

Cuestionario de referencia para las mesas de exámenes para la obtención de Licencias Individuales del personal de Instalaciones Clase I

Este cuestionario constituye un material de preparación para la evaluación que la ARN realiza en las mesas de exámenes, a los fines de tramitar licencias individuales al personal que se desempeña en instalaciones Clase I.

Su contenido debe considerarse de carácter mínimo y considera los dos niveles detallados en la [Guía Regulatoria AR 10 Revisión 0 "Programas de formación especializada y capacitación específica para el licenciamiento de personal de instalaciones radiactivas Clase I"](#). El nivel 1 (N1) comprende a los jefes de instalación, de operación y de radioprotección, y el nivel 2 (N2) a los operadores, oficiales de radioprotección y jefes de mantenimiento.

Los niveles de aquellas funciones licenciables que tengan una denominación distinta a las indicadas corresponderán a las de funciones con responsabilidad equivalente.

Este cuestionario presenta una estructura dividida en dos apartados, el primero dedicado a preguntas teóricas y el segundo a ejercicios prácticos tipo examen.

Preguntas teóricas

1.-	Defina el átomo y sus componentes.	(N 1/2)
2.-	Defina número atómico y número másico.	(N 1/2)
3.-	Defina e indique las unidades de: unidad de masa atómica (UMA) y energía; y relacione estas dos magnitudes mediante el principio de equivalencia masa-energía.	(N 1/2)
4.-	Explique qué se entiende por energía de unión de un núcleo y cómo se relaciona con el defecto de masa.	(N 1)
5.-	Defina isótopos, isóbaros e isótonos.	(N 1)

- 6.- La siguiente figura presenta una porción de la tabla de nucleidos. Indique en qué sentido se ubican dentro de la tabla los isótopos, los isóbaros y los isótonos.

(N 1)

4	Be 9,01218 α 0,0002			Be 6	Be 7 53,29 d γ 478 α 48000	Be 8	Be 9 100 α 0,0002	Be 10 1,8 - 10 ⁶ a β 0,6 no 7	Be 11 13,8 s γ 2125, 6791... β 11,7...	Be 12 24,4 ms β 11,7...		Be 14
3	Li 6,941 β 70,7			Li 5	Li 6 7,5 α 0,028 α 0,46	Li 7 92,5 α 0,037	Li 8 842 ms β 12,6 β 12,6 β 12,6	Li 9 178,3 ms β 13,6 β 13,7 β 13,7	Li 10	Li 11 8,7 ms β ~ 16, 20, 4... γ 3898, 520; 2390, 36; β 20, 38, 36		10
2	He 4,00260 α ~ 0,05		He 3 0,000135 α 0,00004 α 0,027	He 4 99,999862	He 5	He 6 808,1 ms β 3,5	He 7	He 8 122 ms β ~ 10... γ 981 β 10	He 9			
1	H 1,0079 α 0,332	H 1 99,985 α 0,332	H 2 0,015 α 0,0003 n 1 10,6 m β 0,8	H 3 12,323 a β 0,02								
						4		6		8		

- 7.- Indique qué datos se pueden obtener en la tabla de radionucleidos.

(N 1/2)

- 8.- Explique qué es una cadena de desintegración natural.

(N 1/2)

- 9.- En una cadena de desintegración radiactiva, definir qué condición se cumple en equilibrio transitorio y en equilibrio secular. Grafique la actividad en función del tiempo en cada caso.

(N 1)

- 10.- Explique la desintegración alfa.

(N 1/2)

- 11.- Explique la desintegración beta.

(N 1/2)

- 12.- Explique qué es la captura electrónica y su analogía con algún tipo de desintegración radiactiva.

(N 1)

- 13.- ¿Qué es la transición isomérica y en qué casos puede ocurrir?

(N 1)

- 14.- Explique qué es la radiación gamma.

(N 1/2)

- 15.- Explique el fenómeno de conversión interna.

(N 1)

- 16.- Defina el efecto Auger.

(N 1)

- 17.- Defina y exprese las unidades de dosis absorbida media, dosis equivalente y dosis efectiva.

(N 1/2)

- 18.- Defina y exprese las unidades de equivalente de dosis ambiental y personal.

(N 1/2)

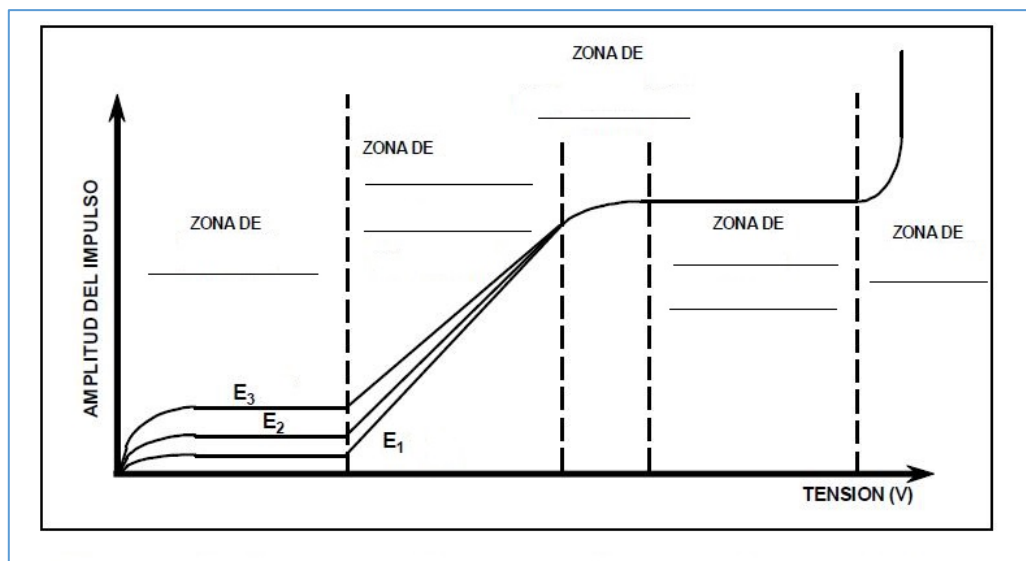
- 19.- ¿Es posible medir la dosis efectiva de una persona? Justifique su respuesta.

