



GESTION OPERATIVA DE LA EMERGENCIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE GENERADA POR LAS INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE DURAZNO EN MAYO/2007

Autores: Ing. Raúl Montero⁽¹⁾ Ing. Daniel García⁽²⁾

(1) OSE Jefatura Técnica Departamental Durazno.

(2) OSE Jefatura de Apoyo Técnico Gerencia Regional Oeste.

Dirección⁽¹⁾:

Calle: Arrospide N° 685

Ciudad: Durazno

Uruguay

CP: 97000

Tel: 598 (36) 22738

Fax: 598 (36) 22419

e-mail: rmontero@ose.com.uy

1- Generalidades

En el mes de mayo de 2007, OSE debió afrontar una situación de emergencia sin precedentes en el suministro de agua potable a la ciudad Durazno como consecuencia de las graves inundaciones que sufrieron algunas zonas del País y que configuraron una emergencia a nivel nacional, causando daños en las instalaciones de infraestructura públicas así como la evacuación de muchos habitantes de sus viviendas.

La ciudad de Durazno tiene una población de 35.000 habitantes y cuenta con 12.000 conexiones de agua potable, ubicándose en las márgenes del Río Yi afluente a la cuenca del Río Negro.

Las fuertes lluvias caídas en ese período produjeron caudales de escorrentía que llevaron los niveles de agua de los cursos a cotas muy superiores a las normales, produciéndose en el caso del río Yi registros de altura de agua superiores a los del año 1959, una de las mayores crecientes conocidas en el País. En el caso de Durazno, la cota máxima del año 1959 fue de 12,25 m mientras que en este caso llegó al valor de 12,95 m.

Esto produjo que el agua ingresara a las instalaciones de la usina de tratamiento de agua potable de OSE, inundando gran parte del área de operación de la misma perjudicando las tareas de operación, habiéndose realizado un tratamiento y bombeo de emergencia primero llegándose finalmente a la situación de interrupción del abastecimiento desde la Usina durante tres días.

En el período comprendido entre el 7/05/07 y el 14/05/07, el Organismo debió realizar un abastecimiento de emergencia en esta ciudad, mediante el reparto de agua potable con camiones cisterna, complementado con otros aportes de abastecimientos particulares de la zona a cargo del Comité de Emergencia.

Por otra parte, a efectos de resguardar la seguridad sanitaria de la población, OSE debió recomendar en el período el uso restringido del agua distribuída por tuberías, debido a las limitaciones en la calidad de la misma causadas por deficiencia en el tratamiento debido a las malas condiciones de operación, y al haberse inundado gran parte de la red de distribución.

Durante la emergencia se debieron afrontar trabajos de urgencia en la Usina de potabilización a efectos de controlar el ingreso de agua de crecida, así como operar los sistemas de tratamiento y bombeo en situaciones límite de exigencia de los recursos materiales y humanos, a la vez que se realizaba el abastecimiento de emergencia a la población.

No se habían registrado antecedentes similares en esta ciudad, lográndose mantener el suministro de agua a la población en cuanto fue posible.



2- Cronología

Día	Situación
Lunes 7/5	El agua del Río Yi alcanza el nivel de los taludes de tierra que rodean la Usina. Se comienzan a instalar defensas de bolsas de arena y se instalan bombas de achique en la cubierta del pozo de agua filtrada y patio exterior. El río sube en forma permanente a razón de 3 cm por hora. Se comienza el desarme de tableros eléctricos.
Martes 8/5	A las 4 hs. El agua ingresa a las cámaras de conexiones eléctricas de las bombas elevadoras, siendo imposible continuar con la operación de la Usina. Comienza la operativa de reparto de agua potable mediante camiones cisterna. OSE comunica a la población que debe realizarse un uso limitado por la calidad del agua distribuída, recomendándose el hervido de la misma para consumos e higiene directos.
Miércoles 9/5	El agua llega al máximo nivel. Se inunda el local contiguo a la Usina de las oficinas técnicas. Se comienza a repartir tarrinas de 50 y 200 lts. para acopio de agua a Instituciones. Se comienza un reparto de hipoclorito de sodio en botellas de 1 lt. y a granel para desinfección de alimentos y otros usos.
Jueves 10/5	A mediodía se puede ingresar a la Usina. En la tarde se logra poner nuevamente en funcionamiento.
Domingo 14/5	Se termina de normalizar el funcionamiento. Se lavan los filtros, decantadores, etc.
Miércoles 16/5	OSE comunica el levantamiento de las medidas restrictivas de uso del agua.

