

## Anexos

### Anexo A. Procedimiento para evaluar el potencial a la licuefacción en depósitos granulares

El procedimiento consiste en comparar la resistencia cíclica promedio a la licuefacción del depósito con la carga cíclica promedio impuesta con el sismo. Se hará uso de la metodología que utiliza los resultados de la prueba de penetración standard SPT para evaluar la resistencia cíclica promedio del depósito a la licuefacción. Sin embargo, existe una metodología más reciente que utiliza los resultados de la prueba de penetración de cono CPT (Stark and Olson, 1995).

#### A.1.- Estimación de la resistencia cíclica promedio del depósito a la licuefacción

##### A.1.2.- Metodología usando la prueba de penetración standard (SPT)

Para determinar la resistencia cíclica promedio del depósito utilizando los resultados de la prueba de penetración standard SPT, el número de golpes  $N$  obtenido en esa prueba debe ser corregido por esfuerzo efectivo de sobrecarga, contenido de finos y eficiencia en la ejecución del ensayo. Debido a que el valor de  $N$  para un determinado depósito es función del esfuerzo efectivo de sobrecarga, el valor medido de  $N$  es convertido a un valor de presión de sobrecarga standard  $N_1$  mediante la siguiente expresión propuesta por Liao y Whitman (1985):

$$N_1 = N \cdot \left( \frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^{1/2}$$

En la ecuación,  $N$  representa el número de golpes medidos en la prueba de penetración standard,  $\sigma'_{v0}$  es el esfuerzo efectivo en kPa a la profundidad donde se midió  $N$  y  $N_1$  es el número de golpes a una presión de sobrecarga standard.

Adicionalmente, los valores de  $N$  medidos en la prueba de penetración standard SPT necesitan ser corregidos por eficiencia. La energía que efectivamente imparte el martillo durante la ejecución de la prueba de penetración standard usualmente difiere en diferentes partes del mundo y la misma varía entre un 40% y un 90% de la energía teórica (Schmertmann, 1976). Para evaluar el potencial de licuefacción se seleccionó el 60% como el valor standard y el mismo se designa como  $N_{60}$ . Por lo tanto cuando el valor de  $N$  es determinado impartiendo una energía diferente al 60% la misma debe ser convertida al valor standard usando la expresión:

$$N_{60} = N \cdot \left( \frac{E}{60} \right)$$

Donde  $E$  representa la eficiencia usada en la determinación de  $N$ . La Tabla A.1 presenta valores de eficiencia en la prueba de penetración standard en varios países.

**Tabla A.1. (de Coduto, 1994)**

PAIS	EFICIENCIA
Argentina	0.45
China	0.50
Colombia	0.50
Japón	0.66
USA	0.60
Venezuela	0.43

El valor de número de golpes corregido por eficiencia y esfuerzo efectivo de sobrecarga se denota como  $(N_1)_{60}$ . Este valor representa una medida de la densidad relativa del depósito o resistencia promedio a la licuefacción de arenas limpias, con contenido de finos pasante del tamiz No. 200, menor del 5%.

Cuando el contenido de finos es mayor del 5% el valor de  $(N_1)_{60}$  debe ser corregido. Esto aparentemente se debe a que el grado de drenaje durante el SPT disminuye con el incremento del contenido de finos por lo tanto el número de golpes medido durante el ensayo subestima la resistencia a la licuefacción en las arenas limosas. Por lo tanto el valor de  $(N_1)_{60}$  debe ser incrementado en una cantidad  $D$   $(N_1)_{60}$  dada en la Figura A.1.

**Figura A.1. Corrección por finos para la prueba de penetración estandar**  
**A.2.- Esti**

**A.2.- ESTIMACION DEL ESFUERZO SISMICO IMPUESTO POR EL SISMO**

La magnitud del esfuerzo cíclico promedio impuesto por el sismo se puede estimar con el procedimiento simplificado propuesto por Seed e Idriss (1982), según la siguiente expresión:

$$\frac{\tau_{(sismo)}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d$$

donde:

- $t_{(sismo)}$  = Esfuerzo de corte cíclico promedio impuesto por el sismo.
- $a_{max}$  = Máxima aceleración del sismo impuesta en la superficie del terreno.
- $g$  = Aceleración de la gravedad
- $r_d$  = Coeficiente de reducción de esfuerzos el cual puede ser evaluado como;  $r_d = 1 - 0.01 z$  ( $z$  es la profundidad en metros)
- $s_{vo}$  = Esfuerzo total a la profundidad donde se evalúa el potencial.
- $s'_{vo}$  = Esfuerzo efectivo a la profundidad donde se evalúa el potencial.