(N 1)

20.-	Defina y exprese las unidades de actividad, constante de desintegración, período de semidesintegración y vida media.	(N 1/2)
21.-	Exprese y grafique la ley general de la desintegración radiactiva, indicando en el gráfico el período de semidesintegración y la vida media.	(N 1/2)
22.-	Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: <i>“Una fuente radiactiva tiene la mitad de su actividad inicial al cabo de un tiempo igual al período de semidesintegración”</i> . Justifique su respuesta.	(N 1/2)
23.-	Indique cuáles son los tipos de interacción de las partículas cargadas con la materia.	(N 1/2)
24.-	Explique brevemente el proceso de interacción de las partículas cargadas con núcleos y con electrones.	(N 1)
25.-	Explique el fenómeno de Bremsstrahlung (frenamiento) y su dependencia con el número atómico.	(N 1/2)
26.-	Grafique y explique la curva de Bragg para partículas alfa.	(N 1)
27.-	Explique los mecanismos de interacción de la radiación electromagnética con la materia.	(N 1/2)
28.-	Defina coeficiente de atenuación y hemiespesor.	(N 1)
29.-	Explique la interacción de los neutrones con la materia y la influencia en la intensidad del haz de neutrones, en función del absorbente interpuesto.	(N 1)
30.-	Defina qué entiende por sección eficaz y por camino libre medio en los procesos de interacción de los neutrones con la materia.	(N 1)
31.-	Indique cómo se clasifican los neutrones en función de la energía.	(N 1)
32.-	Describa los tipos de interacción de los neutrones con la materia.	(N 1/2)
33.-	Defina qué es la fisión nuclear.	(N 1/2)
34.-	Defina la constante de multiplicación efectiva (Kef) de un sistema con material fisil.	(N 1)
35.-	Explique brevemente el modelo de Núcleo Compuesto y mencione los pasos del proceso de formación del mismo.	(N 1)
36.-	Defina el factor Q de una reacción nuclear. Explique qué entiende por reacción nuclear exoenergética y endoenergética y cómo se relaciona con el valor de Q.	(N 1)

- 37.- Observe la siguiente figura e indique a qué tipo de detector de radiación corresponde. Complete en la figura las distintas zonas de funcionamiento del detector y explique cada una ellas.

(N 1/2)



- 38.- Describa el principio de funcionamiento de los detectores gaseosos.

(N 1/2)

- 39.- Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Justifique su respuesta.

(N 1)

- a) *En un contador proporcional la amplitud del impulso obtenido es proporcional a la energía de la partícula incidente y a la tensión de los electrodos.*
b) *Las principales ventajas de un detector de Geiger-Müller son su electrónica sencilla, y su adaptabilidad para ser utilizado en espectrometría gamma.*

- 40.- Explique el principio de funcionamiento de los detectores semiconductores.

(N 1)

- 41.- Describa el principio de funcionamiento de los detectores termoluminiscentes.

(N 1/2)

- 42.- Indique las ventajas y desventajas de los detectores termoluminiscentes.

(N 1/2)

- 43.- Explique el principio de funcionamiento de los detectores por emulsión fotográfica (film).

(N 1/2)

- 44.- ¿Qué características debería tener un material para ser considerado un “centellador ideal”?

(N 1/2)

- 45.- Explique brevemente el principio de funcionamiento de un centellador inorgánico y mencione al menos un ejemplo.

(N 1)

- 46.- Describa las principales características de los centelladores orgánicos.

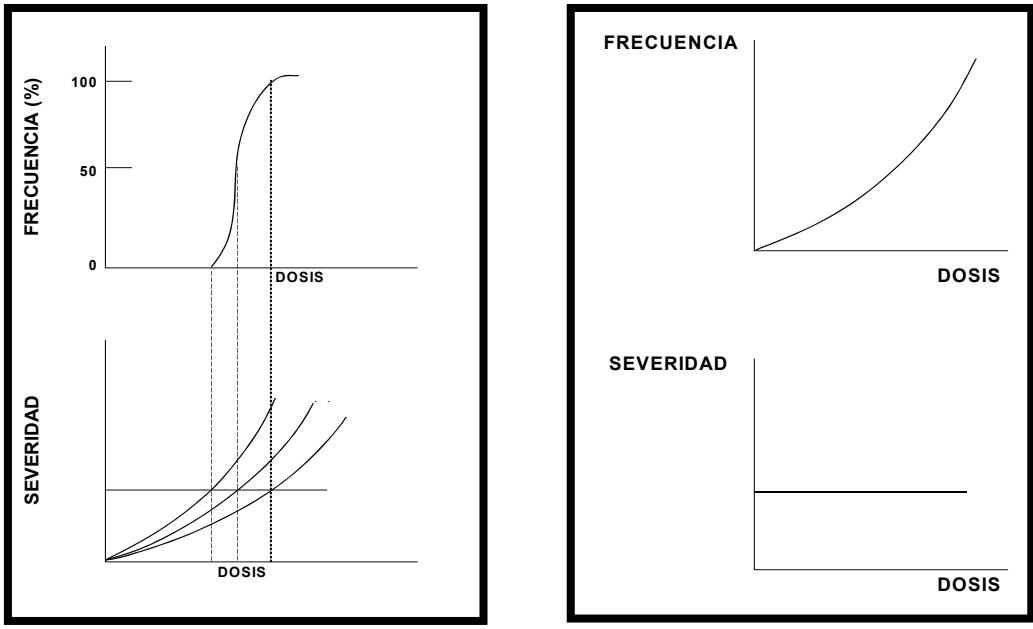
(N 1)

- 47.- Explique cuál es la función de los tubos fotomultiplicadores.

(N 1)

- 48.- Explique brevemente el funcionamiento de los detectores de neutrones.

(N 1)

49.-	Describa los principios básicos de la protección radiológica y explique qué se entiende por restricción de dosis.	(N 1/2)
50.-	Indique los valores de los límites de dosis. ¿Una dosis por debajo del límite asegura la ausencia de efectos estocásticos? Justifique su respuesta.	(N 1/2)
51.-	Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa. <i>“El cumplimiento de los límites de dosis no puede asegurar la no ocurrencia de efectos determinísticos, debido a la ausencia de umbral.”</i> Justifique su respuesta.	(N 1/2)
52.-	¿Cómo se clasifican los efectos biológicos derivados de la exposición a radiación ionizante?	(N 1/2)
53.-	Describa las formas en que se puede presentar el síndrome agudo de radiación (SAR).	(N 1)
54.-	¿A qué tipo de efectos biológicos producidos por la radiación se corresponden los siguientes gráficos? ¿Qué conclusiones puede extraer de los mismos?	(N 1/2)
		
