



EVALUACIÓN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE SEMICONTENCIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS DEL ÁREA GESTIÓN EZEIZA

ESCENARIO DE DISRUPCIÓN POR INUNDACIÓN

Tangir, D., Del Carmen, A. y Perri, M.

PROGRAMA NACIONAL GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS
Sección Evaluación y Planificación Ambiental



EVALUACIÓN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE SEMICONTENCIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS DEL ÁREA GESTIÓN EZEIZA



La Evaluación de Seguridad de los Sistemas de Semicontención de Residuos Radiactivos Sólidos (trincheras N^a 1 y N^o 2) se realizó para valorar si estos sistemas son seguros en la actualidad y si eventuales eventos o procesos disruptivos tendrían o no un impacto radiológico significativo.

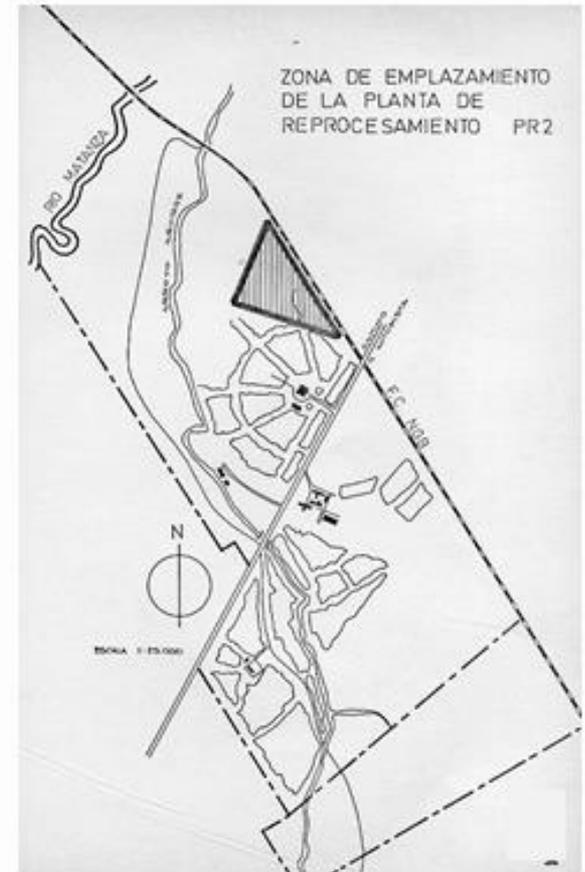
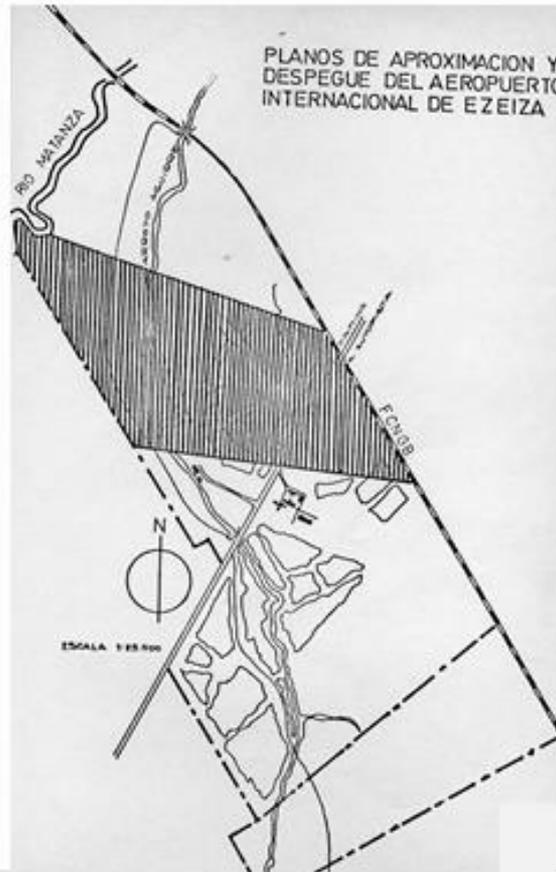
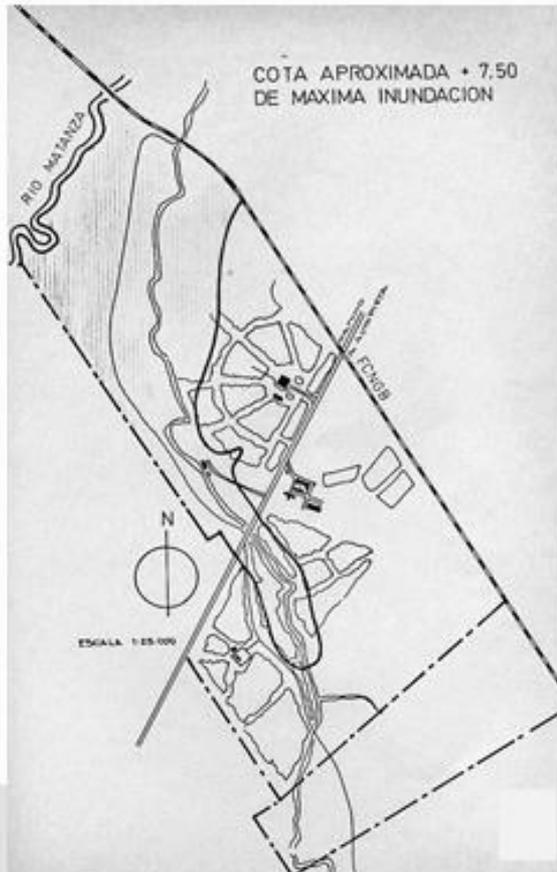
Se plantearon diversas situaciones potenciales que podrían provocar liberación de radionucleidos desde estos sistemas.

