemente cuando este tipo de construcciones ha tenido un auge considerable. La creciente demanda de agua y energía hidroeléctrica, así como las múltiples aplicaciones adicionales de los embalses ha impulsado considerablemente su construcción. En el mundo actual, las represas destinadas a producir energía hidroeléctrica son las que resaltan más por ser las de mayor tamaño. Estas represas cada vez más altas y anchas, han permitido almacenar una cantidad cada vez mayor de agua.

Las represas son estructuras de mucha utilidad, ya que son usados en campos como el riego, el aprovechamiento y generación de energía, el control de inundaciones, la navegación, la pesca, control de sedimentos, y la recreación.

Un embalse o represa es una acumulación artificial de agua que tiene como particularidad poder ser parcial y/o totalmente vaciado por gravedad o por aspiración.

El rápido crecimiento de la población mundial y en consecuencia el incremento de la demanda del recurso agua, han obligado al hombre a racionalizar su explotación y a utilizar su ingenio para planificar, controlar y administrar tan preciado elemento, base fundamental de la vida.

Esta investigación está basada en recopilar información bibliográfica, documentación técnica, temas desarrollados en sitios Web en donde hacen énfasis a esta realidad, con el fin de describir los diferentes tipos de incidentes que se pueden presentar al momento de construir una presa, ya

que de estos incidentes que en varios casos ocasionaron fallas en las obras que no se pudieron subsanar, de estas experiencias se puede obtener un aprendizaje que nos permita no cometer los mismos errores para proyectos futuros.

Venezuela, es un país que acumula el 80% de su población en un espacio geográfico donde apenas dispone del 20% de los recursos hidráulicos, necesita de sus casi 100 embalses para satisfacer las demandas de agua y requiere del compromiso serio y sostenido de todos los venezolanos para mantener en perfecto estado de funcionamiento todas nuestras presas y embalses.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las Presas o represas son construcciones que tiene la finalidad de detener y/o desviar el curso natural del agua de un río. Consiste en un muro o dique fabricado con piedra, hormigón o materias secas que atraviesan el cauce de un río, arrollo o canal generalmente en un estrechamiento y aguas abajo de una zona con pendiente pronunciada (rápidos o cascadas), con la finalidad de contener el agua para su posterior aprovechamiento, el cual tiene múltiples funciones ya que una presa puede servir para abastecimiento de una población, se puede elevar su nivel con el objetivo de derivarla a canalizaciones de riego, o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del almacenamiento en energía cinética, y ésta nuevamente en mecánica al accionar la fuerza del agua un elemento móvil. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica, como se hace en las centrales hidroeléctricas. Otra función de algunas presas durante las crecidas amortiguar las avenidas producidas por lluvias torrenciales que podrían inundar áreas rurales o agrícolas aguas abajo.

Suárez Villar (2002) nos relata en su libro que:

Históricamente, las presas han servido a la humanidad por más de 5000 años, como se evidencia en Babilonia, Egipto, China, India y Persia. En el antiguo Egipto destaca la presa construida por el faraón Menees, unos 4000 años A.C. sobre el río Nilo para desviar parte de su caudal hasta la ciudad de Menfis.

En Venezuela no fue hasta 1863 cuando se inicia la construcción de una presa, que por todos los datos que se poseen fue la primera ejecutada

en el país, La Presa de Caujarao, sobre el río Coro, para abastecer a la actual capital del Estado Falcón.

En 1939, con la creación de la Dirección de Obras Hidráulicas Y Sanitarias del Ministerio de Obras Publicas, se inicia el proceso de planificación y ejecución de obras de embalse en el país, de manera sistemática.(p 1.2 y 1.5)

En Venezuela existen noventa y siete (97) presas construidas de las cuales veintiocho (28) de estas han sufrido incidentes, y en algunos de los casos múltiples averías.

El desarrollo de esta investigación se basa en describir los incidentes que se han sido registrados en Venezuela causando algún tipo de falla en una presa, estas generalmente almacenan un volumen importante de agua, muchas veces de varios millones de metros cúbicos, lo cual representa una energía potencial enorme que al ser liberada incontroladamente cuando se rompe una obra se convierte en energía cinética arrasando todo a su paso. Ninguna obra de ingeniería civil tiene un poder tan destructivo en caso de falla.

Por todo lo antes mencionado, es de suma importancia observar el comportamiento de las presas, esta investigación recopila información sobre estas 28 presas venezolanas, haciendo una descripción de los incidentes ocurridos en ellas, con la finalidad de que personas involucradas en esta área no incurran en las mismas fallas ya suscitadas y poder darle solución en caso de que sucedan.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Describir incidentes ocurridos en algunas presas de Venezuela.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Señalar las fallas más frecuentes a nivel mundial ocurridas en presas.
2. Señalar las presas venezolanas que han presentado algún tipo de falla antes, durante y después de su construcción causando algún tipo de daño.
3. Exponer los factores que ocasionaron las diferentes fallas presentadas en las presas venezolanas.
4. Mostrar las posibles soluciones que se puedan aplicar o se aplicaron para cada caso específico.
5. Interpretar cada una de las enseñanzas obtenidas de las fallas cometidas.

## **1.4. SISTEMA DE VARIABLES**

Las variables van a representar los diferentes términos a utilizar y su definición conceptual y operacional que nos permitan los diferentes tipos de incidentes que se han ido presentando en Venezuela a lo largo del auge de las construcciones de represas.

Se tiene que la definición que se le da a cada variable en esta sección, es la definición que aplica a lo largo de todo el desarrollo de la monografía.

### **1.4.1. Definición Conceptual**

En el presente cuadro se presentan cada uno de los objetivos específicos, con su respectiva variable y su definición conceptual.

**Tabla 1. Identificación y Operacionalización de las Variables**

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>
Señalar las fallas más frecuentes a nivel mundial ocurridas en presas	Fallas más frecuentes a nivel mundial	Una falla no es más que la rotura de la obra. Las más frecuentes ocurridas mundialmente has sido causadas por desliz de taludes, erosiones, socavaciones y filtraciones.



<p>Señalar las presas venezolanas que han presentado algún tipo de falla antes, durante y después de su construcción causando algún tipo de daño.</p>	<p>Presas venezolanas que han presentado algún tipo de fallas.</p>	<p>Las presas venezolanas que han sufrido fallas son Siburua (1964), LasTinas (1965), Aracay (1986), El Cristo (1999), El Guapo (1999) y el Tocuyo de la Costa (1999).</p>
<p>Exponer los factores que ocasionaron las diferentes fallas presentadas en las presas venezolanas.</p>	<p>Factores que ocasionaron las fallas.</p>	<p>Los factores que ocasionaron las fallas no son mas que los diferentes incientes, que en casos extremos lograron colapsar la represa.</p>
<p>Mostrar las posibles soluciones que se puedan aplicar o se aplicaron para cada caso específico.</p>	<p>Soluciones que pueden aplicarse para cada caso específico.</p>	<p>Las soluciones son las diferentes medidas, precauciones que se deben tomar a la hora de la realizar el proyecto de una represa, asi como el plan de contingencia adecuaao para afrontar cualquier incidente.</p>

Interpretar cada una de las enseñanzas obtenidas de las fallas cometidas.	Enseñanzas obtenidas de las fallas cometidas.	Las enseñanzas que manejamos son el resultados de los errores cometidos antes, durante y despues de la construccion de un embalse.
---	---	--

#### 1.4.2. Definición Operacional

Una vez definidas conceptualmente las variables se hace su respectiva definición operacional lo cual no es más que los procedimientos necesarios para su identificación en términos sencillos, con su respectiva dimensión, indicadores y subindicadores en caso de ser necesarios con el fin de obtener una evaluación más precisa del tema.

**Tabla 2. Operacionalización de las Variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Subindicador</b>
Fallas más frecuentes a nivel mundial.	Hidráulica	Rotura de la obra	

<p>Presas venezolanas que han presentado algún tipo de fallas.</p>	<p>Hidráulica</p>	<p>Siburua Las Tinias Aracay El Cristo El Guapo Tocuyo de la Costa</p>	
<p>Factores que ocasionaron las fallas</p>	<p>Hidráulica</p>	<p>Filtraciones Erosion y Socavacion Crecientes subestimadas, y desboramiento Dezlizamiento de taludes Arcilas Dispersivas</p>	
<p>Soluciones que pueden aplicarse o se aplicaron para cada caso específico.</p>	<p>Hidráulica</p>	<p>Creacion de obras complementarias La reconstruccion con un mateial mas resistete al royectado Construccionde aliviaderos con mayor capacidad</p>	

Enseñanzas obtenidas de las fallas cometidas.	Hidráulica	Es importante tener los datos hidroclimaticos a la hora de realizar un proyecto, se ahorra tiempo y dinero.	
--	------------	--	--

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1. PRESAS O REPRESAS**

Una represa (o presa) es una estructura que se emplaza en una corriente de agua para embalsarla y/o desviarla para su posterior aprovechamiento o para proteger una zona de sus efectos dañinos.

Aunque habitualmente las relacionamos con la generación de energía hidroeléctrica, las represas permiten controlar y disponer de agua para variedad de fines tales como el consumo humano, el consumo industrial, el riego, control de crecidas, la navegación, protección de márgenes, generación eléctrica, para el turismo, esparcimiento y recreación, la piscicultura así como la contención de aluviones entre otros.

De la definición se desprende que las presas son estructuras cuya razón de ser se funda en la condición de que el agua que retienen se utilice con dos finalidades alternativas o simultáneas:

- ✓ Elevar su nivel para poder conducirla
- ✓ Formar un depósito que retenga los excedentes hídricos, para poder compensar luego los períodos de escasez, o para amortiguar (laminar) las crecidas.

Esa condición de producir un embalse, hace que el agua retenida ejerza un empuje de gran entidad sobre la estructura, siendo ésta la mayor sollicitación para la que debe diseñarse la obra. Desde el punto de vista resistente, el problema fundamental que debe resolverse es la forma en que la represa absorberá la presión que le transmite el agua sin romperse y sin transmitir al terreno natural más carga de la que éste puede soportar.

Las represas están compuestas por cuatro partes fundamentales las cuales no son más que:

- ✓ **El embalse:** es el volumen de agua que queda retenido por la presa.
- ✓ **El vaso:** es la parte del valle que se inunda y contiene el agua embalsada.
- ✓ **La cerrada:** es el punto concreto del terreno donde se construye la presa.
- ✓ **La presa:** es el muro que debe soportar el empuje del agua y no permitir la filtración del agua hacia abajo.

## **2.2. TIPOS DE REPRESA**

Los diferentes tipos de presas que existen responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso. En cada caso, las características del terreno y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado.

Existen numerosos tipos, comenzando con que puede hablarse de presas fijas o móviles, pero primero debemos clasificarlas en dos grandes grupos según su estructura y según los materiales empleados en su construcción.

También hay presas hinchables, basculantes y pivotantes pero son de mucha menor entidad o han caído en desuso, por lo que no se consideran aquí.

### **2.2.1. Según su estructura**

#### **2.2.1.1. Presas de Gravedad**

Son todas aquellas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser muy estable capaz de resistir, el peso de la presa y del embalse. Constituyen las represas de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requieren.

Su estructura recuerda a la de un triángulo isósceles ya que su base es ancha y se va estrechando a medida que se asciende hacia la parte superior aunque en muchos casos el lado que da al embalse es casi de posición vertical.

La razón por la que existe una diferencia notable en el grosor del muro a medida que aumenta la altura de la presa se debe a que la presión en el fondo del embalse es mayor que en la superficie, de esta forma, el muro tendrá que soportar más fuerza en el lecho del cauce que en la superficie. La inclinación sobre la cara aguas arriba hace que el peso del agua sobre la presa incremente su estabilidad.