55.-	Describa, para los efectos estocásticos, la relación con la probabilidad de que ocurra el efecto.	(N 1/2)
56.-	¿Para qué tipo de efectos biológicos es factible su prevención por debajo de un umbral de dosis? Grafique la curva probabilidad de ocurrencia de un efecto en función de la dosis recibida por una persona.	(N 1/2)
57.-	Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: <i>“En una instalación con riesgo radiológico, no es necesario realizar ningún tipo de control en las áreas clasificadas como áreas supervisadas, ya que el riesgo se encuentra en las áreas controladas.”</i> Justifique su respuesta.	(N 1/2)
58.-	Mencione los parámetros que influyen en la criticidad. ¿Cómo influye cada uno de ellos?	(N 1/2)

59.-	¿Qué se entiende por masa crítica en un sistema con material fisionable?	(N 1/2)
60.-	¿Cómo se define un accidente de criticidad en un sistema con material fisionable?	(N 1/2)
61.-	¿Cuál es el objetivo de la prevención de accidentes de criticidad y cuál es el riesgo asociado a una excursión crítica?	(N 1/2)
62.-	¿Qué se entiende por moderación de neutrones? Indique qué materiales/sustancias tienen esta propiedad. Analizando la prevención de accidentes de criticidad de una instalación que manipule material fisionable ¿qué consecuencias puede ocasionar esta moderación?	(N 1)
63.-	¿Qué se entiende por absorción de neutrones? Indique qué materiales/sustancias tienen esta propiedad? Analizando una instalación que manipule material fisionable, ¿esta propiedad favorece o no en la prevención de accidentes de criticidad?	(N 1)
64.-	¿Qué se entiende por “métodos de control” cuando se habla de prevención de accidentes de criticidad? Explique la diferencia entre métodos de control pasivo, activos y administrativos, y cite al menos un ejemplo de cada uno.	(N 1)
65.-	Defina accidente y enfermedad profesional, respecto a la seguridad convencional, y su relación con los riesgos radiológicos.	(N 1/2)
66.-	Defina riesgo y peligro, respecto a la seguridad convencional, y su relación con los riesgos radiológicos.	(N 1/2)
67.-	¿Por qué es importante la evaluación de riesgos?	(N 1/2)
68.-	Defina riesgo radiológico.	(N 1/2)
69.-	¿Qué son los Elementos de Protección Personal (EPP) y para qué sirven?	(N 1/2)
70.-	Explique qué entiende por “seguridad convencional”. Brinde al menos un ejemplo de cómo ésta puede afectar a la seguridad radiológica y nuclear.	(N 1/2)
71.-	¿Qué materiales son adecuados para atenuar radiación beta y radiación gamma?	(N 1/2)
72.-	<p>Elija qué configuración de blindaje es mejor para blindar radiación beta de alta energía. Justifique su elección:</p> <p>a) Aluminio + plomo</p> <p>b) Plomo + aluminio</p> <p>c) Plomo</p>	(N 1/2)
73.-	Defina qué entiende por “celda caliente” e indique alguno de los principales usos de las mismas.	(N 1/2)
74.-	Indique qué características deben tener los materiales constitutivos de una celda caliente.	(N 1/2)

75.-	¿Qué métodos de protección radiológica proporciona una celda caliente?	(N 1/2)
76.-	¿Qué tipos fundamentales de celda caliente conoce?	(N 1/2)
77.-	Explique en qué consiste una caja de guantes y qué métodos de protección radiológica proporciona.	(N 1/2)
78.-	¿Cuáles son las posibles aplicaciones de una caja de guantes?	(N 1/2)
79.-	¿Qué tipo de filtros son adecuados para retener aerosoles y cuáles para gases y vapores?	(N 1/2)
80.-	¿Cuáles son los criterios de recambio de los filtros de un sistema de ventilación?	(N 1)
81.-	Indique cómo calcularía la eficiencia de retención de un filtro de carbón activado.	(N 1)
82.-	Explique cuál es la función principal de un sistema de ventilación en una instalación donde se manipula material radiactivo.	(N 1/2)
83.-	Defina confinamiento estático y confinamiento dinámico.	(N 1/2)
84.-	Mencione al menos tres equipos de confinamiento y explíquelos brevemente.	(N 1/2)
85.-	¿Qué es un efluente radiactivo? ¿Qué es un residuo radiactivo?	(N 1/2)
86.-	Defina dispensa de material radiactivo.	(N 1/2)
87.-	Nombre y explique las estrategias de gestión de residuos radiactivos	(N 1/2)
88.-	¿Qué se entiende por <i>disposición final</i> y por <i>almacenamiento de residuos radiactivos</i> ? ¿Qué diferencia hay entre ambos?	(N 1/2)
89.-	¿Qué es la minimización y segregación de residuos radiactivos en origen? Mencione ejemplos de aplicación en ambos casos.	(N 1)
90.-	Indique cómo se clasifican los residuos radiactivos. Describa las diferentes clases de desechos considerando sus características y el tipo de aislamiento (almacenamiento, disposición final).	(N 1)
91.-	Dado un transporte de material radiactivo, defina <i>bulto de transporte</i> y mencione sus partes componentes.	(N 1/2)
92.-	Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: “Un bulto posee una tasa de dosis en contacto de 87,2 $\mu\text{Sv/h}$ y la tasa de dosis a 1 m es de 54,3 $\mu\text{Sv/h}$. Por lo tanto, el índice de transporte es 8,7”. Justifique su respuesta.	(N 1/2)
93.-	¿Qué mediciones debe realizarse en un bulto de transporte para categorizarlo?	(N 1/2)

94.- ¿Cuántas etiquetas se colocan en el bulto de transporte de material radiactivo y de qué forma? ¿Todos los tipos de bultos se deben etiquetar?	(N 1/2)
95.- ¿Qué documentación de transporte debe brindar el remitente al conductor del vehículo durante el transporte de material radiactivo?	(N 1/2)
96.- ¿Cómo se rotula un vehículo que transporta material radiactivo? ¿En qué casos no debe rotularse?	(N 1/2)
97.- Según la Norma AR 10.6.1 Rev.0; ¿qué se entiende por Cultura de Seguridad?	(N 1/2)
98.- Según la Norma AR 10.6.1 Rev.0; ¿qué características generales debe tener un Sistema de Gestión para la Seguridad?	(N 1/2)
99.- Según la Norma AR 10.6.1 Rev.0; ¿cuál es la documentación que, como mínimo, debe incluir un Sistema de Gestión para la Seguridad?	(N 1)
100.- Según la Norma AR 10.6.1 Rev.0; ¿cuáles son las responsabilidades de la Entidad Responsable en relación a la provisión de los recursos?	(N 1)
101.- Según la Norma AR 10.6.1 Rev.0; ¿en qué se basa una sólida Cultura de Seguridad?	(N 1/2)