De su análisis se seleccionaron los escenarios más probables para el AGE:

- Disrupción de las trincheras por inundación
- Disrupción de las trincheras por caída de avión.



CNEA, 1972. Determinación de zona para el emplazamiento de la Planta de Reprocesamiento PR-2



Sistemas de Semicontención de Residuos Radiactivos Sólidos (Trincheras N° 1 y N° 2)





Vista satelital de las trincheras y el arroyo Aguirre



ESCENARIO DE INUNDACIÓN

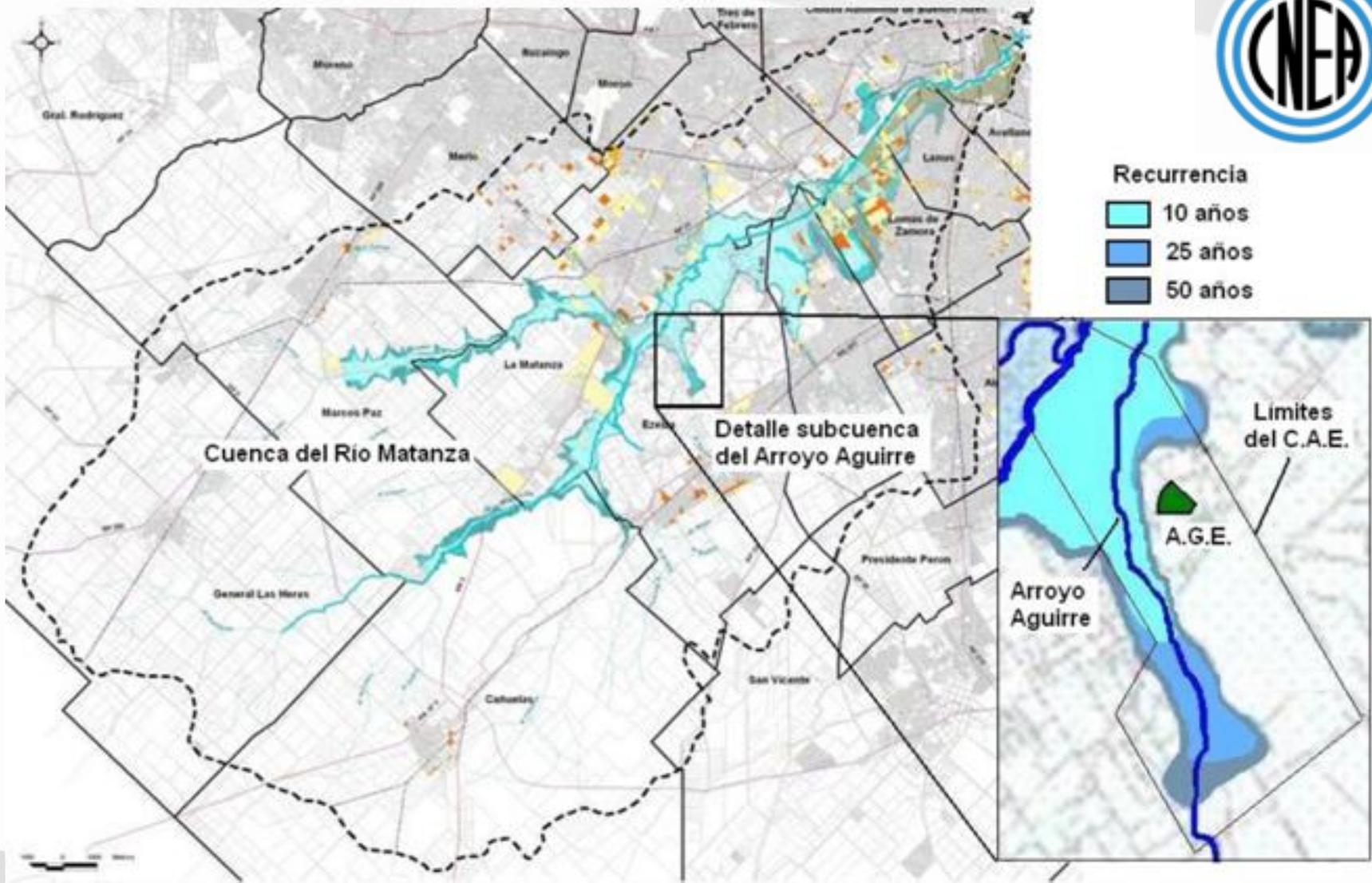


El escenario de interrupción por inundación consiste en una eventual crecida del arroyo Aguirre que podría alcanzar a las trincheras de residuos radiactivos sólidos provocando la degradación de la cubierta y la disolución de radionucleidos.