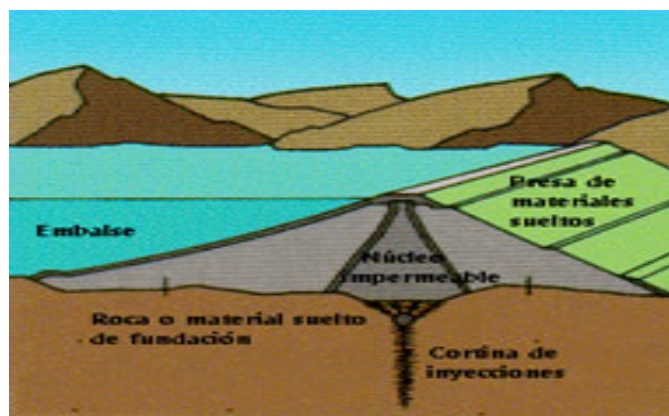


Figura N° 0.1. Presa de tipo gravedad

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica))

#### 2.2.1.2. Presas de bóveda o arco

Son todas aquellas en las que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua.

Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente. Constituyen las represas más innovadoras en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción.

Cuando la presa tiene curvatura en el plano vertical y en el plano



horizontal, también se denomina de bóveda. Para lograr sus complejas formas se construyen con hormigón y requieren gran habilidad y experiencia de sus constructores que deben recurrir a sistemas constructivos poco comunes.

Debido a que transfieren en forma muy concentrada la presión del agua al terreno natural, se requiere que éste sea de roca muy sana y resistente, la que debe también ser muy bien tratada antes de asentar en ella la represa.

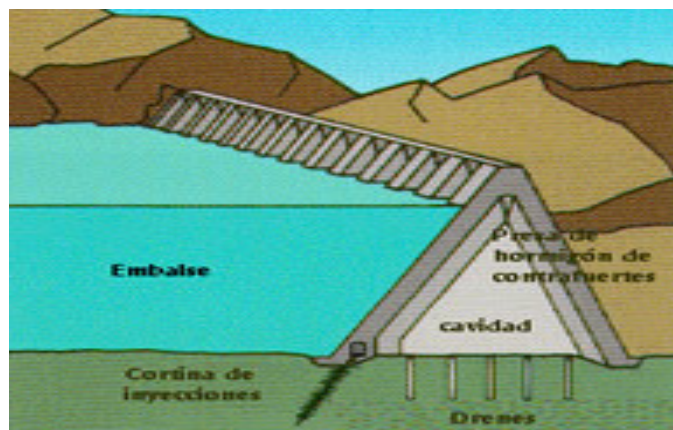


Figura Nº 2.2: Presa en Arco.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica))

## **2.2.2. Según su material**

### **2.2.2.1. Presas de hormigón:**

Son las más utilizadas en los países desarrollados ya que con éste material se pueden elaborar construcciones más estables y duraderas. Normalmente, todas las presas de tipo gravedad, arco y contrafuerte están hechas de este material. Algunas presas pequeñas y las más antiguas son de ladrillo, de sillería y de mampostería. En España, el 67% de las presas son de gravedad y están hechas con hormigón ya sea con o sin armaduras

de acero.

Las represas de gravedad de hormigón, se compone de cemento, piedras, gravas y arenas, en proporciones variables según el tipo de estructura y las partes de las mismas que se trate. La particularidad de este material, que le permite adoptar complejas formas una vez fraguado, da la posibilidad de optimizar la forma y, por lo tanto disponer el peso de una manera tal que sea mayor la capacidad de la represa en su conjunto para resistir el empuje.

#### **2.2.2.2. Presas de materiales sueltos:**

Son las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas. Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas. Este tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante. Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba.

Las represas de materiales sueltos no soportan ser sobrepasadas por una crecida. Por ello es necesario, basándose en el conocimiento del comportamiento histórico del río, efectuar una predicción de la forma en que se deberá operar el embalse formado, para evitar que en toda la vida de la obra sea sobrepasada por ninguna crecida, ya que corren el riesgo de

desmoronarse y arruinarse.

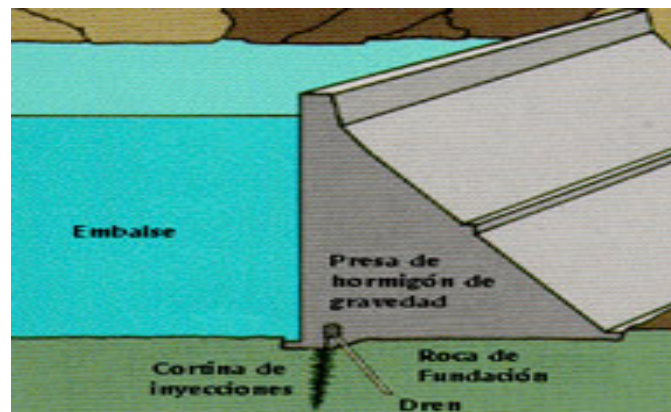


Figura Nº 2.4: Presa de materiales sueltos.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica))

### 2.2.3. Según su aplicación

#### 2.2.3.1. Presas filtrantes o diques de retención:

Son aquellas que tienen la función de retener sólidos, desde material fino, hasta rocas de gran tamaño, transportadas por torrentes en áreas montañosas, permitiendo sin embargo el paso del agua.

#### 2.2.3.2. Presas de control de avenidas:

Son aquellas cuya finalidad es la de laminar el caudal de las avenidas torrenciales, con el fin de que no se cause daño a los terrenos situados aguas abajo de la presa en casos de fuerte tormenta.

#### 2.2.3.3. Presas de derivación:

El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación, controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación. Este tipo de presas son, en general, de poca altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario.

En geología una Falla es una discontinuidad que se forma en las rocas de la corteza terrestre.

En nuestro caso cuando se habla de falla de una presa se refiere a una rotura de la obra, con consecuencias graves para la población y la infraestructura que se encuentre aguas debajo de la misma. Una falla es diferente de un incidente, pero a su vez un incidente no significa que la presa falle, aunque en algunos casos extremos eso ha llegado a ocurrir.

La construcción de una represa es un mega proyecto que posee un gran espectro por lo tanto es necesario trabajar como sumo cuidado ya que los diferentes desastres pueden llegar a ocasionar grandes daños arrastrando todo a su paso.

Existen muchas infraestructuras hidráulicas, desde la antigüedad hasta nuestros días, haremos énfasis en algunas a nivel mundial que se ha visto afectada por algún tipo de incidente, causando a su vez la falla de la obra.

## **2.3. FALLAS MÁS FRECUENTES OCURRIDAS EN PRESAS A NIVEL MUNDIAL**

### **2.3.1. Presa de Vajont**

Fue construida el año 1961 bajo el Monte Toc, 100 kilómetros al norte de Venecia, en la provincia de Pordenone, Italia. Era una de las presas más

altas del mundo, con 262 metros de altura, 27 metros de grosor en la base y 3,4 metros en la cima. Se creía que se conocía totalmente la geología del desfiladero, incluidos los antiguos deslizamientos, y que era suficientemente estable. Sin embargo se percibieron cambios en la roca durante el proceso de llenado de la presa y hubo un deslizamiento de cierta importancia de unos 700.000 m<sup>3</sup> de rocas el 4 de noviembre de 1960.

El día 9 de octubre de 1963 la combinación del tercer relleno del depósito y unas fuertes lluvias produjeron un gigantesco deslizamiento de unos 260 millones de metros cúbicos de bosque, tierra y roca, que cayeron en el depósito a unos 80 km por hora. El agua desplazada resultante produjo que 50 millones de metros cúbicos de agua sobrepasaran la presa en una ola de 250 metros de altura. A pesar de eso, la estructura de la presa no recibió daños importantes tan sólo hubo que limpiar los metros superiores de la presa, pero el resto permaneció intacto.

Sin embargo, el mega tsunami que se provocó a consecuencia del deslizamiento destruyó totalmente el pueblo de Longarone y las pequeñas villas de Pirago, Rivalta, Villanova y Faè, matando a unas 1.450 personas.

Varios pequeños pueblos del territorio de Erto y Casso y el pueblo de Codissago, cerca de Castellavazzo, sufrieron daños de importancia. Unas 2.000 personas fallecieron. Los destrozos también fueron producidos por el desplazamiento de aire al explotar la ola en los pueblos colindantes. La presa permanece en pie todavía, a pesar de que no produce energía hidroeléctrica.

### **2.3.2. Presa de las Tres Gargantas**

Está situada en el curso del río Yangtsé en China y es la planta hidroeléctrica y de control de inundaciones más grande del mundo.



**Figura N° 2.5. Presa de las tres gargantas en el 2006.**

**Fuente:**[http://es.wikipedia.org/wiki/3\\_Gargantas](http://es.wikipedia.org/wiki/3_Gargantas).

Se calculó que la construcción de la represa tardaría 17 años en terminarse, y comenzó en 1994. El 21 de mayo de 2000 terminó de construirse el muro de la presa. El 6 de noviembre de 2002 se logró cerrar el curso del río y en 2003 comenzó a operar el primer grupo de generadores. A partir de 2004 se instalarán un total de 4 grupos de generadores por año, hasta completar la obra.

Esta prevista su finalización para el año 2009. Casi 1.900.000 personas fueron realojadas principalmente en nuevos barrios construidos en la ciudad de Chongqing.

La presa se levanta a orillas de la ciudad Yichang, en la provincia de Hubei, en el centro de China. El futuro embalse llevará el nombre de *Sandouping*, y podrá almacenar 39,3 millones de hm.

La presa tiene como finalidad, además, mejorar las condiciones en el

curso medio e inferior de río, permitiendo controlar las inundaciones y mejorar la navegación fluvial. Tendrá dos centrales hidroeléctricas que contendrán un total de 26 turbinas. La represa tendrá 2.309 metros de largo y 185 metros de alto.

Durante la construcción de esta presa no se produjo ninguna falla de tipo civil, pero es importante mencionar que hubo millones de protestas de grupos activistas los cuales no están de acuerdo con la construcción de la misma a pesar de ser una mega obra en el ámbito de la construcción ellos exponen que la monumental obra la mayor presa del mundo, dejará bajo el nivel de las aguas a 19 ciudades y 326 pueblos, afectando a más de 1.900.000 personas y sumergiendo unos 630 km<sup>2</sup> de superficie de territorio chino.

Se decía que entre los planes originales esta sola presa tendría la capacidad de proveer el 10% de la demanda de energía eléctrica China. Sin embargo el crecimiento de la demanda ha sido mayor del esperado y aun si estuviera completamente operativa hoy solo sería capaz de proveer de energía al 3% del consumo interno chino.

En su libro "Ríos Silenciados", McCully (2004), consigna lo siguiente: "Las cifras oficiales sobre el costo de Tres Gargantas rondan los 24,5 mil millones de dólares gastados, frente a los 7,5 mil millones de dólares iniciales del presupuesto cuando se aprobó el proyecto en 1992. Las cifras no oficiales se elevan hasta los 72 mil millones de dólares". (p.10)

McCully (2004), relata en su libro: "Que durante la construcción se habían despedido por corrupción a más de 100 funcionarios de la oficina de reasentamientos y se sentenció a muerte a uno de ellos. Los medios de

comunicación indicaron que los funcionarios públicos habían malversado al menos 110 millones de dólares sólo entre 1999 y 2000". (p.21)

Los detractores de la represa de las Tres Gargantas ponían en duda de que la misma sirva para contener el agua de las intensas lluvias que inundan la zona en verano y opinan que el dique podría ser vulnerable a terremotos.