### A.3 Evaluación del potencial de licuefacción

#### A.3.1.- Metodología usando la prueba de penetración standard SPT

Una vez calculados los valores de  $(N_1)_{60}$  (incluyendo la corrección por finos) y el esfuerzo cíclico promedio impuesto por el sismo, estos valores son ploteados como abscisas y ordenadas respectivamente en la Figura A.2. Los puntos cuyas coordenadas estén en la parte superior de la línea divisoria en la Figura A.2 representarán depósitos donde se producirá licuefacción mientras que los puntos cuyas coordenadas estén en la parte inferior de la línea divisoria representarán depósitos donde se espera que no se produzca licuefacción.

La línea sólida en la Figura A.2 representa la línea divisoria entre los casos donde se observó licuefacción y los casos donde no se observó licuefacción en sismos de magnitud 7.5 cuya energía genera usualmente unos 15 ciclos representativos de carga. La ecuación de la línea sólida en la Figura A.2 viene dada por la siguiente expresión:

$$\frac{\tau}{\sigma'_{vo}} = 0.011 \cdot [(N_1)_{60}]^{\frac{1}{60}}$$

donde:

- t = Esfuerzo de corte cíclico promedio requerido para causar licuefacción.
- $(N_1)_{60}$  = Valor de número de golpes de la prueba de penetración standard debidamente corregido por esfuerzo de sobrecarga, eficiencia y finos.

Como puede apreciarse en la Figura A.2 La ecuación. es sólo válida para valores de  $(N_1)_{60}$  menores de 20 golpes.

Para sismos de diferente magnitud, el número de ciclos representativos de carga varía y por consiguiente el esfuerzo de corte cíclico promedio también varía. Por lo tanto la línea sólida en la Figura A.2 debe ser modificada para sismos de diferentes magnitudes. Seed and Idriss (1982) desarrollaron un factor de corrección  $C_n$  para ajustar la línea sólida de la Figura A.2 a la ecuación . Este factor de corrección viene dado por Tabla A.2.

**Tabla A.2**

Magnitud del Sismo	$C_n$
8.5	0.89
7.5	1.0
6.75	1.13
6	1.32

Las ordenadas de línea sólida de la Figura A.2. deben ser multiplicadas por el factor de corrección  $C_n$  correspondiente a la magnitud del sismo considerado para así generar una nueva línea divisoria la cual servirá como limite entre licuefacción y no-licuefacción para un sismo de esa magnitud.

Por ejemplo, para un sismo de magnitud 6 las ordenadas de la línea divisoria en la Figura A.2 deben ser multiplicadas por 1.32 para así obtener las nuevas ordenadas de la nueva línea divisoria.

#### Ejemplo de evaluación de potencial de licuefacción

Se estima que un sismo de magnitud 7.5 generará una aceleración de 0.15 g en un depósito de arena uniforme ( $C_u = 3$ ) fina y relativamente limpia (contenido de finos menor al 5 %) ubicado a cierta distancia del epicentro. Se determinó que el nivel freático se encuentra a 1 metro de profundidad. Se realizó una prueba de penetración standard (SPT) con 60 % de eficiencia y se determinó que el número de golpes  $N$  a una profundidad de 7 m es de 12 golpes. Se desea evaluar la susceptibilidad a la licuefacción del depósito a dicha profundidad.