Inundación del arroyo Aguirre
(30/10/2012)
en el puente de guardería del CAE

Mapa de riesgo de inundación de la cuenca del río Matanza



Se observa en el detalle que el AGE no es afectado por ninguna crecida del arroyo Aguirre (ni con recurrencia de 50 años), alcanzándose como máximo la cota de 7,5 metros sobre el cero del Riachuelo.

ESCENARIO DE CAÍDA DE AVIÓN



En octubre de 1978, el 707-351B de LAN-Chile se destruyó en la zona de la pista 11/29 de ese aeropuerto tras chocar unos árboles con el fuselaje, cayendo y destruyéndose posteriormente al incendiarse



Los 55 pasajeros y 8 tripulantes alcanzaron a evacuar el avión antes que las llamas lo consumieran

ESCENARIO DE INUNDACIÓN



- Se planteó una creciente hipotética del arroyo Aguirre que cubriría a las trincheras N°1 y N° 2 en su totalidad.
- Se asumió una interrupción de una parte de las cubiertas.
- Un porcentaje de los radionucleidos serían disueltos y transportados por el agua.
- Al producirse la bajante, se dirigirían hacia el arroyo y desde aquí escurrirían hacia un punto ubicado a 2.000 m aguas abajo, fuera del predio del CAE.
- Presencia de un grupo crítico hipotético que consume agua del arroyo.
- Se estimó la concentración de actividad máxima alcanzada en dicho punto y se calculó la dosis total recibida por el grupo crítico debida a la ingestión de agua de bebida.

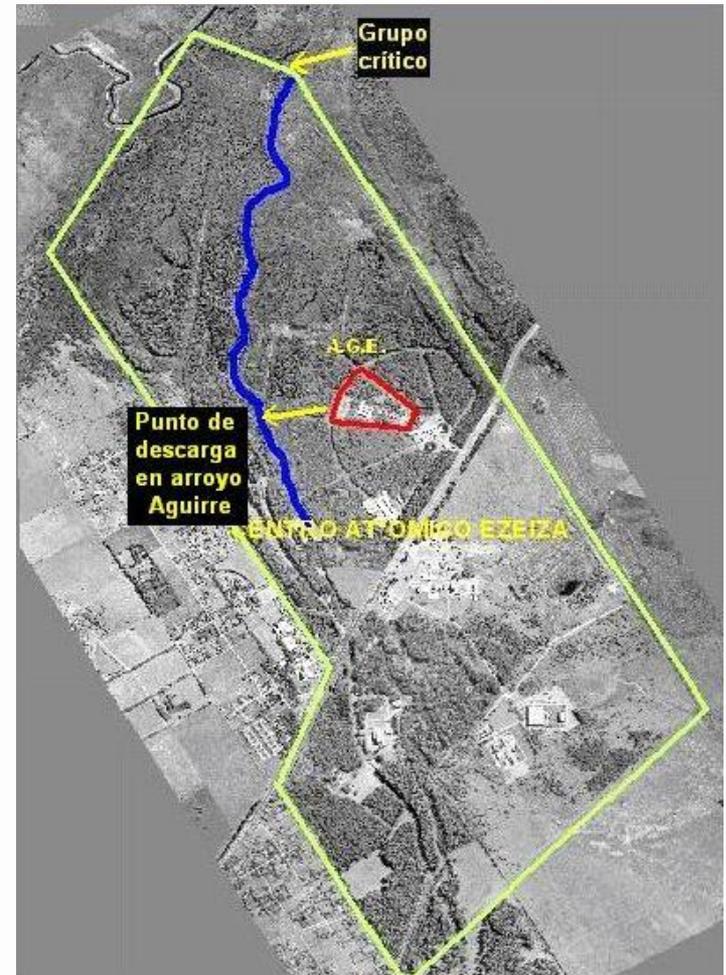


Figura N°1
Ubicación del grupo crítico hipotético

En estudios hidrológicos realizados en el arroyo Aguirre, se establecieron los caudales máximos de crecidas.



Mediante curvas de Intensidad-Duración-Recurrencia de las lluvias, se establecieron los caudales máximos del arroyo Aguirre. Se determinaron hidrogramas de crecidas en los que se representaron los caudales máximos alcanzados en función del tiempo