Ejercicios prácticos

1.- Calcule la masa en gramos de una muestra de 5000 Bq de U-238, sabiendo que el período de semidesintegración es de $4.5 \cdot 10^9$ años. Dato: $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ átomos/mol	(N 1/2)
2.- Calcule qué actividad tenía inicialmente un vial de F-18 si luego de un tiempo de decaimiento de 4 períodos de semidesintegración se midió una actividad de 0.3 Ci.	(N 1/2)
3.- Responda las siguientes preguntas: a) ¿Qué es el ALI? b) En un ambiente en el que hay 1DAC de un dado radionucleido, ¿qué dosis por incorporación recibiría un trabajador si realiza una tarea durante 1 hora? c) El DAC de un dado radionucleído es: $DAC = 1000 \text{ Bq/m}^3$ y durante una tarea se mide una concentración en aire de 200 Bq/m^3 de éste. ¿Cómo relaciona ambos valores? d) Si la tarea realizada fue de 2 hs, ¿cuál fue la dosis recibida por el trabajador? e) ¿Cómo está el sitio desde el punto de vista del riesgo de contaminación del aire?	(N 1/2)

- 4.- Se realizó un muestreo de aire en un local y se encontró una concentración de 100 Bq/m^3 de I-131 en el filtro de papel, mientras que en el filtro de carbón activado se encontraron 150 Bq/m^3 de I-131 y 9500 Bq/m^3 de F-18. (N 1/2)
- Calcule el valor de DAC en el local.
 - Indique cómo se encuentra el sitio en relación a la contaminación del aire.
 - Indique qué acciones tomaría en función del resultado obtenido.

- 5.- Se busca determinar la dosis debida a contaminación interna del personal de una instalación con ciclotrón y radiofarmacia. Para ello se dispone de un muestreador de aire con dos dispositivos de retención, uno de carbón activado y otro de papel. Se procede a realizar la colección en los dispositivos de retención durante el tiempo que dura la síntesis de FDG (30 minutos). El caudal de aire de la bomba del muestreador es de $8 \text{ m}^3/\text{h}$. Una vez tomada la muestra, se determina que el dispositivo de retención de carbón activado retuvo una actividad de 2500 Bq , siendo su eficiencia de retención del 97%. No se encontró actividad retenida en el dispositivo de papel. (N 1/2)
- Determine el porcentaje del DAC en el laboratorio.
 - ¿Qué conclusiones obtiene respecto del hecho de haberse encontrado actividad en el dispositivo de retención de carbón activado y no en el de papel?
 - ¿Cómo considera que se encuentra este sitio desde el punto de vista de la contaminación del aire?
 - Si este muestreo fuese rutinario y el valor histórico está alrededor de los 5 Bq/m^3 . ¿Qué acciones tomaría en función del resultado obtenido?

- 6.- Responda las siguientes preguntas: (N 1/2)
- Una persona se desempeña trabajando en una sala con una concentración de material radiactivo en aire tal que, si permanece 2000 hs al año en ese ambiente, a fin de año recibe 10 mSv por incorporación. ¿Cuál es el valor de fracción del DAC (Límite Derivado de Concentración en Aire) de la sala?
 - ¿Qué dosis por incorporación recibe si el trabajador realiza una tarea de 3 hs en ese ambiente?
 - Indique cuál de los siguientes radionucleidos es más radiotóxico y justifique su respuesta:

Radionucleido	$e_{\text{inhalación}}(50)$ [Sv/Bq]
F-18	$9.3 \cdot 10^{-11}$
I-131	$1.1 \cdot 10^{-8}$

- 7.- En una medición de cuerpo entero se determina en un trabajador una carga corporal de 50.000 Bq de Co-60. En la medición del monitoreo anterior, 30 días antes, no se detectó actividad retenida.

(N 1)

- a) ¿Cuál es el valor probable de la incorporación?
b) Calcular el $e(50)$ y expresar el resultado como porcentaje del ALI

Datos:

Incorporación por inhalación de un compuesto tipo S y AMAD 5 mm

$e(50) = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$

Utilice el criterio de que la incorporación se produjo en la mitad del período de muestreo mensual.

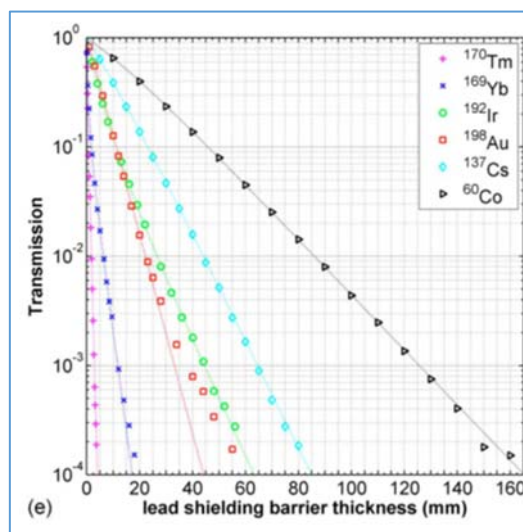
Días posteriores a la incorporación	Fracción retenida en el cuerpo
1	0.49
2	0.25
3	0.14
4	9.78E-2
5	7.99E-2
10	6.52E-2
15	6.14E-2
20	5.83E-2
30	5.35E-2
40	4.99E-2
50	4.70E-2
60	4.47E-2
70	4.27E-2

- 8.- Se tiene una fuente puntual de Co-60 de 8 Ci:

(N 1/2)

- a) ¿Qué tasa de dosis existe a 4 m de la fuente?
b) Si se interpone un material blindante entre la fuente y el punto de interés, ¿la tasa de dosis en dicho punto aumenta, disminuye o se mantiene constante?
c) Si se aleja la fuente al doble de distancia, ¿cuánto varía la tasa de dosis en el punto de interés?
d) Si el material utilizado para el blindaje es plomo, ¿qué espesor del mismo se debe colocar para disminuir 1000 veces la tasa de dosis en el punto de interés (4 m)?

$$\Gamma_{\text{Co-60}} = 3,703 \cdot 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$$