Solución:

a) Se calcula el esfuerzo total y el esfuerzo efectivo a 7 m de profundidad

$$s_{vo} = s_{vo} - U = 19 \text{ KN/m}^3 \cdot 7 \text{ m} = 133 \text{ kPa}$$

$$s'_{vo} = s_{vo} - U = 133 \text{ kPa} - 6 \text{ m} \cdot 9.81 \text{ KN/m}^3 = 74.14 \text{ kPa}$$

b) El valor medido de  $N$  es convertido a un valor de presión de sobrecarga standard  $(N_1)_{60}$ . Debido a que se usó una eficiencia del 60 % en la prueba de penetración standard (SPT) el factor de corrección por eficiencia es la unidad mientras que la corrección por presión de sobrecarga se determina según la ecuación.

Este valor de  $N = (N_1)_{60} = 12$  será usado como abscisa en la Figura A.2. No es necesario hacer la corrección por finos ya que el mismo es menor a 5%.

c) Se estima la carga cíclica promedio inducida por el sismo según la ecuación.

$$\frac{r_{(sxs)}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d$$

el cual resulta en: 0.16

Este valor será usado como ordenada en la Figura A.2

d) Se plotean los valores de  $(N_1)_{60}$  y en la Figura A.2 . Este punto es ubicado en la parte superior de la línea divisoria y por lo tanto en caso de un evento sísmico como el descrito licuará.

---

## **Anexo G. Inundación en la cuenca media del río Tuy, estado miranda, venezuela, acaecida el 11 de julio de 1997**

### **1.- Objetivo**

El objetivo que cumple esta investigación es el describir los efectos que produjo el desbordamiento del río Tuy y sus afluentes a consecuencia de la gran precipitación ocurrida la noche del 10 y el día del 11 de julio de 1997, lo cual ocasionó pérdidas de viviendas en algunos sectores poblacionales de los Valles del Tuy, interrupción de servicios básicos (agua potable y luz), y en particular, averías sobre las Estaciones de Bombeo 11 y Taguacita; componentes de los Sistemas Tuy I y Tuy II, las cuales fueron inundadas por completo dejándolas fuera de servicio. Esto disminuyó la capacidad de producción de estos Sistemas, que junto con el Sistema Tuy III conforman el Sistema de Producción del Acueducto Metropolitano de Caracas. En particular interesa recabar información sobre la respuesta de los organismos de atención de emergencias y el tiempo de rehabilitación del servicio.

### **2.- Breve descripción de la cuenca media del río Tuy**

La cuenca media del Tuy forma parte de la gran cuenca del río Tuy, la cual se encuentra ubicada en la Región Centro Norte del país, localizada dentro de las coordenadas  $10^{\circ} 00'$  y  $10^{\circ} 33'$  de latitud norte y  $65^{\circ} 25'$  y  $67^{\circ} 20'$  de longitud oeste, comprendiendo parte de los Estados Miranda, Aragua y Distrito Federal, Venezuela (Mapa G.1). Su anchura máxima es de unos 64 Km, desde el Pico Los Caracas hasta el nacimiento río Lagartijo (Long.  $66^{\circ} 35' W$ ) y su latitud máxima  $10^{\circ} 25' N$  alcanza unos 140 Km, desde la Colonia Tovar hasta el caño de Boca Vieja en el oriente del país.

La precipitación promedio anual alcanza 1048.5 mm, siendo mayo, junio, julio, agosto y septiembre los meses más lluviosos ( 116.4 mm, 179.3 mm, 167.2 mm, 140.3 mm y 105.1 mm) y febrero y marzo los menos lluviosos (15.7 mm y 13.7 mm), según base de datos del período 1951 -1997.

#### *2.1.- Principales afluentes del río Tuy*

El Río Tuy actúa como una corriente consecuente y ajustada a la depresión tectónica original recibiendo el aporte de numerosos afluentes, ya sea en forma de corrientes permanentes o ríos en forma de quebradas, de los cuales unos treinta y nueve (39) aproximadamente son importantes por los aportes de agua. Por la margen izquierda se encuentran: río Laguneta, las quebradas Chorrerón, Las Guayas, Maitana, Sacúa, Cúa, Mu me, Charallave, Candelaria, Tomuso, Sauce, Urapal, Araguaita, Aramina, ríos Guaire, Grande o Caucagua, Merecure y caño Urape. Por la margen derecha: las quebradas Seca, Guacamaya, Maracapoa, Aniagua y los ríos Cagua, Guare, Tarma, Ocumarito, Sucuta, Lagartijo, Taguacita, Taguaza, Cuira, Panaquire, Sapo y San José. Un gran número de quebradas menores, intercaladas dentro de las subcuencas de los ríos y quebradas mencionadas, se

presentan en el desarrollo general de la cuenca, desembocando directamente en el Tuy, contribuyendo a aumentar el caudal del mismo, especialmente en la época de lluvias.