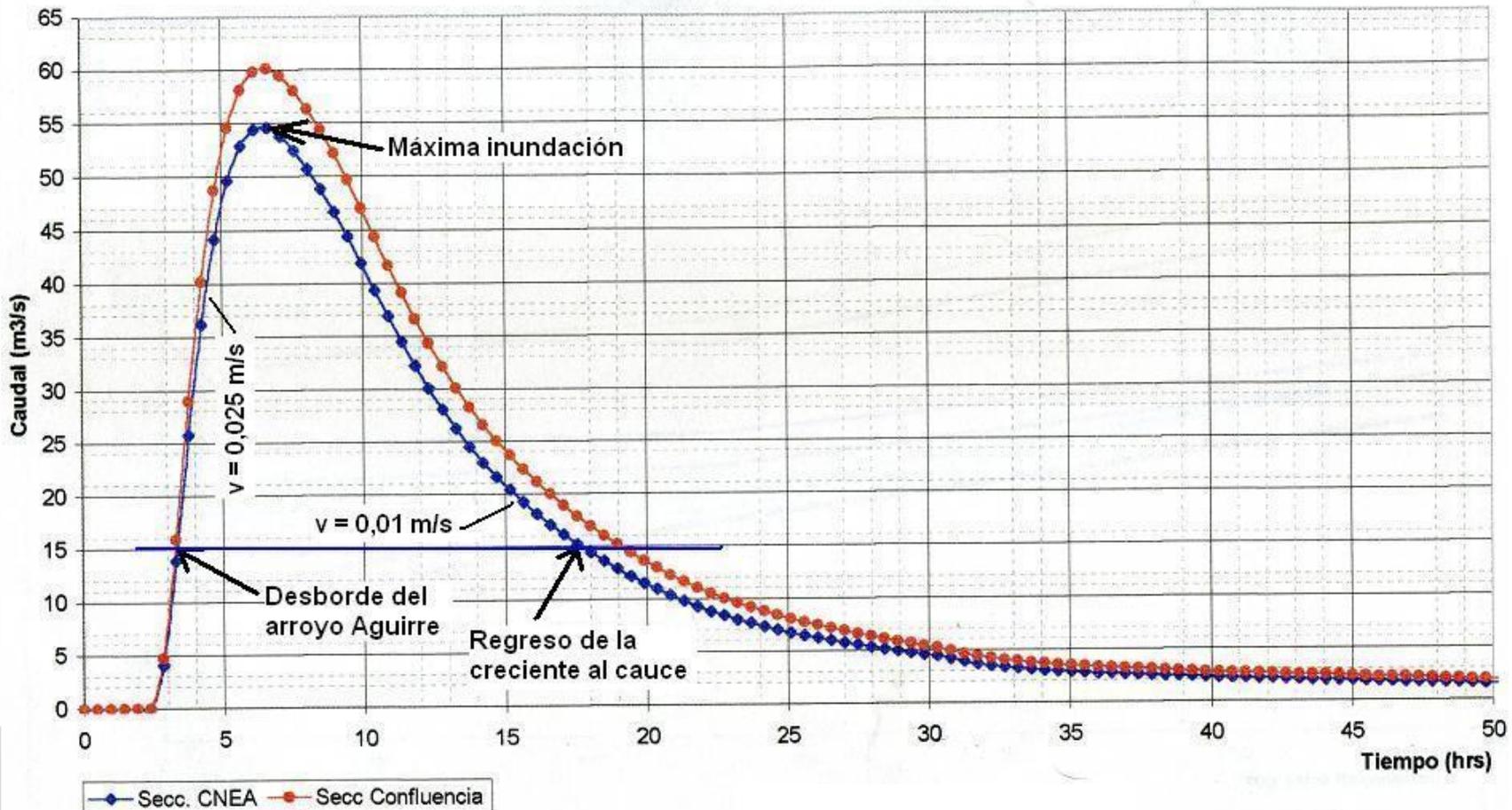


Figura N° 2
Hidrograma del arroyo Aguirre a la altura de CNEA
para una recurrencia de 50 años

La creciente alcanza el caudal máximo en aproximadamente 4 horas desde el desborde y luego se retira hacia el cauce del arroyo en aproximadamente 10 horas



Se estableció una situación hipotética en la que esta inundación máxima alcanzaría la cota de 9 metros sobre el cero del riachuelo cubriendo totalmente a las dos trincheras

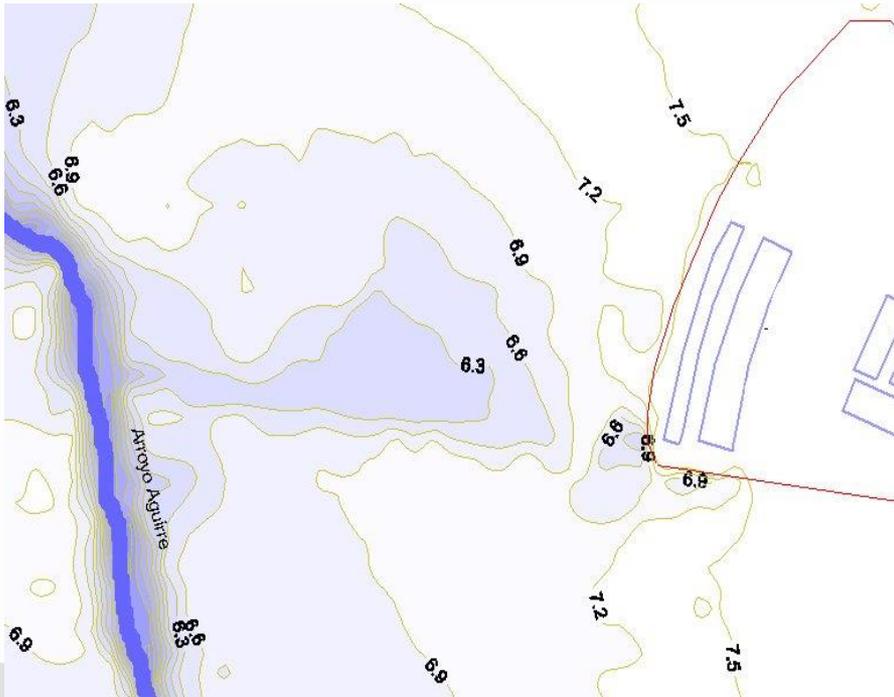


Figura Nº 3

Alcance de la creciente calculada a partir de curvas de Intensidad-Duración-Recurrencia (50 años)

