

Efectos de la radiación ionizante sobre los trabajadores, en tareas de Perfilaje de pozos de petróleo

Autores:

Ing Miguel Aranda Geolog S.A. maranda@geolog.com.ar

Dr. Pablo Rojas CMIT S.R.L pablo.rojas@cmit.com.ar

Temario Punto 7 Seguridad en Actividades de Exploración y Explotación

7.3 Perforacion Work over, pulling, etc

Abril 2010

SINOPSIS

Trabajo para Congreso de Seguridad y Salud Ocupacional
Salta 2010

Titulo:

Efectos de la radiación ionizante sobre los trabajadores, en tareas de Perfilaje de pozos de petróleo

Autores:

Ing Miguel Aranda Geolog S.A.

Dr. Pablo Rojas CMIT

Temario Punto 7.3 Perforacion Work over,pulling,etc

Alcance: Uso de fuentes radioactivas en Perfilaje de pozos de Petróleo.

Se analizan:

- el uso en condiciones normales y en situaciones de emergencia de fuentes de Am-Be generadora de neutrones y fuentes de Cs 137 de alta intensidad (5 a 20 Ci)
- dosis absorbida por los trabajadores y el cumplimiento de la normativa nacional de la ARN
- dosis de la radiación sobre el cuerpo humano en condiciones de buen uso de las instalaciones y las posibles exposiciones en condiciones anormales de trabajo

Condiciones normales son:

- Distancias para el manipuleo de las fuentes para su inserción en la herramienta.
- Uso de los dosímetros personales el 100 % del tiempo.
- Comparación entre la dosis teórica y las mediciones de dosímetro

Condiciones Anormales son

- Situaciones de pesca de herramienta.
- Recupero de la herramienta
- Fuente trabada en su alojamiento.

Las conclusiones son : en tareas de acuerdo a procedimientos, los valores de dosis absorbidas están por debajo del 30 % de la dosis máxima .

En situaciones accidentales un adecuado manejo de las distancias y tiempos de exposición pueden evitar sobrepasar las dosis permitidas

Los análisis de la radiación recibida en dosis bajas son referidos a:

Efectos de los neutrones y de la radiación gama de energía intermedia (0,6 Mev) en el cuerpo humano

La dimensión del daño biológico esta relacionado con la densidad de ionización que producen las distintas clases de radiación en el tejido.

La acción ionizante sobre la materia provoca una alteración molecular. En el organismo esta agresión puede originar modificaciones con consecuencias para el individuo.

Las conclusiones son: se hace una análisis deterministico y estocástico sobre la influencia de las dosis de radiación, no encontrándose a bajas dosis signo de que exista enfermedades radioinducidas.

A altas dosis caben las consideraciones que permiten relacionar enfermedades a partir de determinadas umbrales, solo alcanzables en condiciones poco probables.

Efectos de la radiación ionizante sobre los trabajadores, en tareas de Perfilaje de pozos de petróleo

1) INTRODUCCION

Las tareas que se desarrollan como complemento y asistencia de las tareas de extracción de Petróleo, incluyen riesgos controlados que pueden afectar directamente al trabajador.

Diversas agresiones que incluyen distintos tipos de energía condicionan la actividad laboral y requieren de su estudio, acotación, mitigación y reducción a un mínimo que no agrede al trabajador ni le produzca lesiones o enfermedades profesionales.

A la energía cinética, energía potencial, energía calórica, la radiación UV se le agregan la energía nuclear dentro de las condiciones laborales habituales.

Nuestros sentidos reaccionan y están preparados para detectar las condiciones anormales excepto en la radiación ionizante para la cual no estamos preparados.

Por un lado analizamos las condiciones laborales y por otro lado los efectos somáticos haciendo un análisis de los efectos estocásticos y determinísticos de la radiación en el cuerpo humano

2) DESARROLLO

La radiación nuclear es usada con grandes ventajas tanto en la industria como en la medicina.

La propiedad de atravesar materia, interactuar con la misma y detectarla con sistemas de medición confiables determina la importancia y ventajas de su uso.

La radiación ionizante, producida por isótopos radioactivos nos permite a través de sus propiedades físicas, observar en corto tiempo las características de composición y ubicación de formaciones de interés, o nos permiten con exactitud medir parámetros físicos como densidades, caudales de fluidos, niveles, etc.

Porosidad en la formación: las sondas de neutrón compensado utilizadas en perfilaje petrolero consisten básicamente en una fuente de neutrones de Am²⁴¹-Be y dos detectores de ³He colocados a distintas distancias de la fuente. A través de cocientes espectrales entre las respuestas de ambos detectores es posible estimar el contenido de hidrógeno de la formación y por lo tanto su porosidad.