## *2.2.- Aspectos hidrológicos*

Los Valles del Tuy están rodeados por cantidad de aguas superficiales de gran caudal. El río Tuy es la principal corriente de la hoya que tiene su origen en la vertiente sur de la Serranía del Litoral a unos 15 Km del Mar Caribe en las cercanías del Pico Codazzi ( 2.400 m.s.n.m), entre El Nudo, El Palmar y la población de la Colonia Tovar, en el Estado Aragua. Toma rumbo sur hasta las cercanías de la población de la Victoria, desde donde cambia su curso hacia el este franco hasta la población de Santa Teresa del Tuy. Su longitud es de aproximadamente 200 Km medidos sobre su eje, pero si se consideran los meandros, su longitud alcanza a 270 Km Posee un área de cuenca de 6.600 Km<sup>2</sup>.

En el desarrollo del curso del río Tuy, se presentan tres etapas evolutivas fisiográficas: juventud, madurez y vejez las cuales coinciden en gran parte con las tres subregiones hidrográficas del Tuy como son:

- Alto Tuy (Colonia Tovar - El Consejo): Comprende el área drenada por el río Tuy y sus afluentes, desde su nacimiento en el Pico Codazzi (2.400 m.s.n.m.), hasta su desvío en la población de El Consejo.
- Tuy Medio (El Consejo ù El Vigía): Hidrológicamente comprende el área drenada por el Tuy desde el Consejo en el Estado Aragua, hasta la población de Araguaita en el Estado Miranda, unos 3.620 Km<sup>2</sup>, de superficie, hasta la estación hidrométrica de El Vigía (sur de Santa Teresa). En este tramo la pendiente del curso es baja, notablemente menor; es decir, posee pendientes medias a suaves (entre 4% y 5%).
- 1. Bajo Tuy (El Vigía ù Boca de Paparo): Luego de pasar Santa Teresa, el Tuy atraviesa las estribaciones montañosas de la Selva de Guatopo y al llegar a la población de Araguaita entra en la llanura de Barlovento; y en este último tramo el río escurre lentamente y presenta en los alrededores del cauce, lagunas y zonas anegadizas. Luego de atravesar la llanura costera, el Tuy desemboca en el Mar Caribe.

## **3.- Sistema de producción del acueducto metropolitano de Caracas**

El Sistema de Producción del Acueducto Metropolitano de Caracas, está conformado por los Sistemas Tuy I y Tuy II (Río Tuy) y Tuy III (Río Guárico). A continuación se hará una breve descripción del Sistema de Aducción Tuy II, ya que es el sistema en estudio de esta investigación. A causa del desbordamiento del río Tuy y sus afluentes, uno de sus componentes mayores como lo es la estación de bombeo Taguacita, sufrió graves daños dejándola temporalmente fuera de servicio.

Desde 1957 la cuenca del río Tuy ha sido utilizada y desarrollada como una de las fuentes superficiales de agua para abastecer a Caracas y su Area Metropolitana.

Para aprovechar el agua del río Tuy, la misma se extrae a través de las Tomas I, II y III, cuyo caudal de extracción es del orden de 1,5 m<sup>3</sup>/seg en el verano y aproximadamente unos 6,0 m<sup>3</sup>/seg en invierno. Su operación requiere de: 1) Control exigente de la calidad del agua en el sitio de las tomas. 2) Buen funcionamiento de las motobombas en la captación. 3) Operación adecuada de los sedimentadores. 4) Disponibilidad de los grupos de la Estación Booster 2 que permitan enviar el agua tanto a la succión del sistema Tuy I y II ( Estación 11 y 21) como al embalse Quebrada Seca.