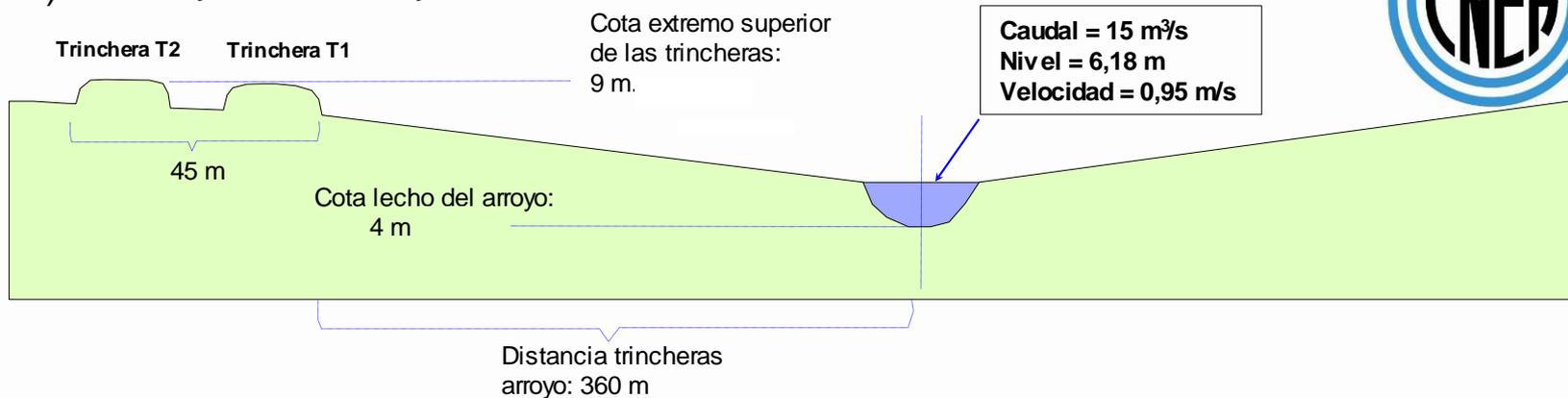


Figura Nº 4

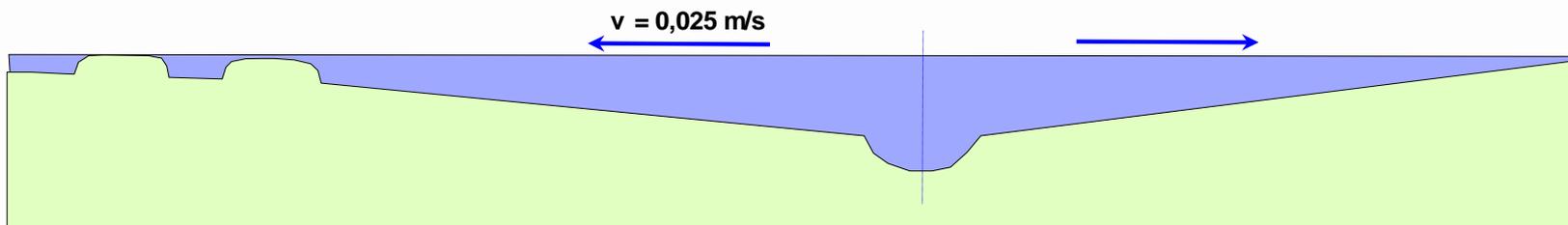
Alcance de la creciente hipotética considerada en este trabajo (cota 9 m sobre el cero del Riachuelo)



A) Creciente y desborde del arroyo



B) Inundación maxima hipotetica (hasta la cota de 9 m
Cubriria las dos trincheras con disolucion de radionucleidos)



C) Inundacion en retroceso (liberacion de radionúcleidos hacia el cauce)