Los creadores alegaron que la gigantesca obra de ingeniería fue diseñada para soportar terremotos de más de 7 grados en la escala de Richter, quedo demostrando que se construyó para que durara varios siglos sin afectar a las personas que viven en sus alrededores, ya que durante el terremoto ocurrido en mayo del 2008 a 300 km de la represa, no sufrió ningún daño, todo lo contrario, sirvió para brindar electricidad y ayudar en mitigar los daños del terremoto.

### **2.3.3. Presa Hoover**

Es una presa de hormigón de arco-gravedad, ubicada en el curso del río Colorado, en la frontera entre los estados de Arizona y Nevada (EE. UU.). Está situada a 48 kilómetros al sureste de Las Vegas.

La construcción comenzó en 1931 y fue completada en 1936, dos años antes de lo previsto. Desde 1981 figura en el registro de lugares históricos. El lago creado aguas arriba recibe el nombre de Lake Mead, en honor de Elwood Mead, quien previó la necesidad de la presa.

Antes de la construcción de la presa, la cuenca de Río del Colorado se desbordaba cuando la nieve de las Montañas Rocosas se derretía. Estas inundaciones ponían en peligro a las comunidades agrícolas río abajo.



Además de la esencial prevención de inundaciones, una presa haría posible la extensión de la agricultura de regadío en la región seca. Esto también proporcionaría un suministro de agua para Los Ángeles y otras comunidades de California del Sur.

Durante la construcción trabajando en los túneles, muchos trabajadores sufrieron el monóxido de carbono generado por la maquinaria, incluyendo los camiones en los cuales conducían. Los contratistas alegaron que la enfermedad era pulmonía y no era su responsabilidad. Algunos trabajadores enfermaron y murieron debido a la supuesta "pulmonía". Ha sido imposible de verificar la cantidad oficial de muertes.

El primer vertido de hormigón fue realizado en la presa el 6 de junio de 1933. Ninguna estructura de la magnitud de la Presa Hoover había sido construida antes. Muchos de los procedimientos usados en la construcción de la presa nunca habían sido probados. Uno de los problemas que afrontaron los diseñadores era la retracción del hormigón en la presa. Más que como un bloque único de hormigón, la presa fue construida como una serie de ménsulas trapezoidales para permitir disipar el enorme calor producido por el curado del hormigón.

Los ingenieros calcularon que si la presa fuera construida en un solo bloque, el hormigón habría necesitado 125 años para enfriarse a temperatura ambiente. Las tensiones resultantes habrían agrietado la presa y ésta se habría derruido.



**Figura Nº 2.6. La Presa Hoover desde el aire.**

Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_Hoover](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_Hoover)

La Presa Hoover también sirve como un cruce para la Ruta estadounidense 93. Esto cambiará hacia 2008 cuando el Puente Mike O'Callaghan-Pat Tillman Memorial sea completado como parte del Proyecto de Carretera de la Presa de Hoover.

#### **2.3.4. Presa Grand Coulee**

Es una presa localizada en el río Columbia, en el estado de Washington, Estados Unidos. Es la instalación de generación eléctrica que produce la mayor cantidad de energía de todos los Estados Unidos<sup>2</sup> y la mayor estructura de hormigón del país. Cuando se completó en el año 1941, era la mayor estructura artificial jamás construida por el ser humano.

El pantano que forma se llama Lago Franklin Delano Roosevelt, cuyo nombre proviene del presidente de Estados Unidos que estaba en el cargo durante la concepción y construcción de la presa. Construida por el empresario Henry J. Kaiser, tiene cerca de un kilómetro y medio de largo y es

más alta que la Gran Pirame de Giza de hecho, todas las pirámides de Giza podrían caber en la base de esta presa. Es dos veces más alta que las Cataratas del Niágara.

Durante la guerra, el objetivo principal de la construcción de la presa, la irrigación, se obvió en favor de la producción de energía eléctrica. Ésta última hacía más falta porque era imprescindible para la fundición del aluminio y para alimentar los reactores de plutonio y las instalaciones nucleares de *Hanford Site*, que formaban parte del Proyecto Manhattan. La presa ocupó un lugar importante en la industrialización de la costa noroeste del Pacífico.

El uso de la presa para el riego se reanudó tras la guerra. Usando el Grand Coulee (un antiguo lecho fluvial a 200 metros sobre el nivel del río Columbia; da nombre a la presa) se fue construyendo una red de distribución de agua. Además, gracias a la construcción presas secundarias, sifones y canales, esta red mejoró hasta convertirse en una extensa red de suministro de agua.

Aunque la presa tuvo muchas consecuencias positivas, también repercutió negativamente en las tribus nativas locales, cuya forma de vida tradicional giraba alrededor de la pesca del salmón. Tanto la presa Grand Coulee como la Chief Joseph han bloqueado el camino migratorio natural de los peces, causando su alejamiento de sus lugares habituales de desove. La tribu de los Colville vivía a orillas del río Columbia, y debido a la construcción de la presa, sus tierras se inundaron y fueron obligados a marcharse.

El gran impacto ambiental de la presa acabó con la forma de vida tradicional de los habitantes nativos, los cuales demandaron al gobierno por daños y perjuicios. Éste, al final, compensó a los indios Colville en los años

90 con una indemnización global de aproximadamente 52 millones de dólares.



**Figura Nº 2.7 Vista panorámica de la presa Grand Coulee, mirando al sureste. La central eléctrica número tres, que se encuentra abajo a la izquierda de la presa, es lo bastante grande como para albergar cinco campos de fútbol.**

Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_Grand\\_Coulee](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_Grand_Coulee)

### **2.3.5. Represa de Tetón**

Fue una represa ubicada sobre el río Tetón en el estado de Idaho en Estados Unidos, finalizada en noviembre de 1975 . Se detectaron por primera vez filtraciones por debajo de la presa el 3 de junio de 1976, pero no fueron consideradas causa de alarma. No obstante, iniciadas las 7 de la mañana del 5 de junio el personal de la presa detectó filtraciones en ambos estribos de roca en la orilla norte del río en la base de la presa y alrededor de 30,48 m desde el tope de la presa.

Estas filtraciones empeoraron y a la mitad de la mañana, se advirtió que la presa podría fallar. En el momento de la falla el embalse tenía 92,05 metros de profundidad, con su superficie a 1616,05 metros de elevación y 1,01 metros por debajo del vertedero.

Esta liberó cerca de 300.000 acre - feet de agua (unos 8 billones de galones), que inundaron fincas y pueblos aguas abajo con la eventual pérdida de 14 vidas, directa e indirectamente y con un costo estimado de cerca de 1 billón de dólares. El agua se veía fluir por debajo de la cara aguas abajo de la presa.

La grieta se expandió formando un gran hueco, el cual pronto condujo a la ruptura de la presa. Se encontraron como principales causas de la falla: erosión del suelo subyacente, asentamiento del suelo y filtraciones

Un monumento fue construido en el sitio pero hasta el momento no hay planes ni de completar la presa o ni de quitar los vestigios.

Una de las hipótesis que se han desarrollado para explicar el rompimiento de esta presa sostiene que la presa falló porque: la pantalla era inadecuada, pues era permeable; no había filtros en el rastrillo y el núcleo era poco plástico.

Otra hipótesis sostiene que la falla de la presa se dio porque: se generaron tensiones verticales aproximadamente iguales al 60% del peso de tierras (según cálculos por M.E.F.); se presentó una fractura hidráulica que unida a la falta de filtros en el rastrillo y al núcleo poco plástico, generó el rompimiento de la presa.



**Figura Nº 2.8 Vista noroeste hacia el estribo derecho Represa el Tetón. El hueco en la cara de la presa crece hacia arriba**

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Represa\\_de\\_Teton](http://es.wikipedia.org/wiki/Represa_de_Teton)



**Figura N° 2.9 Vista noroeste hacia la grieta.**

**Fuente:**[http://es.wikipedia.org/wiki/Represa\\_de\\_Teton](http://es.wikipedia.org/wiki/Represa_de_Teton)

De las presas mencionadas, esta fue la que causo más daño debido a la enorme rotura de la misma.

## **2.4. PRESAS VENEZOLANAS QUE HAN PRESENTADO ALGÚN TIPO DE FALLAS.**

Es importante mencionar que en nuestro país no es hasta la época de la colonia donde se comienzan a ver los primeros aprovechamientos hidráulicos. Pero no es sino hasta el año 1939, con la creación de la Dirección de Obras Hidráulicas y Sanitarias del Ministerio de Obras Publicas, cuando comienza la ejecución de obras de embalses hasta nuestros días, hasta la fecha se han construido en el país (97) presas, de las cales (28) de estas han sufrido algún tipo de incidentes y en seis (6) de los casos que fueron extremos el incidente ocasiona la falla de la obra.

Como lo mencionamos en el párrafo anterior (6) de estas presas sufrieron fallas debido a algún tipo de incidente antes, durante o después de su construcción, a continuación exponemos cada una con sus características resaltantes.

En el presente cuadro se indica el tipo de incidente que presentaron las 28 presas involucradas, (se encuentra en la siguiente página).





El Cují	X	X						X	X
Canaobo	X								
Vista Alegre									X
Las Majaguas			X						
Barrancas									X
Aracay									X
Hueque					X				
Agua Viva									X
Lagartijo		X							
Pao La Balsa		X							
El Cristo						X			
El Guapo						X			
Tocuyo de la Costa						X			
Turimiquire	X								
<b>CASOS</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>TOTALES</b>	<b>36</b>								

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

#### **2.4.1. Siburua**

Esta represa se encuentra ubicada al sur de Coro, al pie de la sierra de San

Luís, en las inmediaciones de la población de Machiche, en el estado Falcón. Se creó con el propósito de abastecer de agua a la industria petrolera de la Península de Paraguaya. Su embalse cuenta con un volumen de 615.000 m<sup>3</sup>. Su alimentación del embalse se hacía por gravedad a través de una tubería de acero que captaba el agua de unos manantiales que están situados a gran altura y la conducía hacia el embalse.

Tiene otra tubería de acero enterrada bajo la presa, la cual servía de toma para el agua embalsada, para ser conducida hacia la Península de Paraguana.

Entre sus características principales se destaca que es zonificada en su sector de mayor altura y homogénea en las zonas que se encuentran próximas a los estribos. Posee una altura máxima de 16.00 metros.

La presa no está construida sobre un río, sino sobre una planicie y su eje longitudinal describe en planta un trazado semicircular, terminando ambos extremos del terraplén de la presa contra la ladera norte de la serranía de San Luís.

La presa fue construida en el periodo 1956 – 1957 y su proyecto se efectuó en el exterior.

#### **2.4.2. Las Tinias**

Se encuentra ubicada en las inmediaciones de San Antonio de Tamanaco, Estado Guárico, cuenta con un volumen de embalse de 36.000 m<sup>3</sup> y su función principal es el abastecimiento rural. Esta es una presa homogénea de arcilla y posee una altura máxima de 13.00 metros.

#### **2.4.3. Aracay**

Esta presa cuyo propósito principal es la retención de los sólidos que transporta el río Aracay, el cual es el principal portador de sedimentos al embalse Santo Domingo, el cual a su vez alimenta a la central del Complejo Hidroeléctrico José Antonio Páez, donde los sedimentos causan constantemente problemas de abrasión y desgastes en los inyectores y en los alabes de las turbinas Pelton.

Fue puesta en servicio en febrero de 1983, se encuentra ubicada sobre el río Aracay, exactamente a 3km aguas arriba del embalse Santo Domingo. Esta estructura está formada por un terraplén de grava y arena, revestida en ambos taludes con roca volcada. Tiene una altura de 14.00 metros y su cresta (a cota 1892,00 msnm), de 115 m de longitud, actuaba como vertedero, de estribo a estribo.