El Sistema Tuy II entra en servicio a principios de 1968 y utiliza como fuente de abastecimiento las aguas del río Tuy y del embalse Lagartijo, así como también las aguas del río Taguacita. La producción de Taguacita (4 m<sup>3</sup>/seg) puede ser desviada hacia el embalse Lagartijo. El abastecimiento se realiza desde un punto de interconexión y control, que permite regular las operaciones de producción de acuerdo a las variaciones estacionales de las fuentes de abastecimiento y según los niveles de los vasos de almacenamiento. Su capacidad de bombeo es de 8,5 m<sup>3</sup>/seg.

El caudal extraído es conducido hasta la planta de tratamiento "Ciudad de Caracas " (cota 945 m.s.n.m.) mediante cuatro (04) estaciones de bombeo, denominadas Taguacita, 21, 22 y 23 y por medio de una tubería de acero de 1.880 mm de diámetro y 38 Km de longitud. Dicha planta se encuentra ubicada en una colina al noroeste de la confluencia de la quebrada La Guairita con el río Guaire, en la Urbanización Macaracuay, al sur de Petare. Fue construida en el año 1964 y posee una capacidad nominal de 7,5 m<sup>3</sup>/seg y una capacidad de operación de 6,3 m<sup>3</sup>/seg. Posteriormente, las aguas son conducidas por gravedad hasta la estación 25, la cual permite su envío hasta las redes de distribución de Caracas y su Area Metropolitana.

Cabe destacar, que la estación de bombeo 24 permite enviar el exceso de agua de la planta de tratamiento al embalse La Pereza, mediante una derivación de la aducción principal, lo cual sirve como vaso de distribución y permite compensar las variaciones del consumo y las interrupciones en el suministro. Cabe destacar también que el Sistema Tuy II puede ser alimentado en la estación 21 por los Sistemas Tuy I, Tuy III y el embalse Lagartijo.

En el siguiente cuadro se muestran las características principales de operación de la estación de bombeo Taguacita:

**Cuadro 1. Características de operación de la estación de bombeo Taguacita**

SISTEMA	ESTACION DE BOMBEO	GRUPOS BOMBAS	CARGA (m)	CONSUMO POR GRUPO	CONSUMO TOTAL	CAPACIDAD TOTAL
Tuy II	Taguacita	4	287	3850 Kw	15400 Kw	3600 m <sup>3</sup> /h

#### **4.- Fenómeno meteorológico e hidrológico local observado en la cuenca media del Tuy la noche del 10 y el día del 11 de julio de 1997**

##### *4.1.- Evolución del fenómeno meteorológico*

La imagen de satélite correspondiente al 091245Q JUL 97 (Fig. G.1), muestra una ONDA TROPICAL sobre el Caribe a la altura del extremo noroccidental del país, asociada a un flujo de viento en la altura proveniente del oeste-suroeste y a una vaguada en la altura y a una baja circulación cerrada en la altura que se observa al norte de la Isla de Bahamas y del este de Florida. Para esa fecha esta situación de inestabilidad se limitó a reactivar la franja de nubosidad asociada a la temporada de lluvia producto de la Convergencia Intertropical (ITC), sobre el extremo occidental del país (Falcón, Zulia, Los Andes y parte oeste de Apure), originando algunos eventos de nubosidad asociados a precipitaciones sobre esas regiones.

Sobre el extremo nororiental, en la imagen de satélite se observa un área de nubosidad con características de onda tropical, generando algunas precipitaciones dispersas, disipándose rápidamente. En el resto del territorio nacional, reinó un relativo buen tiempo con cielos poco nublados y sin precipitaciones.

La imagen de satélite correspondiente al 100745Q JUL 97 (Fig. G.2), muestra el Flujo de vaguada en la altura actuando sobre el Caribe y extremo occidental del país. Este tiene mayor influencia sobre la faja de nubosidad asociada a la temporada de lluvia producto de la Convergencia Intertropical (ITC), reactivando extensos núcleos de nubosidad asociados a chaparrones sobre el sur del territorio nacional, los cuales intentaron desplazarse hacia el norte-noroeste.

La imagen de satélite correspondiente al 101245Q JUL 97 (Fig. G.3), muestra la misma situación de inestabilidad en la altura, interactuando con la franja de nubosidad asociada a la temporada de lluvia producto de la Convergencia Intertropical (ITC). Esta se observa más activa, con extensos núcleos de nubosidad asociados a chaparrones más al norte del país: Guárico, parte de la región norcentral, norte de los llanos occidentales y noroccidente.