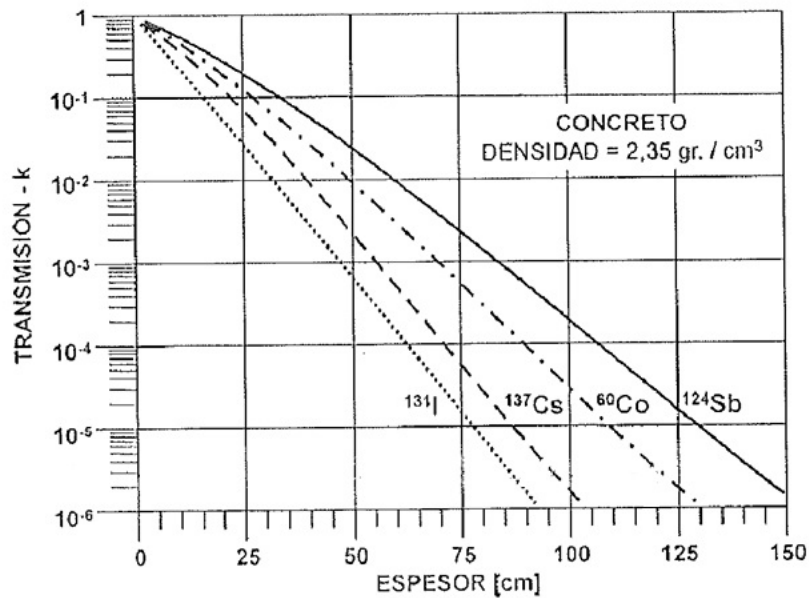
9.- Dada una fuente de 10 Ci de Co-60, calcule:

(N 1/2)

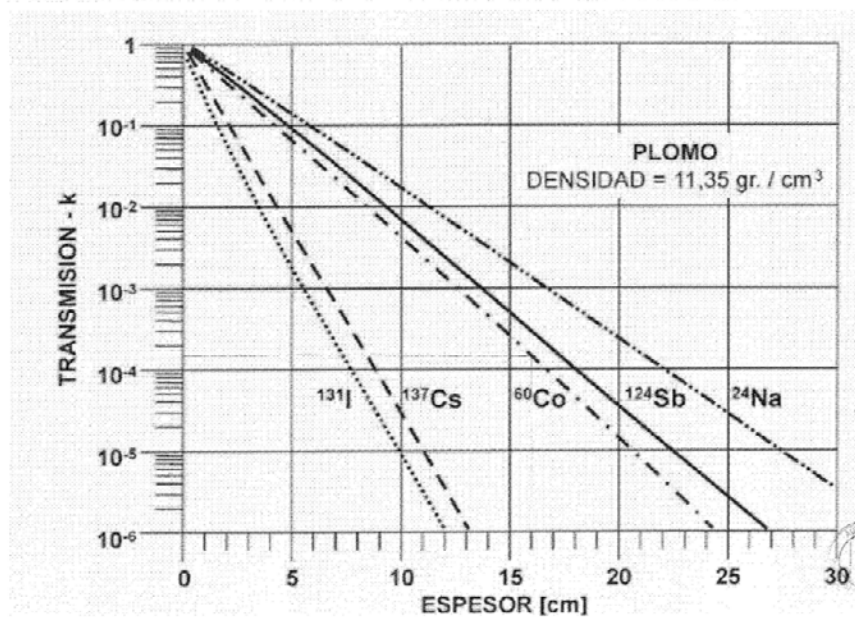
- La tasa de dosis equivalente ambiental a 1m de la fuente.
- El espesor de plomo necesario para obtener una tasa de dosis de 0.02 mSv/h a 1m de dicha fuente. ¿Cuál es el espesor necesario si se utiliza hormigón?
- La distancia a la cual la tasa de dosis equivalente ambiental es de 0.01 mSv/h.

$$\Gamma_{\text{Co-60}} = 3,703 \cdot 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$$

RELACIÓN DE TRANSMISIÓN k PARA RADIACIÓN GAMMA PARA CONCRETO



RELACIÓN DE TRANSMISIÓN k PARA RADIACIÓN GAMMA PARA PLOMO



10.- Considere una fuente puntual de Co-60 de 10.000 Ci.

(N 1/2)

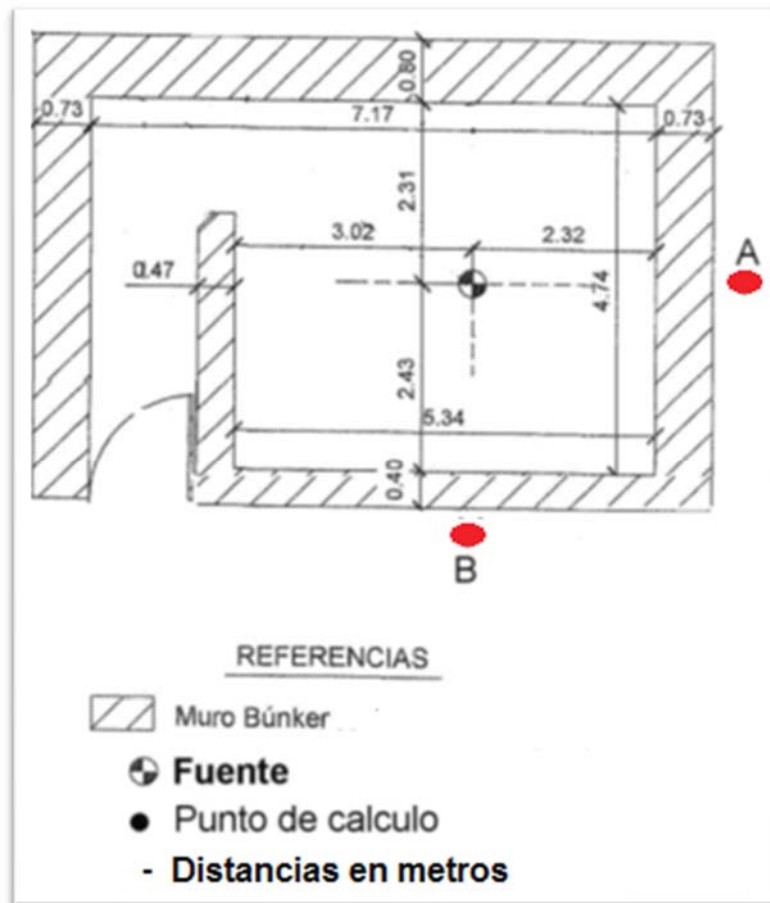
a) Calcule la tasa de dosis a 3 m de dicha fuente

b) ¿Qué espesor de concreto interpondría a la fuente para obtener una tasa de dosis de 1 mSv/h a 3 m?

$$\Gamma_{\text{Co-60}} = 3,703 \cdot 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$$

11.- En un búnker de braquiterapia se tiene una fuente de Co-60 tal cual se observa en la siguiente figura:

(N 1)



- El punto A se considera como zona pública (ubicado dentro de la instalación), con ocupación continua.
- El punto B corresponde a un trabajador ocupacionalmente expuesto, con ocupación continua.