3- Características de la cuenca del Río Yi- Perfil ciudad de Durazno

A continuación, se establecen los datos morfológicos de la cuenca del Río Yi analizados en el perfil de la ciudad de Durazno.



Cierre: Estación Durazno (125.1)

Cauce: Río Yí

Período	
Desde	Hasta
1970	1999

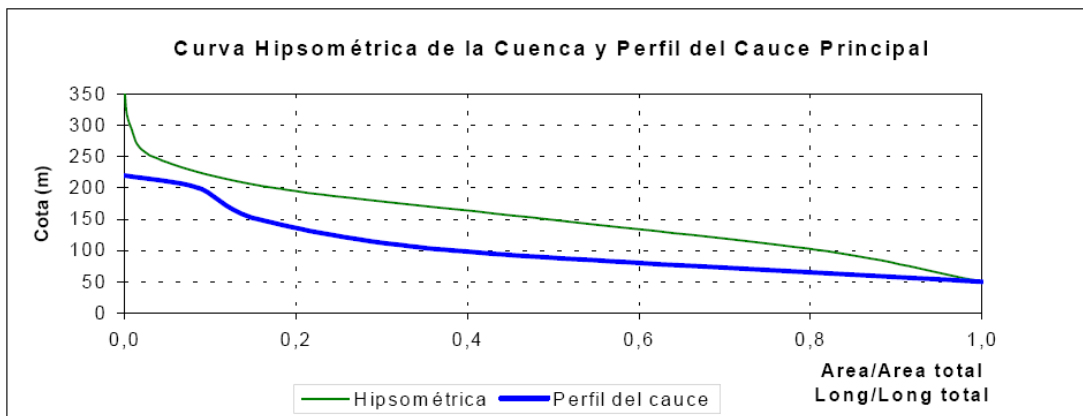
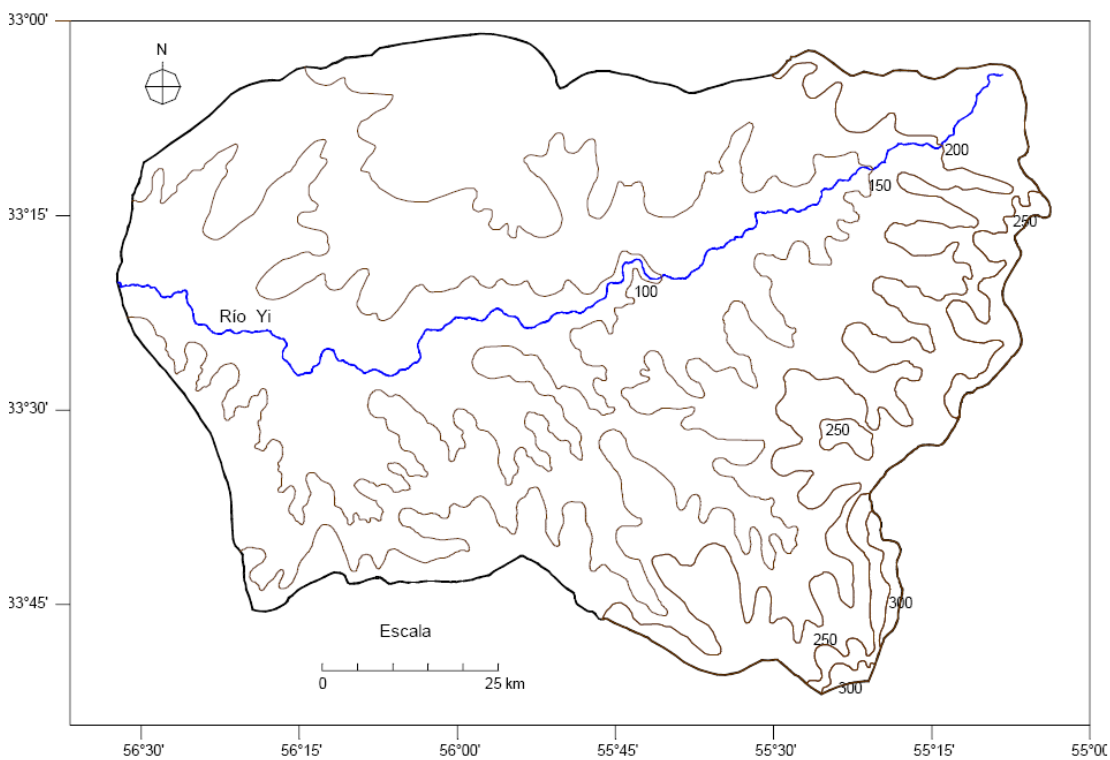
Latitud	Longitud
S	W
33°22'	56°31'