Tal inestabilidad en la altura se hace más intensa, al igual que la franja de nubosidad asociada a la temporada de lluvia producto de la Convergencia Intertropical (ITC): (i) alcanzó una mayor actividad norte; (ii) generó extensos y compactos núcleos nubosos; (iii) estos generaron lluvias persistentes y chaparrones severos, los cuales se observaron a lo largo de la franja norte, llanos de Guárico, porción oeste de Bolívar y el occidente del país.

Esta situación de inestabilidad en la altura, combinada con la actividad de la franja de nubosidad asociada a la temporada de lluvia producto de la Convergencia Intertropical (ITC), continuó incrementándose durante el transcurso de la noche del día 10 de julio. Esto generó importantes lluvias persistentes y chaparrones severos en la región norcentro durante veinticuatro (24) horas, específicamente en los Valles del Tuy, donde se produjo un efecto meteorológico local severo, con graves consecuencias.

#### 4.2.- Información pluviométrica

En la estación C1 Cúa- Tovar, ubicada en el sector Colonia Tovar, en la vía Cúa-Ocumare del Tuy (véase Mapa G.1), se registró una precipitación continua durante un lapso de 24 horas de 173 mm, entre los días 10 y 11 de julio, la cual representa el mayor valor registrado en esta estación durante el período 1951-1997.

La precipitación acumulada para diferentes lapsos de tiempo se da en el Cuadro 2:

**Cuadro 2. Precipitación acumulada en la estación cua-tovar 10-11 julio 97 (Véase mapa G.1)**

TIEMPO	LLUVIA (mm)
5 min	11,7
10 min	17,8
15 min	20,2
30 min	34,4
1 hora	68,5
2 horas	80,3
3 horas	86,6
6 horas	126,7
9 horas	140,6
12 horas	150,1
24 horas	173,3

También se registraron las precipitaciones en las estaciones meteorológicas Ocumare del Tuy, Ocumarito/Onza y Cúa-Colonia Mendoza, las cuales están ubicadas cerca de la estación C1 Cúa- Tovar, así como las precipitaciones registradas en las estaciones Cagigal, La Carlota y La Mariposa ubicadas en la ciudad capital, aproximadamente a sesenta y cinco (65) km de la zona afectada (véase Mapa G.1). Estas mediciones fueron realizadas durante el mismo lapso de veinticuatro (24) horas, con la finalidad de hacer notar que el fenómeno meteorológico solamente se produjo en los Valles del Tuy, lo cual se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Registros pluviométricos de estaciones meteorológicas de la región (10-11 jul 97)**  
(vease mapa G.1)

ESTACION PLUVIOMETRICA	LLUVIA
Cúa- Tovar	173
Ocumare del Tuy	71.2
Ocumarito/Onza	84.5
Cúa-Colonia Mendoza	73.4
Cagigal	17.7
La Mariposa	24.3
La Carlota	12.0

#### 4.3.- Información hidrométrica

De acuerdo a las mediciones disponibles, el caudal promedio del río Tuy en el período seco (nov- abr) es de 7,77 m<sup>3</sup>/seg y en el período lluvioso (junio-oct) es de 29,10 m<sup>3</sup>/seg, según datos registrados durante un período de catorce (14) años (1982-1996) (HIDROCAPITAL, 1997).

El día 13 de julio de 1997, frente a la población de San Francisco de Yare se efectuó un aforo al río Tuy, obteniéndose un caudal de 75 m<sup>3</sup>/seg. La creciente derribó las miras de las estaciones hidrométricas: San Antonio y Ocumare del Tuy, por lo que no se pudo determinar la referencia del nivel de la creciente sucedida en el río Tuy y sus afluentes.