Tiene bloques de tamaños comprendidos entre 0,60 m y 1,80 m, calculados para resistir el paso de un caudal de 194 m<sup>3</sup>/seg. Sobre la cresta de la presa y a su vez tiene un dissipador de energía con un contradique de 4 metros de altura, con una sección similar a la de la misma. La función del contradique era la formación de un resalto hidráulico para disipar la energía del flujo derramado sobre la presa.

Este caudal, según los cálculos hidrológicos efectuados durante la etapa de elaboración del proyecto, correspondía al pico de una creciente de 100 años de periodo de retorno.

#### **2.4.4. El Cristo**

Es una represa que se encuentra ubicada sobre el río El Cristo, al noreste de la población de Mirimiche, distrito Acosta del Falcón. Su propósito es abastecer de agua potable el Mirimiche y otras poblaciones de la zona. Esta

posee un nivel de agua normales de 52,00 msnm y volumen:  $12.80 \times 10^6$  m<sup>3</sup> tiene con un área.

Este embalse fue construido por el desaparecido INOS y puesto en servicio a principio de los 80.

La presa está formada por un terraplén homogéneo de arcilla, único material de préstamo existente en la zona a distancias económicas, con una cota de cresta de 55,00 msnm Tiene una altura máxima de 22,4 metros con una longitud de cresta de 209 metros y un ancho de la cresta de 6 metros.

Posee una pendiente del talud aguas arriba de 3:1 el cual estaba protegido de la erosión mediante un enrocado volcado y una pendiente del talud aguas debajo de 3:1, protegida a su vez La represa llevaba un dren tipo "L" de arena en el espaldón de aguas abajo, para interceptar y descargar la red de filtraciones a través del terraplén y a su vez de la erosión mediante una capa de suelo vegetal y grama sembrada. Al pie de ambos taludes se construyeron bermas de arcilla para aumentar la estabilidad del deslizamiento.

Tiene un aliviadero ubicada al estribo derecho de la presa es de tipo cajón de concreto enterrado, de sección rectangular, de 3m de ancho, por 2 m de altura, con un vertedero tipo Creager de 4,25 metros de altura en su entrada.

Tiene una cota de la cresta 52,00 msnm. Y una longitud de cresta 3 metros. Un caudal máximo de 9,23 m<sup>3</sup>/seg. Un dissipador de energía de resalto hidráulico, tipo III del USBR, que descarga aguas abajo.

En la presa no se construyo ninguna toma ni obra de descarga, por lo q

no existe la posibilidad de bajar el nivel del embalse en caso de ocurrir alguna situación de contingencia. El caudal para el acueducto se capta mediante una balsa situada hacia la parte final del embalse, sobre la cual están las bombas que la envían a la planta de tratamiento.

#### **2.4.5. El Guapo**

Es una represa ubicada sobre el río Guapo, en el estado Miranda. Fue diseñada con el propósito de abastecer de agua potable a las poblaciones la región de Barlovento así como controlar las crecientes dadas. Posee un sistema de riego para 6.500 hectáreas, manteniendo así el equilibrio ecológico en la lengua de Tacarigua. Tiene un embalse con un volumen  $141 \times 10^6 \text{ m}^3$  y un área inundada de 600 hectáreas.

La obra se inició en 1975. En el año 1979 la construcción se paralizó por un año aproximadamente. El embalse entró en servicio en el segundo semestre de 1980.

Siendo una presa de tierra zonificada con una altura máxima de 60 metros, y un ancho de cresta de 8 metros, una longitud de la cresta de 524 metros. La cota de la cresta fue de 107,00 msnm. Y la pendiente del talud aguas arriba es de 2:1 y aguas abajo es de 1,8:1.

Tiene un aliviadero de tipo recto, de descarga libre, el cual fue diseñado con un ancho de 12 metros y una longitud de 282 metros. Un caudal de diseño de 101,80 m<sup>3</sup>/seg y cota de la cresta de 101,00 msnm. Y un aliviadero en túnel de sección de herradura (H=3m, B=3m), y longitud de 400 metros. La cota de entrada es de 95,00 msnm y el control del flujo en la entrada es mediante una compuerta radial de H=6 m x B=3 m. La toma es de tipo selectiva inclinada, túnel y tubería de acero visitable. Posee una altura

de 60 metros, y una inclinación de 45°. Tiene tres compuertas y el diámetro del túnel es de 3,50 metros, con una longitud de 221 metros y diámetro de la tubería 1,83 metros.

Durante su construcción el caudal del río Guapo fue desviado a través de un túnel de 3,50 metros de diámetro y 221 metros de longitud, el cual fue excavado en el estribo derecho. Este túnel, cuya entrada está ubicada en la base de la toma selectiva, inclinada, fue utilizado posteriormente como toma definitiva para el embalse.

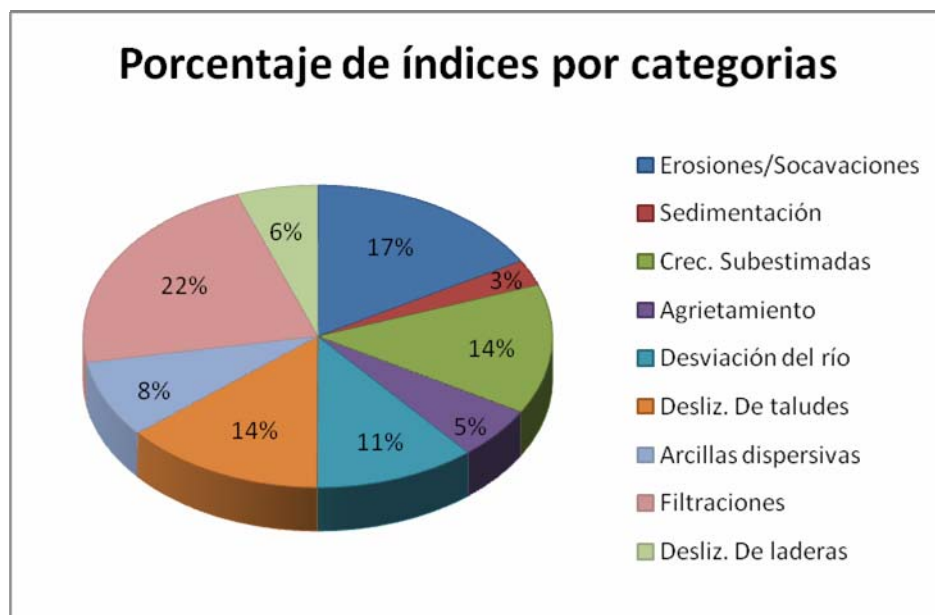
#### **2.4.6. Tocuyo de la Costa**

La represa del Tocuyo de la Costa también llamada Játira, por la cercanía de una laguna con el mismo nombre, está ubicada a 3.5 km al oeste de la población de Tocuyo de la Costa en el estado Falcón. Fue creada con el propósito de abastecer de agua potable a la población de tocuyo de la costa, boca del tocuyo y otras poblaciones de la zona. El embalse posee un nivel normal de aguas normales de 8,00 msnm, un volumen de  $58 \times 10^6$  m<sup>3</sup> y un área inundada de 1.720 ha. Fue construido entre 1964 y 1970. En la zona existían tres lagunas naturales, conocidas como Tacarigua, Játira y Cauce.

Es una presa de tipo homogénea, de arcilla con una altura máxima de 7,2 metros. El aliviadero principal es un canal rectangular de concreto, con vertedero y dissipador de resalto. Posee descarga libre. A su vez esta posee un aliviadero de emergencia de tipo dique-carretera con enrocado. Posee un sistema de toma de tipo conducto enterrado bajo la presa, con estructura de captación en la entrada con un diámetro 2,44 m.

## **2.5. FACTORES QUE OCASIONARON LAS DIFERENTES FALLAS PRESENTADAS EN LAS PRESAS VENEZOLANAS.**

Existen variedad de incidentes que pueden originar alguna falla en una represa, mediante este grafico observamos de una forma porcentual los incidentes registrados en Venezuela y nos damos cuenta que los primeros lugares los ocupan las filtraciones, seguidos de socavaciones – erosiones.



**Figura N° 2.10 Porcentaje de Índice de Incidentes Ordenados por Categorías Principales**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

### **2.5.1. Siburua**

En esta presa en el año 1959 ocurrió un deslizamiento en el talud aguas arriba durante el descenso rápido del nivel del embalse. En 1964 se observó



otro deslizamiento profundo en el talud aguas debajo de la presa en un sector de sección homogénea cercano a la ladera, encontrándose el embalse lleno, lo que obligo vaciarlo totalmente.

Ocurrido esto se realizaron estudios de laboratorios a muestras del terraplén de la presa y se analizó la estabilidad de la misma esto tuvo lugar en el año 1969, realizado por Wolfskill y Lambe, los cuales dieron evidencia del carácter frágil que poseían las arcillas de mediana plasticidad que fueron utilizadas en la construcción de la obra y justificaron analíticamente los deslizamientos ocurridos en años anteriores.

Desde ese entonces la presa se encuentra fuera de servicio, observando así que su falla se debió al desliz de los taludes tanto aguas arribas como aguas abajo.



**Figura N° 2.11 Vista del talud aguas arriba de la presa Siburua**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

### **2.5.2. Las Tinas**

Esta represa fue construida por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el año 1965, es una presa homogénea de arcilla, la cual fallo por la formación de un túnel en el terraplén, lo cual origino que el embalse se vaciara, inundando a su vez un caserío el cual se encontraba aguas abajo y lesiono a varias personas.

Después de varios años, el Ministerio de Obras Publicas, se enfoco en averiguar la causa de la falla (formación del túnel), para esto se tomaron unas muestra de arcilla para ser analizadas en el laboratorio, con las misma se comprobó que correspondían a un suelo altamente dispersivo.

En la época en que este proyecto fue levantado no se conocía en Venezuela que era una arcilla dispersiva, este término comenzó a escucharse en Venezuela en la década de los 70, por lo tanto no se tenía conocimiento del daño que podía causar.

Este es el único de los casos en el cual la represa fallo por tratarse de un suelo de arcilla dispersiva. La presa fue reconstruida con utilizando arcillas no dispersivas y no se tiene información de inconvenientes posteriores.



**Figura N° 2.12. Presa Las Tinas, túnel en el terraplén**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

### **2.5.3. Aracay**

Esta represa se puso en funcionamiento en febrero de 1983 y durante tres años y medio la presa cumplió su funcionamiento adecuadamente, el cual era retener los sedimentos que transportaba el río Aracay, llegando a acumular un volumen aproximado de 228.200 m<sup>3</sup> de sólidos.

Los caudales normales del Río Aracay se infiltraban a través de la grava arenosa del terraplén y afloraban en la parte inferior del talud aguas abajo pero no poseían la energía necesaria para producir el arrastre del material de la presa ni el de sus estribos.

Cuando ocurría alguna creciente el caudal infiltrado al mismo era controlado mediante la permeabilidad de la grava arenosa, lo que daba como resultado el derrame sobre la presa de los excedentes de agua que superaban la capacidad del almacenamiento.

Durante este tiempo solo se produjo el desbordamiento de la presa en muy contadas ocasiones y con láminas muy pequeñas, de tan solo unos pocos centímetros.

No fue hasta el 21 de agosto de 1986, después de los tres años y medios de funcionamiento adecuado que como consecuencia de las intensas lluvias en la cuenca del río Aracay, se produjo una creciente importante, con caudal máximo de unos 200 m<sup>3</sup>/seg, aproximadamente igual al caudal de diseño de las obras.

Esta creciente desbordo a lo largo de toda la cresta con una altura máxima sobre esta de 1 metro aproximadamente, y produjo el colapso de la mitad izquierda de la presa entre las 10 am y las 12:15 pm.