Morfología de la cuenca

Area (km ²)	IC	L _{cauce} (km)	P _{cauce} (%)	P _{cuenca} (%)	Altura media (m)
8750	1.2	177	0.10	0.96	149

Escorrentamiento medio

Q específico (l/s/km ²)	C _{escorrentía}
15.6	0.39





Tiempo de concentración de la cuenca: Considerando la expresión dada por “California Culverts Practice-1942” se puede estimar el tiempo de concentración

$$t_c = (11.9 L^3/H)^{0.385}$$

L= longitud del curso de agua más largo (mi)

H= diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)

En este caso, obtenemos un $t_c = 2$ días.



AJUSTE SEGUN WEIBULL III

Nivel máximo anual (m)

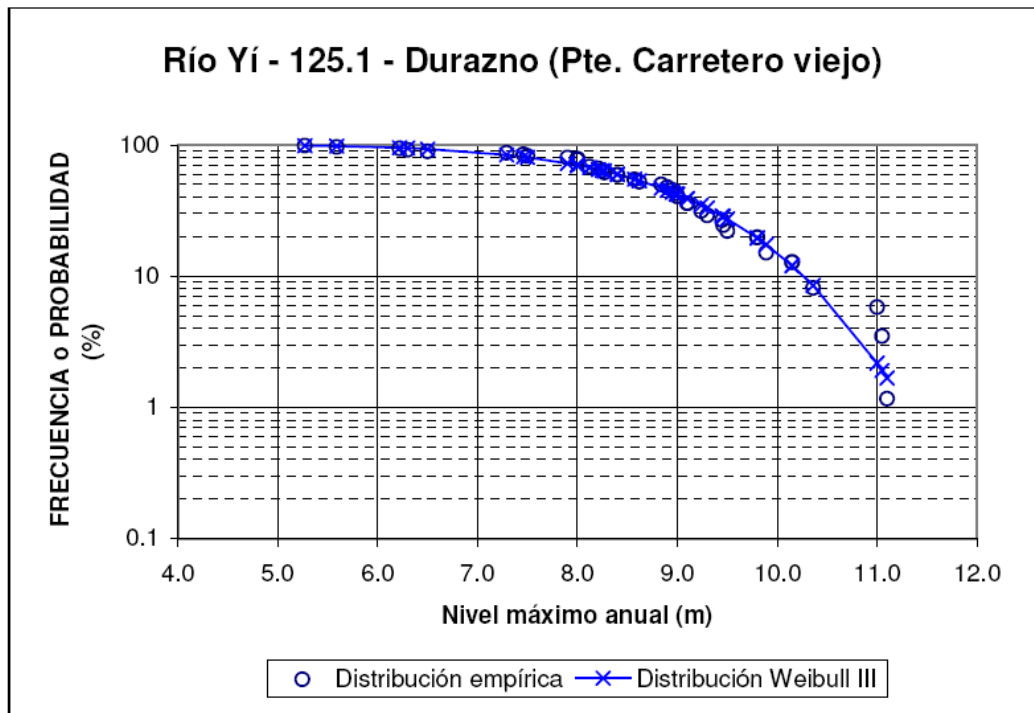
Período: 1963 - 2006

125.1 - Durazno (Pte. Carretero viejo)

VALOR m	P(x) %	T años	RIESGO (%) PARA n ANOS			
			5	10	30	50
11.25	1.10	91.21	5.36	10.44	28.16	42.38
10.93	2.62	38.17	12.43	23.32	54.91	73.49
10.60	5.40	18.50	24.25	42.63	81.11	93.78
10.28	9.83	10.18	40.38	64.46	95.51	99.43
9.95	16.05	6.23	58.31	82.62	99.47	99.98
9.63	23.93	4.18	74.53	93.51	99.97	100.00
9.30	33.05	3.03	86.55	98.19	100.00	100.00
8.98	42.82	2.34	93.89	99.63	100.00	100.00
8.65	52.58	1.90	97.60	99.94	100.00	100.00
8.33	61.80	1.62	99.19	99.99	100.00	100.00
8.00	70.08	1.43	99.76	100.00	100.00	100.00