Entonces:

a) Se pide calcular la dosis anual en los puntos A y B teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Actividad de la fuente: 11,1 GBq

$$\Gamma \left[\frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mCi}} \right] = 1,147 \cdot 10^{-2}$$

- $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
- Las paredes del búnker son de concreto.
- Factor de atenuación $K = \frac{1}{10^{X/\text{TVL}}}$, donde el valor del TVL se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Nuclide	Lead		Steel		Concrete	
	HVL (mm)	TVL (mm)	HVL (mm)	TVL (mm)	HVL (mm)	TVL (mm)
Co-60	12 (HVL ₁ = 15)	41	21 (HVL ₁ = 35)	71 (TVL ₁ = 87)	62	218 (TVL ₁ = 245)
I-125 [46]	0.03	0.1	—	—	—	—
Cs-137	6.5	22	16 (HVL ₁ = 30)	53 (TVL ₁ = 69)	48	175
Ir-192	6	16	13 (HVL ₁ = 19)	43 (TVL ₁ = 49)	43	152
Au-198	3.3	11 ^b	—	—	41	142
Ra-226	16.6	45	22 (HVL ₁ = 35)	76 (TVL ₁ = 86)	69	240

b) ¿Las dosis calculadas en (a) cumplen con las restricciones de dosis?

- Restricción para trabajador: 5 mSv/año
- Restricción para público: 100 µSv/año

12.- Se ha producido un derrame de 0,1 Ci de una solución conteniendo F-18. Inmediatamente se absorbe esta actividad con papel absorbente (aprox. 10 g) y se descarta para su gestión como residuo. Considerando que el Nivel Genérico de Dispensa para el F-18 es de 10 Bq/g, ¿es factible su dispensa al medio ambiente? De no ser así, ¿cuál es el tiempo que debería transcurrir?

Dato: $T_{1/2}(\text{F-18}) = 109,7 \text{ min}$

(N 1/2)

13.- El nivel de radiación máximo a 1 m de la superficie de un bulto de transporte es 63,2 µSv/h. ¿Cuál es el Índice de Transporte (IT) calculado para ese bulto?

(N 1/2)

- 14.- Un remitente debe efectuar una expedición de 1 TBq de I-131 en forma de solución líquida en un solo bulto. Ese contenido es material radiactivo a los fines de transporte. Para el I-131 se tiene que: $A_1 = 3$ TBq y $A_2 = 0,7$ TBq.

Seleccione el tipo de bulto óptimo y justifique su elección.

Limitación del contenido radiactivo en bultos

TIPO DE BULTO	LÍMITE DE CONTENIDO RADIATIVO	
	Materiales Radiactivos en Forma Especial	Materiales Radiactivos en otras formas
EXCEPTUADO	$10^{-3} A_1$ (sólidos y gases)	$10^{-3} A_2$ (sólidos y gases) $10^{-4} A_2$ (líquidos) $2 \cdot 10^{-2} A_2$ (tritio)
TIPO A	A_1	A_2
TIPO B(U) o B(M)	La Norma de Transporte de Materiales Radiactivos (AR 10.16.1) no establece un límite superior para el contenido radiactivo. Ese límite debe coincidir con el contenido radiactivo autorizado, para cada diseño de bulto, en el correspondiente Certificado de Aprobación de la Autoridad Competente. El transporte internacional de bultos del Tipo B(M) requiere aprobación multilateral.	

- 15.- El nivel de radiación máximo medido en la superficie de un bulto es de $180 \mu\text{Sv/h}$, y a 1 m de la superficie es de $60 \mu\text{Sv/h}$. ¿Cuál es el Índice de Transporte (IT) calculado para ese bulto?

- a) 6
- b) 180
- c) 12
- d) 0,6

- 16.- Para un bulto, se calcula un Índice de Transporte (IT) de 0,7 y se mide un nivel de radiación máximo en contacto con la superficie de $0,8 \text{ mSv/h}$. ¿Qué categoría le corresponde al bulto?

Categorías de los bultos y sobreenvases – Etiquetado

ÍNDICE DE TRANSPORTE	NIVEL DE RADIACIÓN EN CONTACTO	CATEGORÍA
0	$\leq 0,005 \text{ mSv/h}$	I - BLANCA
> 0 ≤ 1	$> 0,005 \text{ mSv/h}$ $\leq 0,5 \text{ mSv/h}$	II - AMARILLA
> 1 ≤ 10	$> 0,5 \text{ mSv/h}$ $\leq 2 \text{ mSv/h}$	III - AMARILLA
> 10	$> 2 \text{ mSv/h}$ $\leq 10 \text{ mSv/h}$	III – AMARILLA y uso exclusivo

- 17.- Ordenar de mayor a menor las siguientes fuentes de acuerdo a sus actividades (trabaje en el sistema internacional).

(N 1/2)

<p>a</p>  <p>150 Ci</p>	<p>b</p>  <p>30 kBq</p>	<p>c</p>  <p>1 μCi</p>
<p>d</p>  <p>370 MBq</p>	<p>e</p>  <p>1 MCi</p>	<p>f</p>  <p>15 Bq</p>

- 18.- Un vial que contiene una solución de Tc-99m es etiquetado: 78 kBq/ml a las 8 am. ¿Qué volumen deberá ser extraído a las 4 pm del mismo día para preparar una inyección de 50 kBq? El período de semidesintegración del Tc-99m es 6,0 h.

(N 1/2)

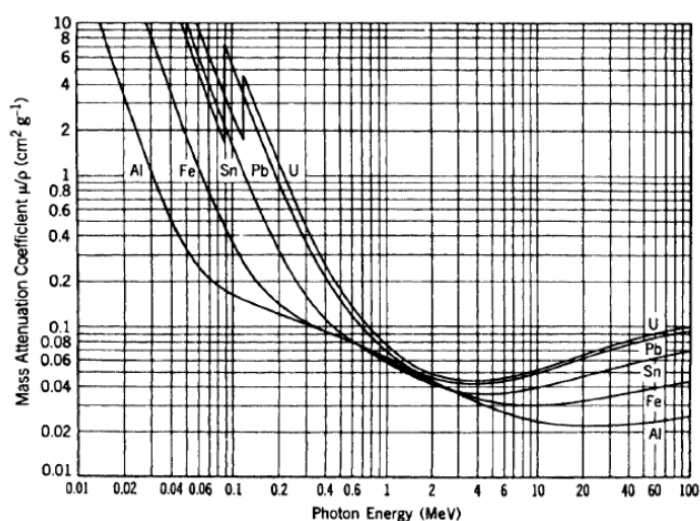
- 19.- Se necesita despachar I-131 para un estudio de diagnóstico que requiere una actividad de 1 MBq. El transporte del radiofármaco dura 3 días. ¿Qué actividad deberá enviarse? El período de semidesintegración del I-131 es 8,0 días.