A raíz de la falla de la presa se produjo una ola con el agua y los sedimentos acumulados en el embalse, cuyo caudal máximo fue estimado en 700 m<sup>3</sup>/seg. Esta ola destruyó a su paso el puente ubicado aguas abajo de la obra, causó daños en el complejo hidroeléctrico José Antonio Páez, destruyó aproximadamente 600 metros de la carretera Las Piedras – Aracay y dañó otro puente sobre el río Santo Domingo, situado en las inmediaciones de la población de Altamira de Cáceres, cerca de la central hidroeléctrica.

Aproximadamente la mitad de la longitud del terraplén de la presa, situada hacia el estribo izquierdo, desapareció del sitio como consecuencia de la situación descrita. La otra mitad de la presa situada hacia el estribo derecho, no sufrió daños.

Se realizaron investigaciones posteriores con el fin de llegar a unas conclusiones que explicaran la manera en la cual había fallado la represa obteniendo estos resultados.

Se supo que las características de los materiales que constituyen los estribos en los que se apoyaba la presa son muy diferentes entre sí. El estribo derecho está formado por roca resistente a la erosión. Mientras que el izquierdo es una terraza aluvial, constituida por arena, grava, y cantos rodados poco resistentes a la erosión. La cresta vertedora de la presa se extendía de estribo a estribo. No existía un vertedero limitado a la parte central de la obra.

En el estribo derecho no se presentaron problemas debido a la naturaleza rocosa de la ladera. Por lo contrario, en el estribo izquierdo el agua comenzó a verter sobre la carretera existente en el contacto con la presa, al elevarse la lamina del flujo sobre su cresta, es decir, sobre el material aluvional, que comenzó a ser arrastrado, no solo al nivel de la cresta, sino también hacia la parte media e inferior del contacto presa – estribo, produciéndose una erosión regresiva intensificada por la forma convergente de dicho contacto.

La suma de la erosión a nivel de la cresta con la erosión regresiva, produjo un zanjón o cárcava donde se concentro el flujo de la creciente, acelerando el proceso erosivo hasta que la presa perdió apoyo y colapso.

A las 12:15 pm del 21 de agosto del año 1986 que es el momento en el cual colapsa, se produjo la ola gigantesca, con el agua y los sedimentos embalsados (además del caudal natural del río), la cual fue la causante de los daños descritos.

Para el momento de la rotura la presa tenía almacenados unos 228.200 m<sup>3</sup> de agua. El volumen total (503.200 m<sup>3</sup>) fluyo en forma conjunta.

Gracias a que los bloques de roca de la coraza estaban bien

dimensionados pudieron resistir el flujo de la creciente, tal como lo demuestra la mitad derecha de la presa que quedo prácticamente intacta en el sitio.

Es importante resaltar que el colapso de la obra no fue causado por el arrastre de los bloques de la coraza sino por la erosión del material de la ladera izquierda.

En mayo de 1987 se realizo un nuevo estudio hidrológico, que dio como resultado un caudal pico igual a 333 m<sup>3</sup>/seg para la creciente de 100 años, lo que representa 1,72 veces aproximadamente el valor utilizado en el proyecto.

Este estudio también dio como resultado un caudal pico de 224 m<sup>3</sup>/seg para la creciente de 25 años, lo q indicaría que el caudal que destruyo la presa que fue de 200 m<sup>3</sup>/seg tuvo un periodo de retorno menor de 25 anos. El colapso de esta presa se debió a la baja resistencia a la erosión de los materiales de la terraza aluvial del estribo izquierdo y al hecho de haber permitido que el flujo derramara a lo largo de toda la cresta de la presa en contacto con esos materiales.



**Figura N° 2.13. Restos de sedimentos acumulados en el embalse Aracay**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar(2002)

**2.5.4. El Cristo**

El año de 1999 fue un año se puede decir trágico para Venezuela. La climatología se ensañó con el país. Ocurrieron lluvias prácticamente sobre todo el territorio nacional causando a su paso muerte y desolación. Las precipitaciones fueron particularmente desastrosas en dos periodos, el primero, durante los meses de marzo y abril, causando daños en la región central del país, principalmente en los alrededores de la ciudad de Barquisimeto, donde se produjo el colapso de varios puentes. Y durante el segundo periodo, que fue más destructivos aun que el primero, el cual tuvo lugar durante noviembre y diciembre de 1999 y enero 2000, concentrado sus defectos destructivos sobre los estados especialmente catastróficos en el Litoral Central del Estado Vargas, donde la ocurrencia de deslaves y flujos detríticos torrenciales destruyo gran parte de la información histórica, evidencia de campo, sin tener ni unos registros de lluvias en el país que haga suponer que alguna vez pudieron ocurrir eventos climáticos de esta magnitud.

Las crecientes estimadas que tuvieron lugar en varios ríos superaron la frecuencia milenaria y en algunos casos incluso la máxima probable, según los métodos de cálculo utilizados hace algunas décadas, los cuales, como es sabido, tienden en general a subestimar dichas crecientes.

Según información suministrada por funcionarios del MARNR en el sitio de la obra y por los habitantes de la zona, durante la primera y segunda semana de Abril del año 1999 tuvieron lugar lluvias excepcionales en el área

de Mirimire, producto de una tormenta procedente de la región de Barquisimeto, donde se produjo el colapso de varios puentes.

Esta tormenta se desplazó hacia el estado Falcón, donde se estacionó por varios días, afectando especialmente el área de la cuenca contribuyente a la presa de El Cristo.

Como consecuencia de estas lluvias excepcionales el día martes 5 de abril del año 1999, se produce una fuerte creciente del Río El Cristo que llena completamente el embalse, cuyo aliviadero comenzó a funcionar el miércoles 6. El nivel del agua embalsada se incrementó constantemente, hasta que el viernes 9, aproximadamente a las 6 PM comenzó el desbordamiento de la presa.

El flujo se derramó inicialmente a lo largo de toda la cresta de la presa, pero posteriormente se concentró en cuatro zonas aparentemente menos resistentes a la erosión, donde formó zanjonés profundos por el proceso de erosión regresiva. Finalmente el flujo se concentró en una sola zona, en la parte central de la cresta de la presa donde erosionó completamente el terraplén, produciendo el colapso de los taludes laterales a la corriente y el desplome casi total de la obra. Todo este proceso tuvo lugar entre las 6 PM del viernes 9 y las 4 PM del lunes 12 de abril de 1999.

No se reportaron víctimas ni daños de importancia aguas abajo de la presa debido a que no existían poblaciones ni infraestructura en las inmediaciones del cauce del río El Cristo y también que la presa por ser homogénea, de arcilla compactada (cohesiva), tiene una cierta resistencia a la erosión, lo que hizo que el flujo desbordado la erosionara en forma gradual y no en forma rápida como habría ocurrido si se tratase de una presa



zonificada provista de espaldones de materiales granulares no cohesivos, que es el caso de la represa del Guapo.

Desde el momento en que se reporto la situación de emergencia en este embalse por la subida excepcional de su nivel, hasta que ocurrió el desbordamiento de la presa y comenzó la erosión y destrucción de la misma, nada se pudo hacer, ya que la obra no disponía de descarga de fondo ni de ningún otro sistema que permitiera su vaciado, por lo que al sobrepasar la creciente la capacidad de desagüe del aliviadero no hubo forma de evitar el desbordamiento del terraplén ni su destrucción.

Luego de este acontecimiento se realizo un estudio hidrológico de las crecientes del Río El Cristo en la presa. Cabe destacar que este estudio contó con 21 años más de registros que el originalmente efectuado en la época en que se proyecto la obra. El estudio dio como resultado hidrogramas de crecientes muy superiores, tanto en caudales como en volúmenes, a los que se determinaron para el proyecto.

En este cuadro podemos observar la comparación de los hidrogramas de las crecientes milenarias determinadas en 1978 y en 1999.

**Tabla 4. Comparación de los hidrogramas y las crecientes del 1978 y 1999**

	Mayo 1978	Noviembre 1999
Duración (horas)	12	83
Qpico (m <sup>3</sup> /seg)	210,2	1.109,2
Volumen (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	3,27	16,8

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar. (2002)

Los valores observados en la tabla anterior nos reflejan que la creciente milenaria actual tiene un caudal pico 5,3 veces superior al de la original, y un volumen 5,1 veces mayor, lo cual nos indica que el proyecto tiene grandes deficiencias.

En Venezuela no se utilizaban los estudios hidrológicos de las crecientes para la época en la cual se llevo a cabo la elaboración del proyecto.

La técnica a utilizar era la de maximizar las crecientes por volumen y pico simultáneamente, lo cual daba como resultado la obtención de hidrogramas que generalmente no representan las crecientes correspondientes a los periodos de retornos asignados y en consecuencia no constituían los casos más desfavorables por la seguridad de las obras.

Luego estudios posteriores, que actualmente son de uso común en los proyectos de obras de embalse, demostraron la importancia de maximizar las crecientes respecto a los picos y a los volúmenes, lo que da como resultado condiciones más desfavorables para el diseño de los aliviaderos.

La obra que fue puesta en servicio a principio de los 80, operaba sin inconvenientes según los mismos habitantes de la zona, ellos informaron que el aliviadero funcionaba correctamente.

La falla de esta obra trajo innumerables consecuencias, ya que provoco una situación crítica en el abastecimiento de agua potable, una situación crítica en el abastecimiento de agua potable de Mirimire y una situación crítica para las demás poblaciones que se surtían del embalse, las cuales, a partir de ese momento comenzaron a ser abastecidas mediante camiones

cisterna. La poca capacidad del aliviadero con un caudal de diseño igual a  $9,23\text{m}^3/\text{seg}$ , conjunto con el reducido borde libre de la presa que no es mas de 3 metros y la inexistencia de sistemas de descarga, fueron las causales de la destrucción de esta presa.



**Figura N° 2.14. Presa el Cristo detalle de la erosión.**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

### **2.5.5. El Guapo**

Cuando se construyo esta represa un tronco de grandes dimensiones, fue arrastrado por el flujo de agua del rio quedando travesado en la entrada del túnel de desviación y no fue retirado del sitio, puesto que no interfería con el paso de los caudales normales del mismo. En octubre de 1977, una creciente arrastro gran cantidad de troncos, la mayor parte de ellos producto de la deforestación del área del embalse. Estos troncos se trabaron conjuntamente con el anterior que ya se encontraba en la entrada del túnel formando un tapón, amenazando con derramar sobre el terraplén de la presa

en construcción, lo que afortunadamente no llegó a ocurrir.

Una vez pasada la situación de emergencia se retiraron los troncos y posteriormente se prestó mucho más cuidado a su remoción de esta área, tan pronto se trataban en ella.



**Figura N° 2.15. Presa El Guapo, antes de la falla.**

Fuente: <http://www.rescate.com/guapo.html>

La presa fue puesta en servicio sin mayores inconvenientes en 1980 observándose filtraciones importantes de agua limpia, tanto al pie de la misma como en el contacto del talud aguas abajo con ambos estribos.

Suarez, Villar relata: “Mediante estimaciones efectuadas por diferentes ingenieros que inspeccionaron la obra en distintas fechas, establecieron que las filtraciones estaban comprendidas entre 60 y 100 lps”. pág. (27.4).

Se obtuvo como resultado de un programa de lectura de los

piezómetros instalados en la presa valiosa información que ayudo a interpretar el comportamiento de la presa. Se detectaron distribuciones anormales de las de poro en el núcleo de la presa, caracterizada por valores muy altos de la subpresion, lo cual es indicativo de algún tipo de fisura u otro defecto.

Estas anomalías parecieron indicar la existencia en algunas secciones de la presa de un sello impermeable en la cara aguas abajo del núcleo.