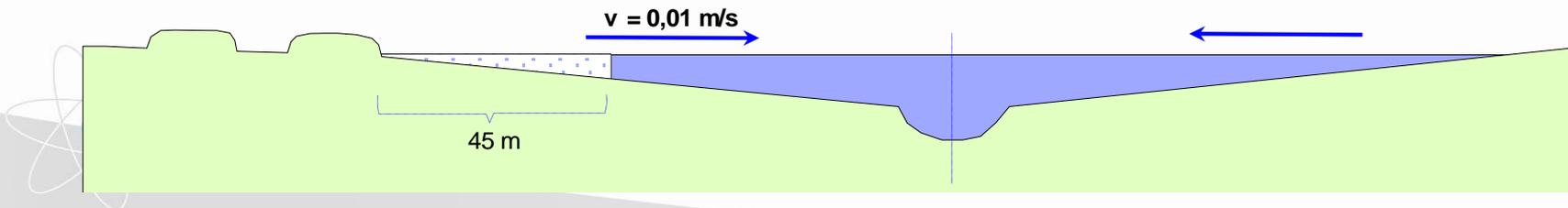


Figura Nº 5

Creciente del arroyo Aguirre, inundación hipotética de las trincheras y transporte de radionucleidos hacia el cauce del arroyo

- Durante el corto lapso (4 hs) en que las trincheras permanecen inundadas, y tratándose de un tipo de creciente laminar de escaso efecto erosivo, las cubiertas de las trincheras no sufrirían una degradación significativa que permita al agua tomar contacto con los tambores



- Conservativamente se estimó que las cubiertas de las trincheras fueron degradadas en un 20% por el efecto del agua de inundación (un 20% de los tambores ha sido afectado).
- Solo una fracción del inventario de estos tambores sería afectado dependiendo de su **estado de degradación** en el momento del contacto con el agua.

En un relevamiento de los 1800 tambores que se hallaban descubiertos se clasificaron:

- **No degradados** (conservaban su integridad),
- **Poco degradados** (mostraban alguna corrosión de tipo puntual o rajaduras)
- **Muy degradados** (presentaban su tapa desprendida o parte de su estructura muy degradada lo que permitiría el acceso del agua de inundación).

Se consideró a los tambores muy degradados los únicos que en cuatro horas podrían permitir la entrada de agua, la disolución de sus radionucleidos y su posterior liberación (6% del total).



Este 6 % fue considerado un porcentaje promedio representativo de la totalidad de los tambores muy degradados de ambas trincheras.

Tiempo de duración de la descarga de radionucleidos al arroyo (s)

- Una vez liberados los radionucleidos de los tambores, se los supone distribuidos homogéneamente en la superficie de las dos trincheras (asumida como un rectángulo de 120 m por 45 m).

- Al retroceder la inundación hacia el cauce del arroyo con una velocidad de $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los radionucleidos disueltos son arrastrados y atraviesan el ancho del rectángulo (45 m) en 4.500 s (75 min). Este valor sería la *duración de la descarga* (T_D).

- Conservativamente no se tendrá en cuenta ni la dispersión ni la adsorción a sedimentos suspendidos ni la tasa de sedimentación durante la bajante de la inundación en su transcurso desde las trincheras hasta el cauce del arroyo.



Bajante de la inundación con radionucleidos

$$v = 0,01 \text{ m/s}$$

Tiempo de descarga
 $T_D = 4.500 \text{ s}$

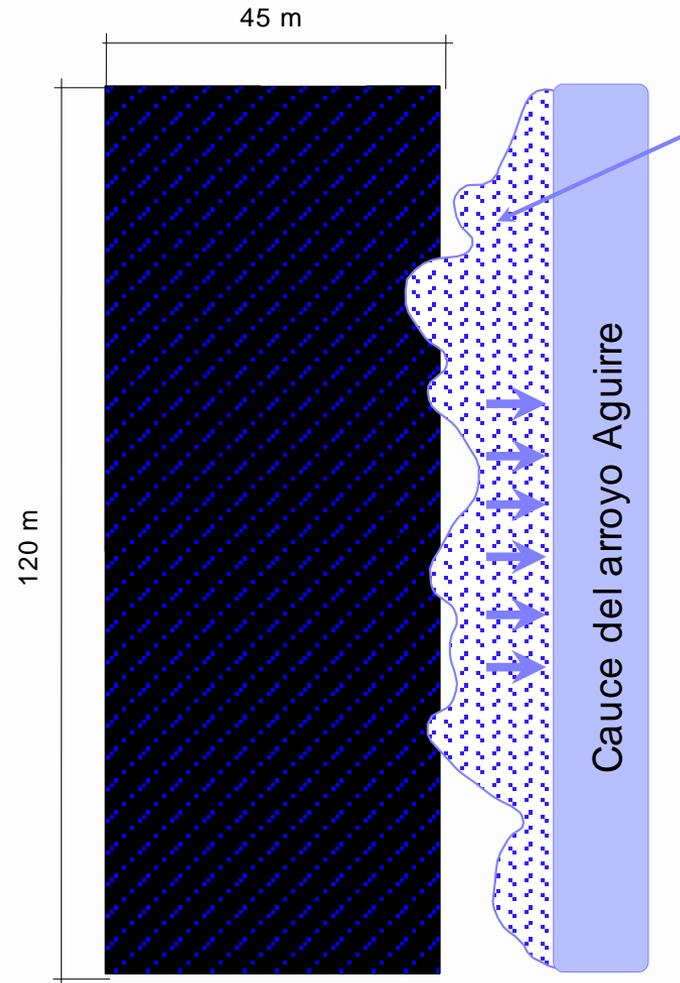


Figura N° 6
Velocidad y tiempo de descarga de los radionucleidos hacia el cauce del arroyo