### 5.- Efectos inmediatos del fenómeno meteorológico

#### 5.1.- Breve descripción

En la cuenca media del río Tuy, esta "ONDA TROPICAL" ocasionó un fenómeno meteorológico local severo, originando una precipitación continua y de gran intensidad durante veinticuatro (24) horas (Cuadros 2 y 3), - noche del 10 y el día del 11 de Julio-, la cual causó una crecida extraordinaria del río Tuy y de sus afluentes secundarios, que según los registros hidrológicos y comentarios de los habitantes de la región, no sucedía desde hacía muchos años. Los principales efectos inmediatos fueron:

- a. Arrasó con los sectores de La Mopia y La Tortuga ubicados en las cercanías del río Tuy, dejando un saldo oficial de dos (02) muertos, mas de quinientas (500) familias damnificadas y cuantiosas pérdidas materiales.
- b. La vialidad que une a los centros poblados tales como: Charallave, Cúa, Ocumare del Tuy, San Francisco de Yare, Santa Lucía y Santa Teresa, se vio afectada por la inundación y numerosos deslizamientos de laderas.

- c. Se inundó el Aeropuerto Metropolitano ubicado en las cercanías de Charallave; sus instalaciones quedaron bajo una columna de agua de 1 m de altura.
- d. Al sureste de los Valles del Tuy se inundaron varios sectores con un saldo de ochenta (80) familias damnificadas y cuantiosas pérdidas agrícolas, al ser arrasados por las fuerzas de las aguas y los deslizamientos, los cultivos de cacao, maíz, yuca, caraotas, plátanos, lechoza, cítricos, entre otros rubros.
- e. Hubo interrupciones del servicio eléctrico por el derribamiento de las líneas eléctricas, en algunos sectores de la región.
- f. Inundación en la Estación de Bombeo 11 del Sistema Tuy I ubicada en el Sector San Antonio de Yare y Estación de Bombeo Taguacita del Sistema Tuy II ubicada en la vía hacia Altagracia de Orituco.
- g. El material de deslave y de los deslizamientos afectó severamente la calidad del agua; los niveles de turbiedad alcanzaron niveles entre 250 y 300 veces los valores permisibles (véase Figura 1.2 del texto principal).
- h. El sistema de alcantarillado colapsó por el volumen de sólidos arrastrados, incluidos gruesos troncos de árboles derribados.

## **5.2.- Acciones de Defensa Civil**

Una vez generada la situación de emergencia, Defensa Civil Nacional y Regional, Gobernación del Estado Miranda, Alcaldías de los Municipios afectados e HIDROCAPITAL, iniciaron las operaciones de emergencia.

En lo que se refiere a Defensa Civil se efectuaron labores de rescate y salvamento (SAR), ya que como se mencionó anteriormente entre los efectos inmediatos hubo un saldo oficial de dos (02) víctimas.

De igual forma, Defensa Civil, Gobernación y Alcaldías brindaron ayuda a los damnificados de la inundación, proceso que duró aproximadamente dos (02) semanas. Dicho apoyo consistió en desalojo, proporción de alimentos, asistencia médica, medicina, ropa, enseres del hogar, entre otros.

## **6.- Tiempo de rehabilitación**

La empresa HIDROCAPITAL, que tiene entre sus funciones facilitar agua potable en calidad y cantidad adecuada a la población del Distrito Federal y Estado Miranda (aproximadamente 4 millones de habitantes), inició de inmediato las "operaciones de rehabilitación" necesarias para prevenir el eventual desabastecimiento del vital líquido a la población servida por este acueducto.

La capacidad de respuesta de la referida empresa fue aceptable, ya que la población de Caracas y su Área Metropolitana no sufrió consecuencias, en cuanto a abastecimiento de agua potable se refiere, puesto que no hubo paralización del servicio en el sistema de distribución. Las labores emprendidas para prevenir el eventual desabastecimiento fueron las siguientes:

- a. Traslado de personal directivo, técnico y obrero hacia el lugar de los hechos.
- b. Diagnóstico de los efectos de la inundación del río Tuy y sus afluentes sobre los componentes del Sistema de Producción del Acueducto Metropolitano de Caracas.
- c. Evaluación de los daños sobre las estaciones afectadas y estrategias de acción.
- d. Evaluación de los efectos posteriores sobre las plantas de tratamiento y abastecimiento de agua potable a la región capital.
- e. Interconexión de los sistemas de aducción.
- f. Racionamiento por sectores para garantizar el abastecimiento a toda la población.
- g. Labores de remoción de lodo y maderas arrastradas por el agua.
- h. Lavado de los equipos y sustitución de partes averiadas.