En efecto, como se sospechaba las perforaciones realizadas durante la investigación acusaron la presencia de agua a presión en el contacto aguas abajo núcleo-espaldón. De acuerdo a lo anterior, el núcleo estaría fisurado y solo ofrecería una cierta barrera impermeable a las filtraciones en las inmediaciones de su talud aguas abajo, en el contacto con el espaldón de grava. Se observaron filtraciones importantes, tanto en el contacto entre la presa con el estribo izquierdo, como en el propio pie de presa.

Posteriormente se hicieron unos trabajos de estabilización, los cuales consistieron en la construcción de un espaldón de grava adosado al talud aguas debajo de la presa, observándose que a medida que se iba retirando el enrocado de protección de dicho talud para construir el espaldón, las filtraciones afloraban no solo en la base del mismo y en sus contactos con los estribos, sino también en el propio talud a través de la grava, hasta una altura de 36 metros respecto al fondo del valle y a todo lo largo del espaldón aguas abajo.

Estas filtraciones no se habían detectado con anterioridad ya que no eran visibles, pues fluían en el contacto entre el espaldón de grava y el enrocado de protección del talud, ocultas por este. El flujo se podía ver

solamente al pie de la presa, al aflorar en la parte inferior del enrocado.

Dada esta situación se procedió a revisar la estabilidad de la presa con la línea de saturación detectada en los piezómetros. Después de analizar un gran número de superficies potenciales de falla, se obtuvo que el factor de seguridad de la obra era precario, muy cercano a 1, y correspondía a un potencial círculo de deslizamiento profundo que intercepta el espaldón de aguas arriba, el núcleo, el espaldón de aguas abajo y el aluvión del cauce.

Un factor de seguridad tan bajo era inaceptable, ya que indicaba que la presa estaba en el límite de ocurrencia de una falla masiva. El exiguo factor de seguridad podía subir en cualquier momento una reducción adicional conducente a la falla de la obra, como resultado de algún evento o combinación de eventos excepcionales, tales como la ocurrencia de un sismo, lluvias persistentes que aumentaron la saturación del terraplén, pérdida de resistencia de los materiales con el tiempo, arrastre de partículas y aumento de las filtraciones, fracturamiento hidráulico, entre otros.

Ante estos resultados tan alarmantes se tomo la decisión de bajar el nivel del embalse, manteniéndolo en todo momento a una cota menor o igual a la del vertedero del aliviadero en túnel, es decir, unos 6 metros como mínimo por debajo del nivel normal de proyecto.

Para tratar de controlar la subpresión en el aluvión, aguas debajo de la presa, se construyeron 13 pozos de alivio. También se efectuó un programa de inyecciones de cemento a presión, principalmente en los contactos núcleo de la presa, principalmente en los contactos núcleo-estribos y núcleo-pantalla elastoplástica.

Se llego a la conclusión de que iba a a ser sumamente difícil reducir las

filtraciones por lo que las siguientes tareas por realizar deberían cumplir solamente con el objetivo de asegurar la estabilidad de la presa.

La solución final fue construir un espaldón de grava adosado al talud aguas debajo de la presa. Este espaldón tiene en la parte superior una pendiente de 2,25:1, una berma de 5 m de ancho a la cota 72,00 msnm, y una pendiente 3:1 por debajo de dicha berma. Con la construcción del espaldón se incremento el factor de seguridad de la presa a más de 1,50 valor aceptable para este tipo de obras. A medida que se construía el espaldón de grava se iba retirando el enrocado de protección del talud aguas abajo de la presa y se colocaba en el contacto un dren inclinado, formado por grava procesada de drenaje libre, cubriendo toda el área de dicho talud.

Este dren tiene una parte horizontal sobre el aluvión del cauce, así como sendas ramas laterales para recubrir ambos estribos.

La función del dren es captar las filtraciones y descargarlas aguas abajo, evitando que la saturación se propague al nuevo espaldón estabilizante.

La construcción del espaldón estabilizante quedo concluida en 1995, y aunque las filtraciones no experimentaron variaciones apreciables, la presa quedo con un factor de seguridad que se considero adecuado.

Este proyecto contemplaba la construcción de un aliviadero convencional, con descarga libre (sin compuertas), situado en el estribo izquierdo.

Este aliviadero estaba formando por un canal de aproximación de sección trapezoidal, revestido en concreto, un canal de sección rectangular de

12 m de ancho constante, en concreto armado, con un vertedero tipo Ogee de descarga libre en su entrada, un rápido, un dissipador de energía de resalto hidráulico tipo USBR, y un canal de salida de sección trapezoidal, sin revestir, para la restitución del flujo al cauce del Rio Guapo, aguas debajo de la presa. Sobre los muros que limitaban el vertedero se construyó un puente de concreto armado.

Para el proyecto se realizó un estudio hidrológico en febrero del año 1975 el cual dio como resultado los valores que aparecen en forma resumida en la tabla N° 5.

**Tabla 5. Resumen de los resultados del estudio hidrológico efectuado en Febrero de 1975**

<i>Area de la Cuenca</i>	<i>= 475 km<sup>2</sup></i>
<i>Precipitación media anual</i>	<i>= 2.154 mm</i>
<i>Evaporacion media anual</i>	<i>= 1.618 mm</i>
<i>Caudal medio del rio</i>	<i>= 6,2 m<sup>3</sup>/seg.</i>
<i>Caudal pico de la creciente milenaria</i>	<i>= 672 m<sup>3</sup>/seg.</i>

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luis Miguel Suárez Villar (2002)

Es importante resaltar que el estudio hidrológico se hizo utilizando los datos de la cuenca del Rio Cuira, y simulando los escurrimientos en este último, ya que la cuenca del Rio Guapo no disponía de registros fluviométricos ni pluviométricos, pues la única estación existente con mediciones de lluvia estaba situada aguas abajo del sitio de presa.



El abril de 1981, cuando la construcción del aliviadero estaba en su fase final, faltando únicamente el vaciado de los muros del dissipador de energía, ocurrió una creciente que produjo la sobre elevación del agua en el embalse hasta la cota 106 msnm, es decir, faltó solamente un metro para rebasar la cresta de la presa (cota 107 msnm).

Esta creciente supero la carga hidráulica de diseño del aliviadero (2,62 m) en 2,38 m. El caudal de salida fue estimado en 287m<sup>3</sup>/seg, es decir: 2,82 veces el caudal con el que fue proyectado el aliviadero. El flujo desbordado los muros del rápido y causo daños importantes en el dissipador de energía que todavía se encontraba en construcción, así como en el canal de salida.

Ante esta situación, quedo en evidencia la insuficiente capacidad de descarga que poseía el aliviadero. Así que se efectuó un nuevo estudio hidrológico en mayo de 1981, que dio como resultado un caudal pico de la creciente milenaria igual a 1.277 m<sup>3</sup>/seg, es decir, 1.9 veces el valor determinado en 1975. Un valor bastante considerable.

Visto esto se tomo la decisión de construir un aliviadero adicional en forma de túnel, con sección en herradura, de 3 metros de ancho por 3 metros de altura, ubicándolo en el estribo izquierdo de la presa, a unos 250 metros del aliviadero inicial.

Durante el año 1999 se produjo la rotura de tres presas en Venezuela: El Cristo, El Guapo y Jatira. Nunca en el país había sucedido algo así. Fue un año critico para Venezuela.

Tomamos el relato hecho por el Ing. Hitcher, presidente de HIDROVEN para esa fecha el cual describe lo ocurrido en la represa e Guapo en el año 199 de una manera explícita ya que él estuvo presente en todo el proceso de

destrucción de la obra, dicho testimonio es relatado en el libro de Suarez, Villar de la siguiente manera:

“El 14 de diciembre (llegada del Ing. Hitcher a la obra) la cota del embalse era la 101,92 msnm, es decir, tenía una sobrecarga de 92 cm respecto a su nivel normal (cota 101,00 msnm), encontrándose el nivel del agua 5,08 m por debajo de la cresta de la presa. La compuerta radial del aliviadero en túnel estaba totalmente abierta desde el 27 de julio de 1999. Ambos aliviaderos operaban normalmente.

Para las 5 pm del 15 de diciembre el nivel del embalse había experimentado una fuerte subida, ubicándose 80 cm por debajo de la cresta de la presa. A las 6 pm de ese mismo día se procedió a abrir las válvulas de la descarga de la toma para incrementar la evacuación del agua del embalse. Al tener totalmente abiertas las válvulas de la descarga de la toma y la compuerta radial del aliviadero en túnel nada más se podía hacer para drenar el embalse y evitar el incremento de su nivel.

A las 1,15 am del día 16 de diciembre el nivel del embalse se encontraba a tan solo 20 cm de la cresta de la presa. Entonces comenzaron a ser desbordados por el flujo los muros del aliviadero, corta distancia aguas abajo del vertedero. Los rellenos detrás de ambos muros comenzaron a ser erosionados.

A las 4,30 am del día 16 se tomo la decisión, junto con el Gobernador del Estado Miranda, Enrique Mendoza, de evacuar las poblaciones situadas aguas debajo de la presa.

A las 9 am del día 16 se inspecciono la presa utilizando un helicóptero. El nivel del embalse había bajado y se encontraba 80 cm por debajo de la

cresta de la presa. Parecía que la creciente estaba en su rama recesiva lo que alivio parcialmente la angustia y la tensión de las personas presentes. Daba la impresión de que el peligro estaba pasando la angustia y la tensión de las personas presentes. Daba la impresión de que el peligro estaba pasando. El helicóptero se retiro, pero de común acuerdo con el Gobernador se decidió no permitir que los habitantes regresaran a sus casas. Se dejaron tres hombres en la continuamente al Ing. Hitcher los niveles del embalse. La tendencia del embalse era a bajar de cota. Unas horas después el nivel estaba 1 metro por debajo de la cresta de la presa.

A las 4 pm fue el último reporte: el nivel del embalse nuevamente se había incrementado de manera muy rápida y el puente sobre el aliviadero había colapsado. La erosión regresiva causo que el vertedero, el rápido y el dissipador de energía se derrumbaran y desaparecieran. El canal de aproximación de sección trapecial, revestido en concreto, seguía resistiendo. El flujo caía en forma casi vertical a partir de su extremo aguas abajo, formando una cascada de más de 20 metros de altura en la cárcava formada por la erosión regresiva, pero el canal de aproximación seguía controlando el caudal de salida del embalse.

El canal de aproximación se derrumbo a las 5 pm del jueves 16 de Diciembre, por lo que en aproximadamente una hora ocurrió el colapso total del aliviadero. A partir de ese momento se produjo la comunicación directa entre el embalse y la cárcava de unos 30 metros de profundidad formada en la fundación del aliviadero, dando origen a una enorme ola que arrasó todo a su paso.

Alrededor de las 6 pm la ola alcanzo los primeros pueblos situados aguas abajo de la presa, después de arrasar la carretera de la costa que

comunica el centro y el origen del país, y de destruir el puente sobre el Rio Guapo. En aproximadamente cuarenta minutos ocurrió el vaciado del embalse, hasta una profundidad de unos 30 metros.” Págs. (27.19 – 27.21)



**Figura N° 2.16. El Guapo en su máximo nivel de represamiento**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)



**Figura N° 2.17. Inicio del desbordamiento de los muros del aliviadero**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)



**Figura N° 2.18. Incremento del rebose del canal, ya se observa la erosión del talud de la presa**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)



**Figura Nº 2.19. El cauce aguas abajo de la presa se convirtió en un inmenso río.**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

Es importante resaltar que la presa nunca fue desbordada, ya que el flujo supero antes los muros del aliviadero, causando así su destrucción. La falla ocurrió, en primer lugar, por la erosión de los rellenos detrás de los muros del rápido, seguido por el colapso de la estructura de concreto del canal a causa de la socavación y finalmente por la erosión regresiva originada por el flujo en la fundación del aliviadero, constituida principalmente por lutitas meteorizadas, descompuestas, con características más parecidas a las de un suelo que a las de una roca y en consecuencia muy poco resistentes a la erosión. Podemos observar que se presentaron tres tipos de incidentes los cuales provocaron el colapso total de la estructura.