Modelo del término fuente

Inicialmente se estimó la proporción del inventario total de cada radionucleido que es liberada por el efecto de la inundación.

$$\text{Act}_L = \frac{\text{Act}_T \cdot 0,2 \cdot 0,06}{(\theta + K_d \cdot \rho)} \cdot \exp[-\lambda \cdot t_1]$$

siendo

Act_L	Actividad liberada del radionucleido i [Bq]
Act_T	Actividad total del radionucleido i [Bq]
θ	Porosidad total del backfill [-]
K_d	Coefficiente de distribución del backfill [$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$]
ρ	Densidad del backfill [kg m^{-3}]
λ	Constante de decaimiento del radionucleido [s^{-1}]
t_1	Tiempo que tarda el agua desde el borde de la trinchera hasta el arroyo [s]

En el **Modelo de concentración de actividad**, esta actividad se dividirá por la duración de la descarga lo cual resultará en el valor del término fuente.



Modelo de concentración de actividad



$$C_i(x) \approx \frac{Act_L \cdot 10^{-3}}{Q T_D} \operatorname{erf} \left(\frac{T_D \cdot v}{4 \sqrt{\frac{D \cdot x}{v}}} \right) \exp \left[-\frac{\lambda \cdot x}{v} \right]$$

donde

C_i	Concentración de actividad máxima del radionucleido i a una distancia x del punto de descarga [$\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$]
Act_L	Actividad liberada en el arroyo [Bq]
10^{-3}	Factor que cambia la unidad de concentración de [$\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$] a [$\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$]
Q	Caudal del arroyo [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
erf	Función error
T_D	Duración de la descarga de radionucleidos al arroyo [s]
v	Velocidad del agua del arroyo [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
D	Coefficiente de dispersión [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
x	Distancia entre el punto de descarga y el grupo crítico [m]
λ	Constante de decaimiento del radionucleido [s^{-1}]

La pluma con radionucleidos avanzaría por el arroyo a la velocidad de $0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, recorriendo los 2000 metros desde el punto de descarga en aproximadamente 35'



Modelo dosimétrico

- El grupo crítico consumiría agua del arroyo (2 litros) durante el mismo día en que la concentración de actividad total en el agua es máxima.
 - Esta concentración incluye radionucleidos disueltos y adsorbidos en partículas suspendidas,
- Se calcula la dosis efectiva comprometida total recibida.

$$E_{c_i} = C_i \cdot T_c \cdot FD_i \cdot t_2$$

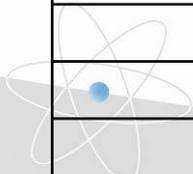
donde

E_{c_i}	Dosis efectiva comprometida [Sv]
C_i	Concentración de actividad máxima [$Bq \cdot L^{-1}$]
T_c	Tasa de consumo de agua [$L \cdot d^{-1}$]
FD_i	Factor dosimétrico de ingestión del radionucleido i [$Sv \cdot Bq^{-1}$]
t_2	Tiempo de consumo de agua de bebida [d]



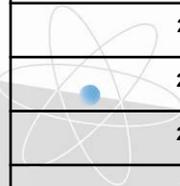


Radionucleido	$C_i(x)$ [Bq.L ⁻¹]	$E_i(\tau)$ (niños < 1 año) [Sv]	$E_i(\tau)$ (adultos) [Sv]
²⁴² Cm	6,39E-18	3,09E-24	1,36E-25
¹³⁴ Cs	2,87E-05	5,29E-13	8,93E-13
⁵⁵ Fe	3,85E-10	2,08E-18	2,08E-19
⁶⁰ Co	2,60E+00	9,96E-08	1,45E-08
³ H	5,78E+05	2,62E-05	1,70E-05
²⁴¹ Pu	4,18E-01	1,63E-08	3,22E-09
²⁴⁴ Cm	1,47E-03	5,63E-09	3,86E-10
⁹⁰ Sr	7,63E-01	1,25E-07	3,50E-08
²⁴³ Cm	4,53E-03	1,96E-08	1,49E-09
¹³⁷ Cs	1,46E+00	2,18E-08	3,11E-08
²³⁸ Pu	7,43E-03	2,06E-08	2,80E-09
⁶³ Ni	4,56E+01	5,18E-08	1,12E-08
²⁴¹ Am	9,42E-03	2,47E-08	3,09E-09
¹⁴ C	5,57E+01	5,53E-08	5,30E-08
²⁴⁰ Pu	4,93E-02	1,44E-07	2,02E-08
⁹⁴ Nb	6,10E-03	6,50E-11	1,70E-11
²³⁹ Pu	5,54E-02	1,61E-07	2,27E-08
⁵⁹ Ni	6,90E-01	3,14E-10	7,13E-11
⁹⁹ Tc	1,67E-01	1,18E-09	1,75E-10
³⁶ Cl	1,56E-01	1,08E-09	2,38E-10