P(x) - probabilidad
T - período de retorno

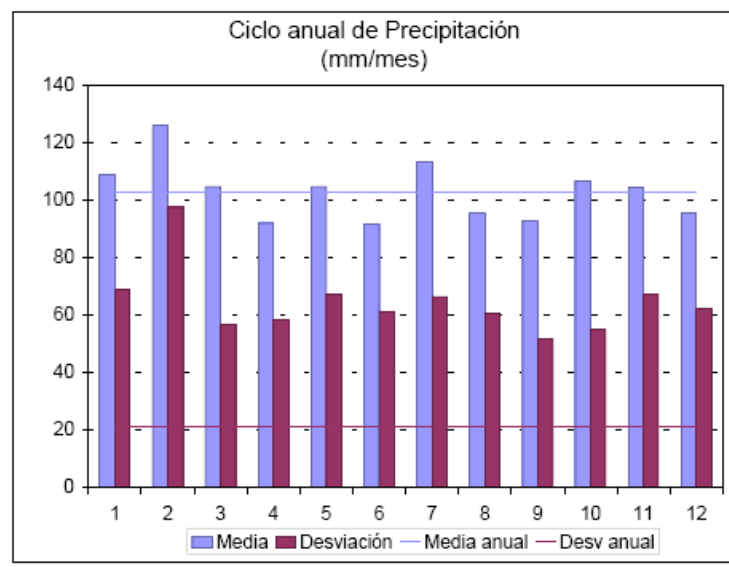
Cero de escala: 61.97 Wharton
Área de cuenca: 8884 km²



4- Datos pluviométricos y niveles de escorrentía

Valores de precipitación:

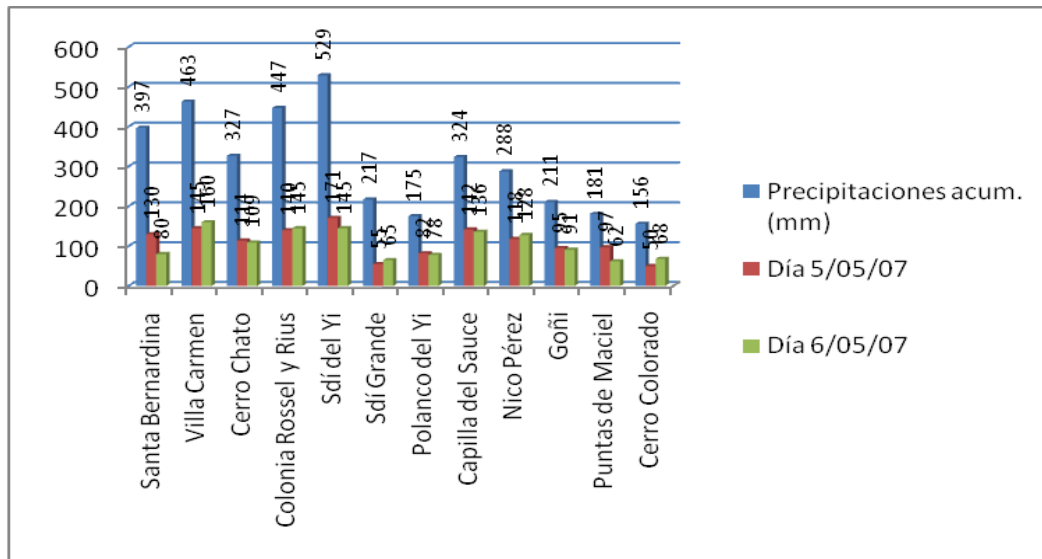
En el siguiente gráfico se tienen datos estadísticos de las precipitaciones en la cuenca del Río Yi.



En el período de lluvias inmediatamente anterior y durante a la inundación registrada, se analizaron los datos disponibles de alturas pluviométricas medidas en distintas estaciones ubicadas en la cuenca. En el siguiente Cuadro se establecen los valores registrados, que indican la magnitud de las lluvias extraordinarias caídas en el período acumulado de 13 días.

La media de estos registros supera en un 170 % la media anual de la cuenca.

Ubicación pluviómetro	Precipitaciones acum. Período 25/04/07-7/05/07 (mm)	Día 5/05/07 (mm)	Día 6/05/07 (mm)
Santa Bernardina	397	130	80
Villa Carmen	463	145	160
Cerro Chato	327	114	109
Colonia Rossel y Rius	447	140	145
SdÍ del Yi	529	171	145
SdÍ Grande	217	55	65
Polanco del Yi	175	82	78
Capilla del Sauce	324	142	136
Nico Pérez	288	118	128
Goñi	211	95	91
Puntas de Maciel	181	97	62
Cerro Colorado	156	50	68



Valores de niveles de escorrentía

Se muestran a continuación, los datos disponibles de los valores estadísticos del Río Yi en el perfil señalado.