El terraplén de la presa quedo sin apoyo en su contacto con el estudio izquierdo debido a la gran cárcava que se formo en el sitio en que estaba

ubicado el aliviadero, pero la presa propiamente dicha quedo prácticamente intacta en su mayor parte.

La falla de la obra se debió a la incapacidad de los aliviaderos para dar salida a las crecientes de diciembre de 1999.

La ola de agua y sedimentos (cuya altura máxima fue estimada por diferentes testigos entre 7 y 12 metros) arrasó todo lo que encontró a su paso, destruyendo así 2,5 km de terraplén de la carretera de la costa, destruyó el puente sobre el Río El Guapo en dicha vía arrasó las poblaciones, cultivos y bosques existentes en el valle del río entre la presa y Río Chico población esta quedo totalmente inundada junto con San José de Río Chico, la región de Barlovento quedo sin servicio de agua potable ya que la Presa El Guapo era su principal fuente de abastecimiento.

El número de víctimas no se conoce con exactitud ni el valor de los causados por la falla de esta obra, pero según distintas fuentes de información, el número de muertos estaría en torno a los 50; y el de damnificados entre 11.000 y 15.000, mas de 790 viviendas destruidas y 1.500 afectadas.

Este ha sido el peor desastre ocurrido en Venezuela a causa de una obra hidráulica, ya que aunque se han registrado otros incidentes y fallas en diferentes embalses del país, ninguno de ellos había causado tanta destrucción ni la pérdida de vidas humanas. Este es uno de los acontecimientos que más a marcado a los venezolanos.

Hasta los momentos no ha sido posible determinar el periodo de retorno de estas lluvia de diciembre de 1999 por falta de información hidrometereologica, ya que este evento climático único en la historia del país

no quedo registrado pluviométricamente ni fluviométricamente, como hubiera sido deseable para proporcionar información de su magnitud, y permitir la estimación de su periodo de retorno para obtener así una valiosísima información para el diseño de las futuras obras hidráulicas requeridas por el país y para la planificación de la ocupación territorial en forma segura.



**Figura Nº 2.20. La población de El Guapo fue inundada y destruida en su totalidad**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

Se realizaron estudios posteriores, que actualmente son utilizados en la elaboración de los nuevos proyectos para obras de embalse, demostrando la importancia de maximizar las crecientes respecto a los picos y a los volúmenes, lo que da como resultado condiciones más desfavorables para el diseño de los aliviaderos.

Los hidrogramas de las crecientes extremas determinados por los métodos utilizados en el país hace algunas décadas solían caracterizarse por ser figuras simples, consistentes generalmente en una rama ascendente un



pico y una rama recesiva. Los hidrogramas que se calculan en la actualidad, maximizados tanto por pico como por volumen, consideran la superposición de varias crecientes consecutivas, por lo que suelen presentar picos múltiples. Las técnicas utilizadas actualmente para la determinación de los hidrogramas extremos dan como resultados caudales y volúmenes generalmente muy superiores a los que se determinaban anteriormente.

La ocurrencia de crecientes superpuestas o de picos múltiples fue comprobada en la Presa El Guapo, en la que el nivel del embalse subió rápidamente, descendió y volvió a incrementarse de manera súbita antes de ocurrir la falla de la obra.



**Figura N° 2.21. Presa El Guapo, después de la falla.**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

Se llega entonces a la conclusión de que lo que sucedió se debe a la unión de varias circunstancias desfavorables que condujeron a la destrucción de la obra.

Es interesante observar que el aliviadero original fue proyectado

utilizando una creciente de entrada al embalse cuyo caudal máximo era igual a 672 m<sup>3</sup>/seg (Milenaria). Actualmente se está diseñando un nuevo aliviadero para la reconstrucción de la obra , utilizando como creciente de entrada al embalse la máxima probable (CMP), cuyo caudal pico es igual a 5.487 m<sup>3</sup>/seg., es decir; 8,17 veces mayor que el anterior.

La falla de esta obra a causa del desbordamiento y erosión del aliviadero demostró lo acertados que fueron los trabajos de construcción del espaldón estabilizante de grava, para el refuerzo del terraplén, terminados en 1995. La presa resistió adecuadamente las condiciones de carga extremas a las que estuvo sometida en diciembre de 1999 cuando el nivel del embalse llego casi hasta su cresta. La presa propiamente dicha quedo prácticamente intacta, si el espaldón estabilizante no se hubiera construido y la creciente de diciembre de 1999 hubiera encontrado a la presa en su condición anterior, es posible que se hubiera producido el colapso masivo de la misma, con consecuencias aún peores a las ocurridas.

#### **2.5.6. Tocuyo de la Costa**

A mediados de los 60 el desaparecido MOP elaboro un proyecto consistente en unir las tres lagunas naturales (Tacarigua, Játira y Cauce), con la finalidad de formar dos embalses con el propósito de regar unas 3.000 hectareas de cocoteros en la planicie costera del Rio Tocuyo, en torno a la población de Tocuyo de la Costa.

Para el año 1970, fueron puestos en servicio los embalses los cuales consistieron en varias obras en las que se encontraban La presa Tacarigua que se encargaría del cierre y sobre elevación de la laguna que lleva su mismo nombre, la presa de Játira también conocida como El Dique, muy

similar a la de Tacarigua pero con una altura menor, esta represa convino las lagunas Játira y Cauce convirtiéndolas en un solo almacenamiento, el cual desde entonces se conoce como embalses Játira.

Se creó una canal para comunicar las lagunas de Tacarigua y Játia para formar un solo almacenamiento el cual recibe el nombre de Embalse Tocuyo de la Costa.

Desde que se puso en servicio el embalse Tocuyo de la Costa se comenzaron a producir dos tipos de problemas, causando ambos por el Rio Tocuyo. El primer de estos consiste en que la divagación del cauce del Tocuyo en la planicie trae como resultado que periódicamente sus meandros se acercan peligrosamente a la Presa Jatira y a la carretera que va del extremo de la misma a la población de Campeche, la cual ha cortado en varias oportunidades.

Y el segundo problema viene causado por los desbordamientos periódicos del Rio Tocuyo en la planicie costera. Cuando se elaboro el proyecto de esta obra en los años 60 el funcionamiento del embalse fue simulado de la manera clásica, delimitando las cuencas contribuyentes y estimando los rendimientos de las mismas utilizando los métodos hidrológicos convencionales.

Se ha venido observando que a causa de los desbordamientos del Tocuyo la cota de aguas máximas del embalse es sobrepasada periódicamente. Preparado a partir de los registros de las cotas del embalse que lleva la dirección de operación y mantenimiento del MARN, indica los niveles máximos registrados en el embalse desde su puesta en servicio.

**Tabla 6. Niveles máximos registrados en el embalse Tocuyo de la Costa**

FECHA	COTA(msnm)
Mayo 1974	8,90
Abril 1981	9,49
Diciembre 1985	9,79
Diciembre 1999	9,82

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

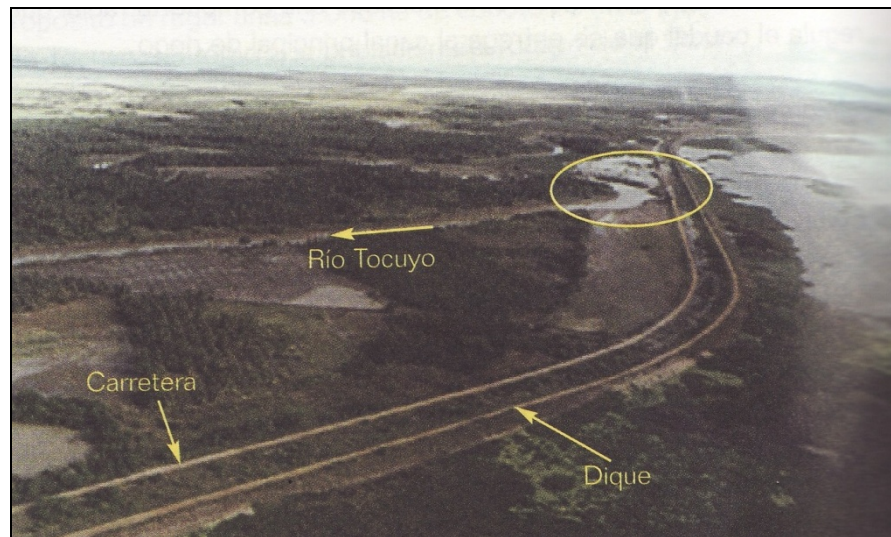
Los caudales y volúmenes máximos de las crecientes determinados por el MOP, no representan el comportamiento real que posee el embalse, ya que es prácticamente imposible, la ocurrencia de 8 crecientes del orden de la milenaria en tan solo 30 años.

Para diciembre del 85 y diciembre del 99 el agua desbordo la cresta de la presa, para la primera fecha no hubieron daños de mayor importancia, pero en la segunda la Presa Jatira quedo cortada en tres sitios, produciendo erosiones y cárcavas en numerosas áreas de ambas obras.

Debido a las lluvias que tuvieron lugar sobre prácticamente todo el territorio nacional, aumentando de manera crítica los caudales máximos estimados el día 8 diciembre de 1999 el nivel del Embalse Tocuyo de la Costa comenzó a subir de manera sostenida. El desbordamiento comenzó entre los días 15 y 16, alcanzándose la cota máxima de 9,82 msnm y la rotura de la presa Jatira el día 17.

Es importante mencionar que el aliviadero de emergencia situado al

comienzo de la carretera de Campeche funciono adecuadamente y no sufrió daños, no se reportaron víctimas como consecuencia de las rotura de la Presa Jatira.



**Figura N° 2.22. Presa tocuyo de la costa.**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)



**Figura N° 2.23 Presa tocuyo de la costa. Vista área de la brecha.**

Fuente: Incidentes en las presas de Venezuela - Luís Miguel Suárez Villar (2002)

## **2.6. POSIBLES SOLUCIONES QUE SE PUEDEN APLICAR O SE APLICARON EN CADA UNO DE LOS CASOS SEÑALADOS.**

### **2.6.1. 2.6.1 Siburua**

En esta represa se comenzó a construir unas obras complementarias, es decir obras que no se encontraban en el proyecto inicial, con el fin de ponerla nuevamente en funcionamiento y que pueda cumplir su función de abastecer a los caseríos de la zona. Se realizó una especie de trinchera en la parte de altura máxima de la represa y se instaló un conducto de toma enterrado bajo el terraplén.

### **2.6.2. Las Tinas**

En el caso de esta represa como su falla fue a causa de las arcillas dispersivas las cuales no se conocían en Venezuela al momento de realizar el proyecto, se reconstruyó el embalse pero utilizando arcillas no dispersivas y se encuentra operando satisfactoriamente.

### **2.6.3. Aracay**

Esta represa sufrió daño solo en su mitad izquierda con la finalidad de aprovechar la mitad del lado derecho la cual no sufrió daños se decidió una reconstrucción de acuerdo al proyecto inicial, construyendo muros de gaviones que contuvieran el flujo derramado y así evitar que entrara en contacto con los estribos. El proyecto también incorporó una serie de elementos de protección contra la erosión, no incluidas en el diseño inicial. Pero esto no se ha dado ya que no ha comenzado la construcción y la presa se encuentra fuera de servicio desde que ocurrió la falla.