Por la complejidad de operación de las estaciones de bombeo y los daños ocurridos después del desastre, las operaciones de rehabilitación duraron aproximadamente dos (02) meses. En el Cuadro 4 se observa la cantidad de agua extraída de las fuentes durante los meses de junio , julio, agosto y parte de septiembre. Se aprecia allí la disminución de la producción de estos sistemas a partir del día 11 de julio, tan pronto dejaron de funcionar estas dos estaciones de bombeo hasta su puesta en servicio en el mes de Agosto (Estación Taguacita el día 22 de Agosto) y en el mes de Septiembre (Estación 11 el día 6 de Septiembre). El Cuadro 4 no discrimina el volumen de agua que aporta el Tuy III, el cual representa aproximadamente entre el 60% y el 70% de la cantidad de agua que es suministrada a la ciudad capital.

---

## **7.- Lecciones**

Es prematuro aún para determinar en toda su extensión las lecciones que ha dejado este evento natural. Se desea enfatizar aquí, la trascendencia que su evaluación exhaustiva tiene desde el punto de vista preventivo. Esto así, pues las acciones que se incorporan a nivel de diseño en los Proyectos de Ingeniería, como previsión contra los fenómenos naturales, no siempre cubren los efectos de eventos extremos como el aquí descrito.

## **Bibliografía del Anexo G**

HIDROCAPITAL (1997). Información recabada en la Gerencia de Operaciones, Caracas.  
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INM, 1991). Atlas de Imágenes METEOSAT. Publicación B.32 Madrid.  
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INM, 1987). Atlas de Nubes METEOSAT. Publicación B.20 Madrid.  
MASKREY, A. (1993). Los desastres no son naturales. Primera Edición. La Red Colombia.  
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR, 1988) Recopilación de la información hidrometeorológica y determinación de las características generales de la cuenca del río Tuy. Caracas.  
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR, 1996) Banco Nacional de datos de la Dirección de Hidrología y Meteorología. Caracas.

## **Anexo H. Glosario**

**ALUVION:** Depósito de suelo que generalmente está compuesto por gravas, arenas y algunos limos. Los aluvionales son el resultado del arrastre de sedimentos de ríos o corrientes de agua.

**AMENAZA:** Fenómeno natural o provocado por la actividad humana (antrópico), que se torna peligroso para las personas, propiedades, instalaciones y para el medio ambiente.

**ANALISIS DE VULNERABILIDAD:** Proceso que se realiza para determinar los componentes críticos de los sistemas y de esta manera poder establecer las medidas de mitigación ante las amenazas.

**ARCILLA PRECONSOLIDADA:** Arcilla que en el pasado geológico fue sometida a una carga mayor a la carga que soporta en la actualidad.

**BUZAMIENTO:** Inclinación de la recta de máxima pendiente de un estrato con respecto a un plano horizontal.

**CAPACIDAD OPERATIVA:** Capacidad para la cual fue diseñado el componente o sistema.

**CAÑO:** Canal angosto por donde circula una corriente de agua en forma intermitente.

**CARGA:** Máxima altura de bombeo de una estación de bombeo

**COMPONENTE:** Parte discreta de un sistema capaz de operar independientemente, pero diseñado, construido y operado como parte integral del sistema.

**CONFIABILIDAD:** Complemento de la probabilidad de falla de un componente o sistema.

**DEPOSITO COLUVIAL:** Depósito de suelo formado al pié de una montaña o ladera producto del desprendimiento o arrastre de material de la montaña o ladera.

**DESASTRE:** Manifestación de un fenómeno natural o antrópico que se presenta en un espacio y tiempo limitado, y que causa situaciones de emergencia que exceden la capacidad de respuesta.

**DIACLASA:** Fractura sin desplazamiento presente en macizos rocosos.

**EMERGENCIA:** Situación inesperada que se presenta por el efecto de una amenaza.

**ESTADO DE EMERGENCIA:** Situación declarada ante la inminencia del efecto de una amenaza o después que ésta ha ocurrido.