Se grafica la curva frecuencias y niveles, el hidrograma registrado de la avenida, así como el Cuadro de valores calculados de niveles-períodos de recurrencia y riesgo.

Se aprecia en el último gráfico, el desarrollo de dos tormentas sucesivas, con la segunda de gran intensidad que justifican la crecida extraordinaria, habiéndose superado en el evento el nivel estadístico calculado para el período de retorno de 100 años (nivel 11,25m).

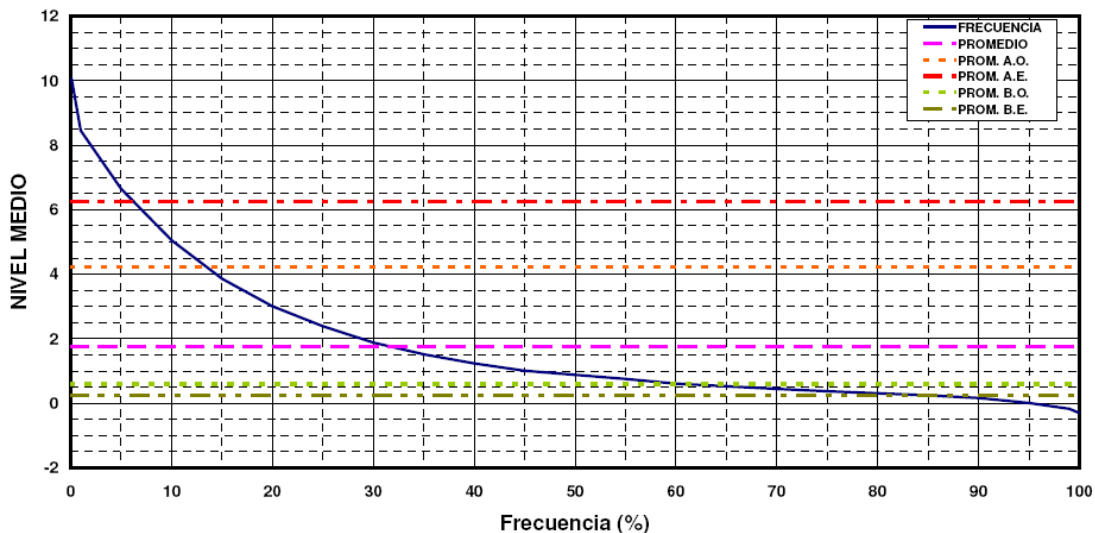


FRECUENCIAS DE DATOS DIARIOS

NIVEL MEDIO
PERÍODO: 1962 - 2007

Estación: 125.1 Durazno (Pte. Carretero viejo)
Curso: Río Yí
Cuenca: Río Negro

Cero de escala: 61.97 Wharton
Área de cuenca: 8884 km²



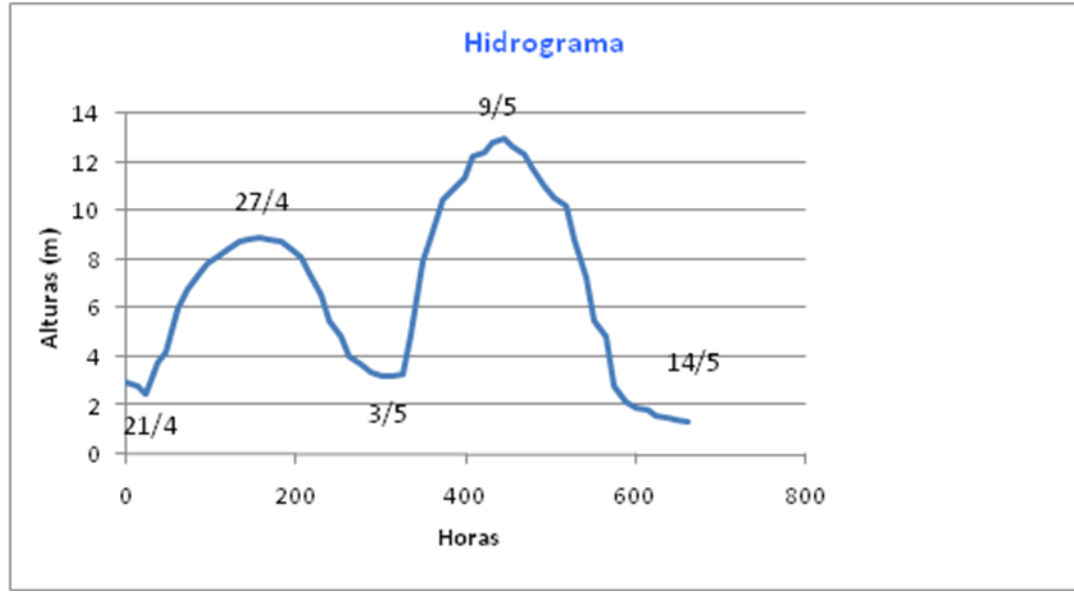
Promedio (m):	1.75		Promedio Altas Ordinarias:	4.24	(*)
Máximo promedio diario (m):	12.77	09/05/2007	Promedio Altas Extraordinarias:	6.26	(*)
Mínimo promedio diario (m):	-0.30	03/04/2000	Promedio Bajas Ordinarias:	0.60	
			Promedio Bajas Extraordinarias:	0.26	