(N 1/2)

- 20.- ¿Cuál es el coeficiente de atenuación lineal para fotones de 1 MeV en aluminio? Calcular el porcentaje de fotones que son atenuados si se interpone al haz una lámina de aluminio de 15 cm de espesor.

(N 1/2)

Dato: $\rho_{\text{Al}}, 1,5 \text{ MeV} = 2,699 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$



- 21.- ¿Cuál es el coeficiente de atenuación másico para fotones de 1,5 MeV en aire? ¿Cuál es el coeficiente de atenuación lineal? Calcular la proporción de fotones que logran pasar un volumen de aire de 20 cm.

(N 1)

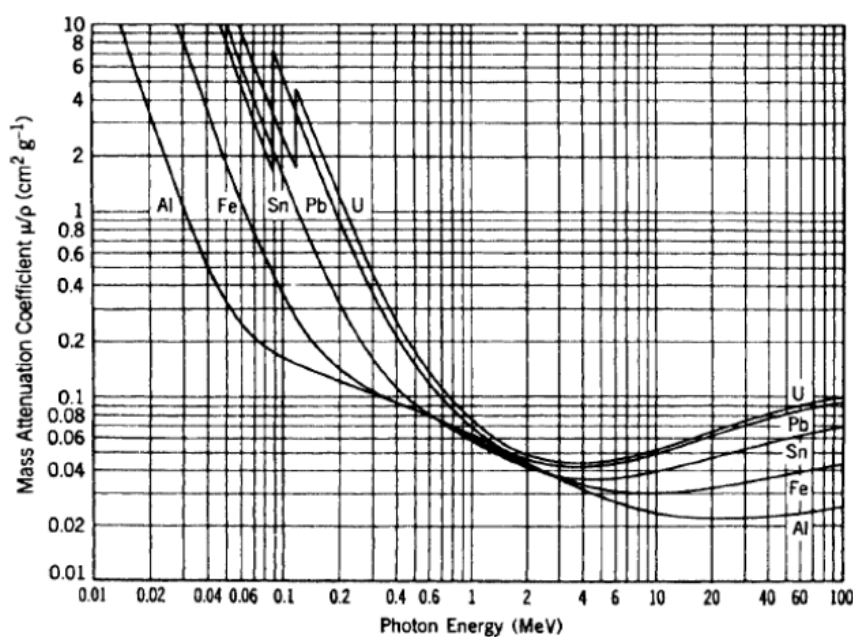
Datos:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Aire, 1,5 MeV}} = 5,175 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \quad \rho_{\text{Aire, 1,5 MeV}} = 1,205 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- 22.- ¿Cuál es el coeficiente de atenuación lineal para fotones de 300 keV en plomo? ¿Cuál es el camino libre medio? Trabaje en unidades del sistema internacional.

(N 1/2)

$$\text{Dato: } \rho_{\text{Pb}} = 1,135 \times 10^1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



- 23.- ¿Cuál es el camino libre medio para fotones de 600 keV en agua?

(N 1/2)

$$\text{Dato: } \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Agua, 600 keV}} = 8,956 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

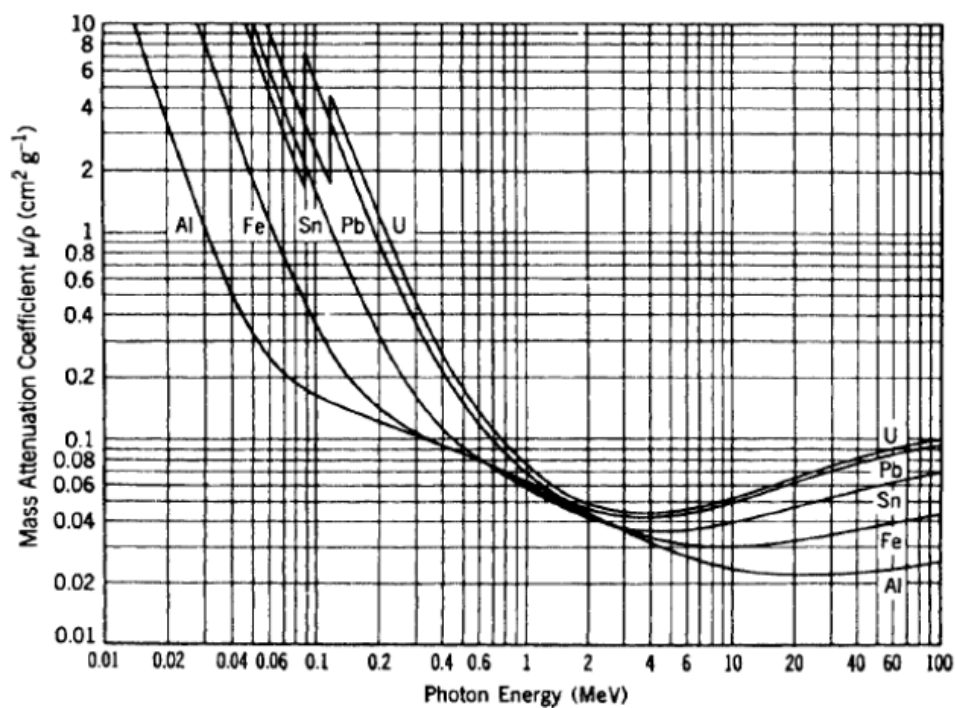
- 24.- Se quiere reducir con un blindaje de agua a un 5% un haz de fotones de 1 MeV. Calcule el espesor del blindaje necesario, el semiespesor y el deciespesor.

(N 1)

$$\text{Dato: } \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Agua, 1 MeV}} = 7,072 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

25.- ¿En qué factor se atenúa un haz de fotones de 2 MeV que atraviesa 5 cm de plomo?

(N 1)



26.- ¿Cuál es el coeficiente de atenuación lineal para un haz de fotones que al atravesar un espesor de 4 cm de un material se atenúa en un factor 10? ¿Cuál sería el coeficiente de atenuación lineal si el semi espesor fuese de 3 mm?