Medición de densidad: la atenuación que produce la materia a los rayos gamma emitidos por una fuente de Cs¹³⁷ o Co 60 permite correlacionarla con su densidad. Una fuente emite radiación gamma y un detector está midiendo esta radiación. Al interponer distintos fluidos se puede determinar la densidad de cada uno de ellos.

Caudal en un caño: se inyecta al fluido una solución con un radioisótopo como el ¹³¹I yodo y se mide el tiempo que transcurre al pasar entre dos detectores que están separados. Con el diámetro y la velocidad se calcula el caudal volumétrico.

Perfil Gamma: la medición de las distintas absorciones de la radiación de una fuente gamma que se introduce en un pozo recorriendo las distintas formaciones nos da un perfil de densidad de gran utilidad para la explotación de hidrocarburos

Toda operación con materiales radioactivos supone el cumplimiento de las normas nacionales de la Autoridad Regulatoria Nacional en cuanto a almacenamiento, uso, control, medición y eliminación para todas las fuentes radioactivas autorizadas.

El cumplimiento de la normativa en cuanto almacenamiento y uso nos da la tranquilidad de que no vamos a superar los máximos permisibles de dosis recibida en ocasión al trabajo.

Dosis máxima permitida:

Establecida en 20 mSv/año con una recomendación (Norma AR 7.9.2) de no superar los 6 mSv por año.

Nociones de dosis:

Cantidad de radiación absorbida por el cuerpo humano (erg/gramo)
La dosis absorbida por la calidad de radiación se mide en Sievert (Sv).
1 ergio /gramo es equivalente a 1 Gray (Gy)
 $1 \text{ Gy} \times \sqrt{1} = 1 \text{ Sv}$

Esta norma sigue recomendaciones nacionales provenientes de la CNEA y de los organismos internacionales de Energía Atómica. La idoneidad de estas instituciones nos permite confiar en el nivel de lo reglamentado.

Este máximo indica que el nivel de riesgos al que está sometido el trabajador por estar expuesto a los niveles indicados durante su vida laboral desde los 18 a los 60/65 años es equivalente al nivel de riesgos promedio de la industria.

Es importante aclarar que los trabajadores de la industria nuclear, como los trabajadores de otras industrias que trabajan con radiación, no tienen un régimen especial de horas de trabajo ni una edad inferior para su jubilación.

Medición de la radiación absorbida por el trabajador

Usualmente el método aceptado es el dosímetro personal. Un elemento de fluoruro de litio denominado TLD (dosímetro termoluminiscente) que se coloca en el mameluco del trabajador y que recibe la misma radiación a la que está expuesto. Luego a través de un lector que transforma los cambios en su estructura cristalina en emisión de luz. Al medirse esta luz puede relacionarse con la dosis absorbidas por el trabajador.

Los neutrones son termalizados, o sea reducida su energía, y la radiación gamma inducida es medida por el TLD de manera análoga.

La correspondencia de la dosis medida por estos dosímetros personales y la absorción en el tejido es correlacionada por mediciones comparativas en Fantomas que simulan el cuerpo humano.

Nuevamente nos atrevemos a afirmar que las mediciones son confiables y se puede requerir al proveedor de los dosímetros, todas las calibraciones y métodos de trabajo utilizados y la certificación de la ARN.

Hasta ahora describimos:

Un seguimiento de la dosis recibida por terceras partes confiable
Un método de medición confiable si se usa en forma permanente.
Consideramos solo situaciones de trabajo normal cumpliendo los instructivos de trabajo.

Vamos a desarrollar estos dos últimos puntos y luego analizaremos los riesgos para las personas de no cumplir las normas. Situaciones accidentales y uso inadecuados de las fuentes o las herramientas

Conceptos físicos

Corresponde refrescar conceptos físicos de radiación, dosimetría y blindaje para analizar en conjunto las hipótesis a presentar.

Energía Nuclear: es la producida por el núcleo inestable de un elemento radioactivo

RADIACIÓN: ES UNA ENERGÍA EMITIDA POR EL NÚCLEO DE UN ÁTOMO AL RETORNAR A SU ESTADO ESTABLE.

La radiación puede estar constituida por:

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
PARTÍCULAS EN MOVIMIENTO

Las emisiones son:

Rayos alfa de corto alcance y similares a un núcleo de He y gran energía. Son detenidos por una hoja de papel.

Rayos beta electrones, de alcance medio, un amplio espectro de energías y son moderadas o detenidas por un elemento de gran contenido de Hidrógeno (plástico, agua) o elementos metálicos livianos como el aluminio. Interaccionan con elementos metálicos pesados produciendo una radiación de frenamiento similar a la radiación gamma de baja energía

Rayos gamma: radiación electromagnética de gran alcance y distintos niveles de energía dependiendo del isótopo que lo emite. El blindaje mejora con el aumento del Z (número atómico del material) Siendo el Plomo el material de blindaje mas utilizado.

Neutrones. Partículas sin carga que interaccionan con al materia produciendo radiación gama.