#### **2.6.4. El Cristo**

Aquí se reconstruyó casi totalmente el terraplén, se incremento el borde libre, el cual actualmente es de 6,5 metros, se remplaza el actual aliviadero por otro de mayor capacidad de descarga, lo cual está permitiendo tener la creciente máxima probable determinada en el último estudio hidrológico efectuado. Se encuentra operando satisfactoriamente.

#### **2.6.5. El Guapo**

Actualmente se está diseñando un nuevo aliviadero para la reconstrucción de la obra, utilizando como creciente de entrada al embalse la máxima probable (CMP), es importante destacar en este caso que fue el que as destrucción causo, que la nación necesariamente debe de invertir en las mediciones climáticas aunque parezcan una pérdida de dinero, pues esta es la única manera de diseñar obras hidráulicas seguras y planificar adecuadamente la ocupación territorial del país.

#### **2.6.6. Tocuyo de la Costa**

Para mejorar la situación que se presenta en esta represa lo primero es la reconstrucción de los daños sufridos por la presa Játira en las tres brechas, y reparar las erosiones sufridas por esta, la construcción de un muro que permita sobre elevar un metro en ambos embalses, ampliar la capacidad del aliviadero y construir un nuevo aliviadero de servicio en concreto con la finalidad de restituir el nivel del embalse después de las crecientes.

Dada la cercanía del rio el Tocuyo, se debe considerar la posibilidad de que eventualmente ocurran daños en los diferentes componentes de las obras de embalse, ya que cuando se efectuó el proyecto de la obra en los



años 60 no se tomaron en cuenta los efectos de este río en el embalse. En la actualidad la reconstrucción de las obras se encuentra en su fase final.



**Figura N° 2.24 Tocuyo de la Costa.**

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tocuyo\\_de\\_la\\_Costa](http://es.wikipedia.org/wiki/Tocuyo_de_la_Costa)

## **2.7. ENSEÑANZAS QUE PUDIMOS OBTENER DE LAS FALLAS QUE SE PRESENTARON.**

- Es importante realizar los estudios de laboratorios respectivos al terraplén y analizar su estabilidad.
- Conocer el tipo de suelo, realizando el estudio pertinente
- Hacer las mediciones hidrológicas necesarias, para no tener la necesidad de sobredimensionar quedando en el aire la opción de que nos quedemos cortos y no sea suficiente para el caso específico.
- Las obras de esta envergadura tienen que ser observadas sistemáticamente.
- Verificar la cercanía de los ríos y lagunas al sitio donde se pretende realizar el embalse.

## CAPÍTULO 3

### 3.1. CONCLUSIONES

1. Las fallas son conceptualmente diferentes de los incidentes, pero al propiciarse uno de estos puede llegar a ocasionar la falla de la obra haciéndola colapsar.
2. La causa más frecuente asociada a las fallas de las grandes presas es su desbordamiento, debido a insuficiencia de capacidad de los aliviaderos
3. El comportamiento de la infraestructura de un país depende fundamentalmente de la obtención de unos datos hidroclimatológicos acertados para poder lograr la planificación, proyecto y operación de las futuras construcciones de embalse
4. Todas las presas se encuentran sometidas a la acción constante de la naturaleza, lo cual la va deteriorando con el paso del tiempo, por lo tanto es de suma importancia vigilar el comportamiento del embalse, fundamentalmente después del primer año de su puesta en funcionamiento y cuando la obra haya envejecido, el periodo intermedio también merece atención pero de una manera más rutinaria.
5. Las represas son las obras de ingeniería que mas poder destructivo tienen en caso de fallar, puesto que el agua almacenada en un embalse puede tener un peso de cientos y hasta de miles de millones de toneladas, llegando a desestabilizar la corteza

terrestre, activando las fallas geológicas y a hasta induciendo a la sismicidad.

6. Existen noventa y siete (97) presas en el país de las cuales veintiocho (28) han sufrido incidentes, en algunos casos múltiples, y en otros casos extremos de las cuales seis (6) de las presas venezolanas llegaron a sufrir fallas debido a dichos incidentes.
  
7. Es importante mencionar que de los fracasos, se puede llegar al éxito si tomamos las medidas necesarias para incrementar nuestros conocimientos en el área, y revisar como se solucionaron dichos problemas.

### **3.2. RECOMENDACIONES**

1. Dada la importancia que tiene que una obra de esta envergadura llegue a fallar, es recomendable hacer énfasis en los datos hidroclimáticos, y si por alguna razón la data hidrológica no existiese, tenemos la opción o de esperar a obtenerlos lo cual puede significar un atraso en el desarrollo del país o la de hacer estudios hidrológicos conservadores utilizando datos de otras cuencas lo que también desprende una consecuencia negativa ya que podríamos estar sobrestimando e invirtiendo recursos excesivos de la obra, por lo tanto es de suma importancia tener la información hidrológica necesaria, para así poder evitarnos estos percances.
2. Se recomienda utilizar la experiencia acumulada en países como Estados Unidos y Europa en el desarrollo de proyectos hidráulicos, asimilándolas por parte de los ingenieros correspondientes a estas áreas e ir mejorando nuestra cultura en el tema.
3. Es importante tener en cuenta que cada vez que se quiera realizar un diseño de ingeniería de presas se deben tener presente muchos aspectos importantes, de (Ingeniería Básica) como por ejemplo, la selección del sitio y su respectivo estudio de factibilidad, investigaciones geotécnicas y de terreno, manejo de proyectos, entre otros.
4. Dada la repercusión que tiene en el medio ambiente la construcción de una represa es importante poner sobre una balanza tanto las ventajas como las desventajas y asumir de manera responsables los

problemas que pueden aparecer y tratar de subsanarlos de la mejor manera, realizando un Estudio de Impacto Ambiental

## BIBLIOGRAFÍA

- Suarez, Villar. (1982). **Ingeniería de Presas. Obras de Toma, Descarga y Desviación.** Caracas. Editorial: Ediciones Vega.
- Suarez, Villar. (2002). **Incidentes en la Presas de Venezuela. Problemas, Soluciones y Lecciones.** Caracas. Editorial: Ediciones Vega.
- “Presas”, **Wikipedia la Enciclopedia Libre.** Febrero, 2009. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/presas> (Consulta: 2009, Febrero).
- Mc. Cully, Patrick (2004). **Ríos silenciados.** Argentina. 1era Edición. Editorial Proteger Ediciones.
- Olivares, Alfredo de León. **Embalses. Obras Hidráulicas. Tema 3.** Centro Iberoamericano del Desarrollo integral de Aguas y Tierras. Mérida Venezuela. Disponible: [www.edicionesmultimedia.com](http://www.edicionesmultimedia.com) (Consulta: 2009, Marzo).
- “Atlas de Venezuela en Línea”. Cartografía nacional. Disponible: [www.edicionesmultimedia.com](http://www.edicionesmultimedia.com) (Consulta: 2009, Marzo).
- Revista el Agua (1993). **Grandes Presas de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los recursos Naturales Renovables.** Edición Especial.
- “Fallas Geológicas”, **Wikipedia la Enciclopedia Libre.** Diciembre, 2008. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/fallas> (Consulta: 2008, Diciembre 15).
- “Represas del Mundo”. Disponible:

<http://oni.escuelas.edu.ar/olimpia/rioparana/represas> (Consulta: 2009, Marzo 3).

- Características de Presas. Disponible: <http://www.covenpre.org.ve/presas/elguapo.htm> (Consulta 2009, Marzo 7)
- Teoría de Presas. Disponible: <http://www.construaprende.com>. (Consulta 2008, Enero 21)
- Florez, Isabel. (1992) Introducción al estudio de las obras hidráulicas Tomo I. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Mérida – Venezuela.
- Florez, Isabel. (1996). Introducción al estudio de las obras hidráulicas Tomo segundo. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Mérida – Venezuela.
- Floyd E. Dominy (1966). Proyecto de presas pequeñas. Editorial Dossat. Madrid.
- “Presas”, **Wikipedia la Enciclopedia Libre**. Febrero, 2009. Disponible: **Presa de tipo gravedad** [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica)) (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presas”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. Febrero, 2009. Disponible: **Presa en Arco**. [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica)) (Consulta: 2009, Febrero).



- “Presas”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. Febrero, 2009. Disponible: Presa Oymapinar Dam (Turquía). [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica)) (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presas”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. Febrero, 2009. Disponible: Presa de materiales sueltos. [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_\(hidr%C3%A1ulica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_(hidr%C3%A1ulica)). (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presa de las tres gargantas”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. 2006. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/3\\_Gargantas\\_](http://es.wikipedia.org/wiki/3_Gargantas_) (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presa Hoover”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. **Febrero, 2009.** Disponible: La Presa Hoover desde el aire. [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_Hoover\\_](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_Hoover_) (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presa Grand Coulee”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. **Febrero, 2009.** Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Presa\\_Grand\\_Coulee](http://es.wikipedia.org/wiki/Presa_Grand_Coulee). (Consulta: 2009, Febrero).
- “Presa el Teton”, Wikipedia la Enciclopedia Libre. **Febrero, 2009.** Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Represa\\_de\\_Teton\\_](http://es.wikipedia.org/wiki/Represa_de_Teton_) (Consulta: 2009, Febrero).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

TÍTULO	INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA
SUBTÍTULO	

**AUTOR (ES):**

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Cuece J. Sara I.	CVLAC: 15.874.332 E MAIL: sharitacool@hotmail.com
Pino V. Carlene J.	CVLAC: 16.485.425 E MAIL: krlene@hotmail.com

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Incidentes en las Presas de Venezuela: Incidentes, fallas, represas, Factores que ocasionaron las fallas, Soluciones aplicadas a cada falla, Fallas mas frecuentes, Presas Venezolanas, Aprendizajes y enseñanzas de las fallas cometidas.

## **METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

### **RESUMEN (ABSTRACT):**

En el presente trabajo se realizo una recopilación de información, de diferentes libros fotografías, informes entre otros con la finalidad de armar una base de datos que describa los diferentes incidentes que llegaron a producir fallas en represas venezolanas, un incidente no significa necesariamente la falla de la obra, pero en nuestro caso especificaremos los casos extremos en que esto llego a ocurrir, los cuales se dieron en las presas Siburua(1964), Las Tinas(1965), Aracay(1986), El Cristo(1999), El Guapo(1999), Tocuyo de la Costa(1999), reseñando las características principales de estas y la manera como se solucionaron las fallas ocurridas, recordando que una presa almacena un volumen enorme de agua, lo cual representa una energía potencial, la cual liberada incontroladamente, si se llega a romper la presa se transforma en energía cinética arrasando todo a su paso, este trabajo se realiza con la finalidad de que pueda servir a ingenieros, profesionales jóvenes que se encuentra iniciando su carrera y a las futuras generaciones de ingenieros, para generar algún tipo de enseñanza, ya que muchas veces los fracasos conducen a un aprendizaje, lo cual nos hace mejora y nos lleva al camino del éxito.

**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Gonzalez, Luis	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	8.307.130			
	E_MAIL	Lbggonzalesantv.net			
	E_MAIL				
Montejo, Enrique	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.279.503			
	E_MAIL	Emontejoantv.net			
	E_MAIL				
Torres, Luisa	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.217.436			
	E_MAIL	Torresl62mail.com			
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2009	Abril	1
AÑO	MES	DÍA

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.FallasPresasHidro	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M N O P  
Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7  
8 9.

**ALCANCE**

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Civil

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Civil

**INSTITUCIÓN:**

Universidad De Oriente. Núcleo Anzoátegui



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

**AUTOR**

Cuece J., Sara I.

**AUTOR**

Pino V., Carlene J.

**TUTOR**

Gonzalez, Luis

**JURADO**

Torres, Luisa

**JURADO**

Montejo, Enrique.

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**