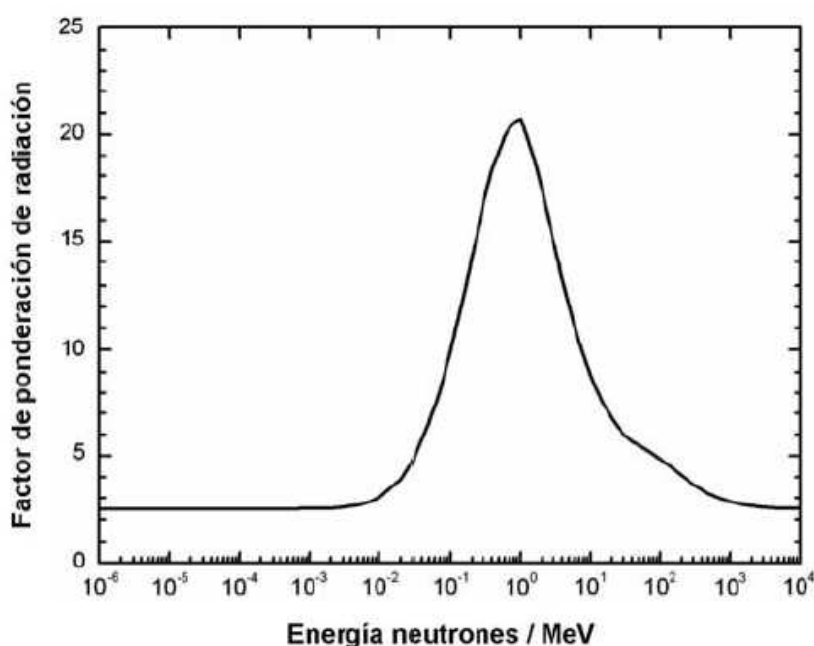
(N 1)

- 27.- Calcule la dosis equivalente en un órgano, cuya masa es 100 g, en el cual se depositan 5J debido a una irradiación con fotones y 5J debido a una irradiación con partículas alfas.

(N 1/2)

Fotones	1
Electrones y muones	1
Protones y piones cargados	2
Partículas alfa, fragmentos de fisión, iones pesados	20
Neutrones	Función continua de la energía del neutrón

$$W_R = \begin{cases} 2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]^{2/6}}, E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]^{2/6}}, 1 \text{ MeV} < E_n < 50 \text{ MeV} \\ 2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04E_n)]^{2/6}}, E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$$



- 28.- Calcule la dosis equivalente total al tejido proveniente de dosis separadas de 3 mGy de radiación gamma, 0.6 mGy de neutrones de 100 KeV y 1 mGy de radiación beta.

(N 1/2)

- 29.- ¿Durante cuánto tiempo es posible permanecer en un campo de radiación de 2 mSv /h si se tiene una limitación de dosis máxima total de 100 μSv?

(N 1/2)

- 30.- Durante el monitoreo rutinario de una instalación, el oficial de radioprotección en zona verde (C2) realiza la medición directa de un objeto (presuntamente contaminado con emisores beta-gamma) con un detector de ventana fina cuyo factor de calibración es $F_c=0,27$ (cps/Bq) y su superficie de ventana es de 180 cm^2 .

(N 1/2)

Si al monitorear el objeto, la lectura neta del instrumento es $L_n=350$ cps:

- ¿Cuál es el valor de contaminación superficial (en Bq/cm^2)? ¿Según el valor obtenido sugiere liberar o se descontaminar el objeto?
- ¿Qué lectura neta corresponderá al valor límite? (en cps)
- ¿Qué diferencia hay entre desintegraciones por segundo y cuentas por segundo, cuando se habla de realizar mediciones con equipos portátiles de ventana fina?

A-1 Clasificación de áreas de confinamiento de acuerdo con el nivel de contaminación superficial - (Tabla A-1)

TABLA A-1		
CLASE DE CONTAMINACION	Contaminación Superficial (Bq/cm^2)	
	Emisores de rad. Alfa	Emisores de rad. Beta-Gamma
C1	Determinado localmente en cada sitio y de acuerdo con el cuerpo regulatorio Pero no superando a los de la clase C2	
C2	Nivel de contaminación $< 0,4$	Nivel de contaminación < 4
C3	$0,4 < \text{Nivel de contaminación} < 4$	$4 < \text{Nivel de contaminación} < 40$
C4	Nivel de contaminación > 4	Nivel de contaminación > 40

Valores de tabla son usados como referencia.

- 31.- Se realizó un muestreo de área en una instalación colocando una bomba la cual estuvo encendida por 3 hs, obteniendo los siguientes resultados:

(N 1)

Datos:

Caudal de muestreo: $C_m = 82 \text{ l/min}$

Tiempo de muestreo: $t_m = 3 \text{ hs} = 180 \text{ min}$

Radionucleido	Actividad	$e_{(50)}$
Molibdeno 99 (Mo-99)	$3,1 * 10^4 \text{ Bq}$	$3,6 * 10^{-10} \text{ Sv/Bq}$
Tecnecio 99 meta estable (Tc-99m)	$3,1 * 10^4 \text{ Bq}$	$2,0 * 10^{-11} \text{ Sv/Bq}$

- Con los datos obtenidos calcular la concentración en DAC de la mezcla
- En base al resultado de la concentración en DAC ¿Considera segura las condiciones de trabajo para exposición normal?
- ¿Aconsejaría operar con protección respiratoria? Justifique su respuesta

32.- En una ciudad hay un hospital en el cual realizan estudios de tiroides administrando tecnecio (Tc-99m), el mismo radioisótopo se produce en una planta de producción de radioisótopos que se encuentra aproximadamente a 5 horas del hospital. Suponiendo que se debe administrar a un paciente 100 MBq de tecnecio:

(N 1/2)

- a) ¿Qué actividad inicial (A_0) se debe enviar desde la planta de producción para realizar el estudio? Expresar el resultado en Curie (Ci).
- b) Con la actividad inicial del punto anterior, ¿Cuánto tiempo debería pasar para que la actividad final sea 50 MBq?
- c) Teniendo en cuenta al trabajador del hospital que suministra el Tc, ¿Cuál será la dosis recibida por este tomando la actividad de 100 MBq, y que el mismo se encontraría a 2,5 m de distancia durante 30 minutos?

Datos: $T_{1/2} = 6 \text{ h}$

$\Gamma = 3,317 \cdot 10^{-5} \text{ mSv m}^2/\text{MBq h}$