Frecuencia(%)	Nivel (m)
0.1	10.06
1	8.46
5	6.65
10	5.05
15	3.86
20	3.01
25	2.39
30	1.88
35	1.52
40	1.23
45	1.01
50	0.88

Frecuencia(%)	Nivel (m)
55	0.75
60	0.61
65	0.53
70	0.44
75	0.37
80	0.31
85	0.24
90	0.16
95	0.01
99	-0.17
99.9	-0.29

(*) **Art. 36 del Código de Aguas:**

- 1) Se determinará el nivel medio de las aguas, tomando al efecto períodos de observación no menores de doce años.
- 2) Se fijará el promedio de altas aguas ordinarias, que corresponderá al promedio de todas las alturas de aguas que sobrepasen el nivel medio.
- 3) El promedio de todas las alturas de aguas que sobrepasen la altura determinada de acuerdo con el numeral 2º corresponderá al promedio de las crecidas extraordinarias.



5- Recursos disponibles

Durante la emergencia, se dispuso de los siguientes recursos:

- Recursos humanos
 - Supervisores, mecánico 3
 - Personal de Usina. 2 por turno
 - Cuadrilla 15
- Vehículos, equipos y herramientas
 - 1 Retroexcavadora
 - 4 camionetas
 - 1 camión
 - 6 bombas de barros de 2.7 KW
 - 2 bombas de barros de 7.5 KW
 - 1 bomba sumergible de 55 KW
- Proveedores externos
 - Proveedores de arena y tierra para ataguías (Intendencia Municipal de Durazno y empresas privadas)
 - Empresa de Montajes eléctricos
 - Empresa de montajes electromecánicos
 - 1 Operador buzo (operación sumergida)

6- Operativa de defensa de local y predio de Usina

- Debieron afrontarse las siguientes tareas en forma inmediata:
 - Cierre de talud con ataguía de tierra.
 - Tapado provisorio de los desagües.
 - Colocación de bombas de achique en salas de operación, patios, cubierta de pozo de agua filtrada, etc.
 - Construcción de ataguías con bolsas con arena en el perímetro inundado.



Desmontaje y retiro de motor electrobomba de lavado de filtros (instalada en piso inferior)

- Consideración de riesgos y manejo de los mismos

Riesgos sanitarios.

Operación limitada de la filtración debido a lavado defectuoso de las unidades (desagües inundados).

Imposibilidad de operación de filtrado al desagüe.

Entrada por infiltración de agua cruda al depósito de agua filtrada por cubierta superior del mismo

Riesgos operativos.

Zonas de contacto de instalaciones eléctricas con el agua ingresada.

Trabajo en condiciones extremas con importantes niveles de estrés y fatiga.

Necesidad de atravesar gran parte del río (600 m) cada vez que era necesario poner en marcha la bomba proveedora de agua bruta.

Medidas paliativas asociadas.

Comunicado a la población estableciendo restricciones al uso del agua y sugiriendo medidas de desinfección para su consumo e higiene.

Aumento significativo de dosis aplicada de Cloro.

Achique de agua del río sobre cubierta de depósito mediante bombas.

Presencia permanente de supervisores y personal con experiencia.

Mantenimiento de la unidad de mando

Impedimento de ingreso de personas ajenas a los trabajos y al predio.

Acompañamiento de personal especializado de bomberos durante las travesías del río con los dispositivos de seguridad correspondientes.

- Tratamiento y bombeo en situación de emergencia extrema

Durante el período indicado se llevaron a cabo las siguientes tareas.