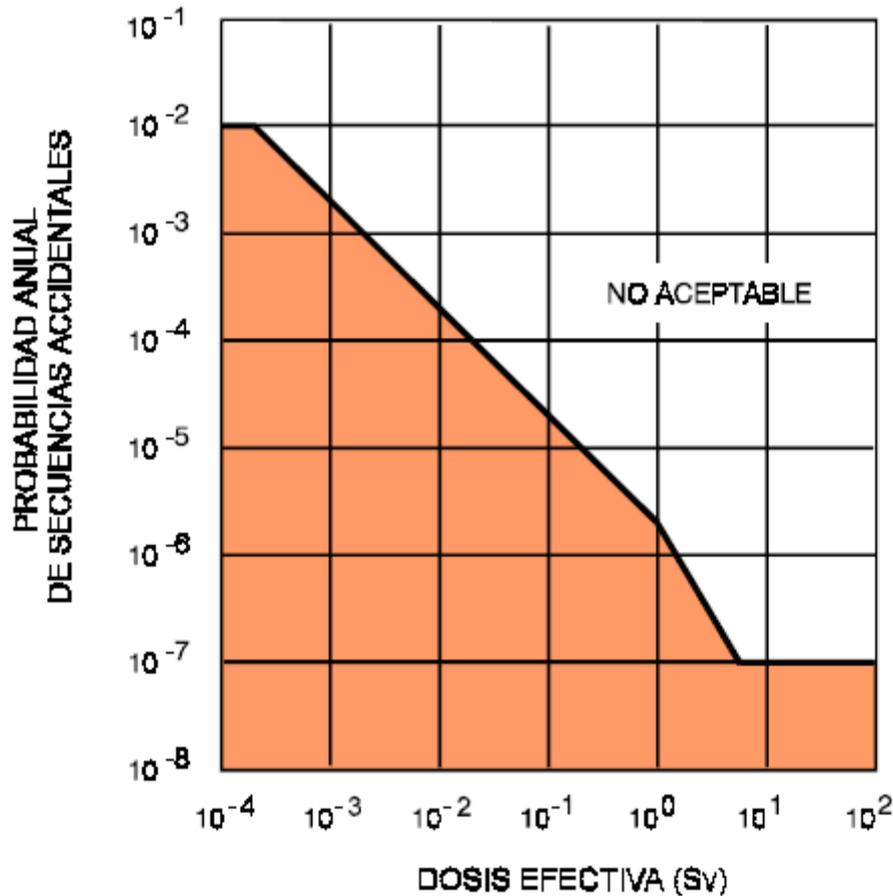
³⁶ Cl	1,56E-01	1,08E-09	2,38E-10
²³⁷ Np	1,63E-02	2,32E-08	2,94E-09
¹²⁹ I	1,20E-04	1,54E-11	2,17E-11
²³² Th	1,40E-07	4,37E-13	5,28E-14
¹⁴⁴ Ce	5,16E-16	2,42E-23	4,40E-24
²³⁴ U	2,68E-01	7,03E-08	2,15E-08
²³⁵ U	4,11E-03	1,02E-09	3,10E-10
²³⁸ U	2,48E-01	5,80E-08	1,79E-08
²³⁴ Th	2,54E-03	7,22E-11	1,42E-11
²³⁴ Pa	4,56E-05	1,62E-13	3,81E-14
²² Na	6,51E-10	9,71E-18	3,42E-18
¹²⁵ Sb	4,77E-06	3,72E-14	8,60E-15
²⁰⁴ Tl	2,09E-06	1,93E-14	4,46E-15
¹³³ Ba	1,25E-07	1,96E-15	3,08E-16
²⁰⁷ Bi	2,25E-07	1,60E-15	4,79E-16
²³⁰ Th	1,13E-04	3,29E-10	3,89E-11
²²⁶ Ra	7,37E-04	2,46E-09	3,39E-10
²¹⁰ Pb	1,34E-03	7,69E-09	1,49E-09
²²⁸ Ra	9,13E-07	2,14E-11	1,00E-12
²²⁸ Ac	1,62E-09	8,39E-18	1,14E-18
²²⁸ Th	1,40E-07	3,57E-13	1,60E-14
²²⁴ Ra	5,84E-07	1,12E-12	6,23E-14
²¹² Pb	4,18E-08	4,45E-15	4,25E-16
²¹² Bi	5,97E-23	1,36E-31	2,55E-32
E(τ)		2,72E-05	1,73E-05



Curva criterio de secuencias accidentales (para el público)



“Ninguna secuencia accidental debe tener una probabilidad anual de ocurrencia que, graficada en función de la dosis efectiva, resulte en un punto ubicado en la zona no aceptable de la curva criterio para el público”



Calculada la dosis efectiva comprometida total en un grupo crítico hipotético se la debe confrontar con la probabilidad de ocurrencia del tal evento.

La dosis total recibida por el grupo crítico ($2,72 \cdot 10^{-5}$ Sv) es *menor* que la cota inferior del rango de dosis considerado en la curva criterio.

Por lo tanto, independientemente de la probabilidad de ocurrencia, el riesgo se considera despreciable

Como conclusión, los resultados de la evaluación de seguridad para el escenario de inundación aseguran la protección radiológica del público en la situación actual.