Dosificación de cloro hasta obtener un residual de cloro libre entre 2.5 y 3 ppm

Achique de agua en pozo de agua filtrada y patio próximo a galería de filtros.

Refuerzo permanente de ataguías.

Instrumentación de un procedimiento de lavado de filtros en cadena, mediante desbordes sucesivos del agua de lavado.

Operación de las llaves de maniobra de la planta modular UPA 2000 bajo aguas mediante un buzo especializado.

Dosificación de sulfato de alúmina en la UPA con un tanque superior ante el desmantelamiento de los equipos de dosificación por bombeo.

Desmantelamiento de tableros de elevadoras (se comenzó por el de reserva), a los efectos de preservarlos para el reinicio (cuando se toma esta decisión ya parecía inminente que el nivel iba a superar las partes vitales del mismo).

7- Operativa de emergencia en el abastecimiento a la población

- Determinación de prioridades de la demanda de emergencia

Se analizaron y determinaron, considerando los distintos factores de riesgo, los siguientes puntos de la ciudad a atender en forma prioritaria.

Hospital

Sanatorio

Centro de Diálisis

Policlínicas

Laboratorio clínico



Centro de elaboración de comidas para evacuados

Centros de alojamiento de evacuados

Se destaca que los centros de enseñanza no funcionaron durante los días de referencia. Incluso en las escuelas se comenzaron a dictar clases nuevamente cuando se liberó el uso del agua.

- Posibilidades de abastecimiento alternativas

Se consideraron las siguientes alternativas de abastecimiento:

- Perforaciones existentes en la zona.
- Usina potabilizadora de agua de Frigorífico Durazno (100 m³/h)
- Camiones Cisternas abastecidos por servicios de OSE cercanos.

Evaluación.

1. Las perforaciones ubicadas erogaron caudales muy pequeños para la demanda de la ciudad en la hipótesis de mantener la red funcionando. Además el tiempo necesario para ejecutar las obras de interconexión se estimaba mayor que el tiempo en que la usina iba a estar inundada. Esta solución es adecuada para abastecimientos zonales de emergencia.
2. Se consideró la posibilidad de conectar a la red la usina del frigorífico, la cual es capaz de erogarse unos 100 m³ por hora. Se desechó esa idea porque la posible tubería a empalmar era de un diámetro insuficiente y era imposible construir una tubería en paralelo ya que la zona estaba inundada.
3. Se evaluó la disponibilidad de camiones en la zona en forma inmediata obteniendo un resultado aceptable, considerando que es un recurso limitado en el país para el transporte de agua potable.

- Soluciones adoptadas.

Se optó por cubrir la demanda mediante camiones cisterna. A esos efectos se contó con las siguientes fuentes:

- Usina de Trinidad. (distante 30 km)
- Perforaciones municipales
- Usina Frigorífico

Además se contó con la colaboración de vecinos que suministraron agua de perforaciones particulares (4)

- Organización para el reparto de agua

Se contó con los siguientes recursos:

- 2 camiones cisterna de OSE de 25.000 y 30.000 litros
- 3 camiones cisterna contratados por OSE
- Camión Fuerza aérea
- Camión Ejército
- Camión Intendencia
- Tres tanques fijos ubicados en barrios alejados.
- Tarrinas y tanques de 500 y 1000 litros ubicados en hospital, sanatorios, comedores (recordar que había unos 6.000 evacuados, 4.500 de ellos ubicados en lugares proporcionados por el comité de emergencia y alimentados por esa organización).

La distribución se realizó en base a los siguientes criterios:

1. Se dividió el centro de la ciudad en cuatro sectores y a cada uno de ellos se afectó un camión de los cinco disponibles.
2. El camión restante cubría demandas extras (edificios, llenaba tanques fijos, reforzaba zonas insatisfechas, hospital, sanatorio, policlínicas, etc).
3. El Barrio Santa Bernardina fue atendido por Fuerza Aérea. El agua fue suministrada por el Frigorífico.



4. El Ejército se encargó de los barrios ubicados al este de calle Maciel (barrios Hipódromo, La Cantera, Vista Linda, La Loma, Sandú y Moroni) con agua del Frigorífico.
5. La Intendencia se ocupó del comedor de los evacuados y de los barrios de COBUSU (al oeste de vía férrea y Durán), con agua de perforaciones del parque de la Hispanidad.

Los camiones dependientes de OSE tenían uno o dos funcionarios de Servicios exteriores (siete) que oficiaban de guías y además organizaban y facilitaban la distribución. La coordinación de esta operativa estaba a cargo de un funcionario de SSEE que centralizaba la información a través de celulares, ya que la red básica telefónica de la zona fue afectada por la inundación.

Se destaca además como factor importante para cubrir la demanda la colaboración de particulares que pusieron a la orden de los vecinos de su barrio perforaciones y montaron dispositivos de distribución en forma desinteresada. En el mismo sentido se constató la presencia de camiones tanque particulares que colaboraron en forma espontánea.

- Información a la población sobre la emergencia, control de los riesgos sanitarios. Medidas paliativas.
 - Comunicado de OSE a la población estableciendo restricciones al uso del agua suministrada.
 - Reparto de folletos informativos sobre lavado y desinfección de alimentos, utensilios y tanques.
 - Contacto permanente con el Comité de emergencia, el cual estaba integrado por autoridades municipales, autoridades departamentales de salud, enseñanza, Policía, Bomberos, Ejército, Fuerza Aérea y Empresas del Estado.

8- Puesta en operación de sistema de abastecimiento

- Usina
 - El día Jueves 10 comenzaron las siguientes tareas tendientes a la puesta en marcha de la Usina.

Limpieza general de la planta.

Rehabilitación de sub estación de UTE

Armado de los tableros de elevadoras.

Puesta en marcha de Bombas Proveedoras

Armado y puesta a punto de Equipos dosificadores

Se mantuvo la Usina a caudales controlados a los efectos de minimizar roturas de red por acumulación de aire en las tuberías. Debe tenerse en cuenta también que muchos km de red eran inaccesibles por estar sumergidos.

- Red de distribución
 - Simultáneamente a la puesta en marcha de la Usina comenzaron las tareas de manejo de la red

Apertura de hidrantes

Reparación de roturas

Monitoreo de turbiedad y cloro residual en diversos puntos de la red

Realización de análisis bacteriológicos preventivos (ATP)

Realización de 30 análisis bacteriológicos en agua de la red, todos con resultado Aceptable.

9- Conclusiones y comentarios

En la emergencia, la Empresa debió priorizar alternativas y adoptar decisiones urgentes con la consigna permanente de optar entre suspender definitivamente el suministro a la población, o continuar el mismo consciente de los riesgos inherentes a la calidad limitada del agua elevada a la red.

En todo momento, debieron enfrentarse riesgos que podían afectar la integridad física de las personas, así como probables perjuicios en las instalaciones.

Efectuado un análisis sobre las posibilidades alternativas de abastecimiento en el caso de una ciudad del porte de Durazno, se concluye que los recursos disponibles en el País hacen muy difícil mantener un



abastecimiento alternativo equivalente al normal, debiéndose ajustar el mismo a las condiciones de emergencia.

Asimismo, se debe tomar en cuenta que si bien en este caso pudo superarse el evento minimizando los perjuicios a la población, en caso de un fenómeno de duración más prolongada deberán tomarse otras medidas adicionales en acuerdo con las autoridades y la población afectada, así como apelar a otros recursos técnicos y económicos.

Se evalúa como fundamental asegurar los mecanismos de comunicación con la población y autoridades involucradas, que favorece la comprensión adecuada de las dificultades enfrentadas, limitación de los niveles de alarma y aprovechamiento de la voluntad de colaboración en general.

Consultado el cuerpo médico de la ciudad, se confirma que no existieron reportes de aumento de casos de enfermedades de transmisión hídrica en el período señalado, lo que estaría respaldando el resultado de la operativa realizada.

Creemos que es muy relevante al momento de enfrentar situaciones similares imprevisibles, contar con un recurso humano entrenado, con capacidad de involucramiento y con el “oficio” desarrollado a través del tiempo en el que se ha brindado un servicio de suministro de agua potable ininterrumpido y de buena calidad.

Bibliografía y fuentes de información:

- 1) “Hidrología aplicada” Ven Te Chow 1994
- 2) “Balances hídricos superficiales en cuencas del Uruguay” UDELAR (FING –IMFIA) - MTOP (DNH)
- 3) “Curvas de recurrencia niveles del Río Yi” MTOP – DNH
- 4) Hidrograma Río Yi en Durazno-período abril-mayo/2007. MTOP - DNH
- 5) Datos pluviométricos período abril-mayo/2007. MI – Jefaturas de Policía de Durazno y Florida
- 6) Datos inundaciones ciudad de Durazno/2007. Jefatura Técnica de Durazno- GRO