Los neutrones se producen en la reacción de fisión nuclear (reactores nucleares), en aceleradores de partículas o por la interacción de un emisor alfa con un elemento de pesado, Caso del Americio241- Berilio, o Californio 252-Paladio que son las Fuentes Generadoras de neutrones utilizadas en el estudio de pozos de petróleo.

A las radiaciones producidas tipo Beta y Alfa no las vamos a considerar por la mínima incidencia en la actividad.

Las observaciones serán por la radiación gamma producida por radioisótopos y la radiación producida por los neutrones y sus efectos secundarios.

La radiación nuclear, por ser un parámetro insensible al cuerpo humano en dosis bajas y medias y con posibles efectos a posteriori, debe considerarse dentro del diseño de las medidas preventivas con la siguientes premisas:

No exponerse innecesariamente a la radiación

Actuar ante un incidente de acuerdo a instructivos, con personal capacitado y no producir alarmas innecesarias.

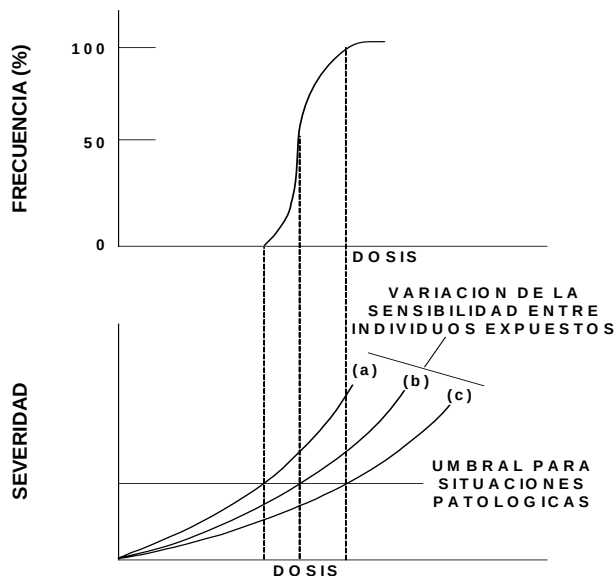
EFFECTOS SOBRE LAS PERSONAS

Los efectos biológicos de la radiación ionizante se clasifican en: efectos determinísticos y efectos estocásticos.

Los efectos determinísticos (cuadro1), se caracterizan por tener una latencia breve (minutos, horas, días, meses, excepcionalmente años), requerir una dosis umbral para su aparición, es decir, sólo producirse por encima de un valor determinado de dosis y a partir de éste, aumentar su gravedad de forma directamente proporcional a la dosis recibida. Algunos ejemplos de dosis- efecto se resumen en el cuadro 1.

Son efectos determinísticos: síndrome agudo de radiación, con sus formas Hematopoyética, Gastrointestinal y Neurovascular, y el Síndrome Cutáneo Radioinducido, que sinergiza los efectos del primero, conduciendo al fallo multiorgánico y la muerte.

Con referencia a los efectos de la radiación a dosis elevadas, la mayoría de los órganos no se alteran funcionalmente si muere una pequeña proporción de las células que los constituyen. Si la pérdida celular es lo suficientemente elevada el daño resultante puede afectar la función del órgano y hacerse clínicamente evidente (concepto de **dosis-umbral**, es decir la dosis de radiación necesaria para provocar un dado efecto en por lo menos el 5% de los individuos expuestos. A medida que la dosis se incrementa el efecto se manifiesta en un porcentaje cada vez mayor de individuos hasta llegar a un nivel de dosis tal, que el efecto resulta evidente en el 100% de los individuos expuestos). A medida que la dosis se incrementa, aumenta la frecuencia y la severidad de estos efectos (fig. 1)



Existen efectos determinísticos **tempranos** y **tardíos**. Por ejemplo, los tejidos de renovación rápida (epidermis, médula ósea, etc.), muestran efectos en días o semanas, en cambio aquellos tejidos de renovación lenta, como tejidos conectivo y vascular, manifestarán efectos en meses o años.

Por otra parte, en cuanto a la distribución temporal de la dosis, se puede distinguir la irradiación **aguda** (instantánea) de la irradiación **prolongada** (continua o fraccionada). Asimismo respecto de la distribución espacial de la dosis: irradiación **global** (todo el cuerpo), irradiación **parcial** e irradiación **localizada**.

La irradiación afectando a todo el cuerpo producirá el llamado Síndrome Agudo de Radiación (SAR) a niveles de irradiación superiores a 1 Gy, desarrollando el Sme hematopoyético a 1-10 Gy, el Sme gastrointestinal a 10-20 Gy y el Sme neurovascular sólo en exposiciones mayores a 20 Gy. A su vez la irradiación localizada producirá el Síndrome Cutáneo Radioinducido (SCR), y lesiones focales en otros órganos, dependiendo de la zona afectada.

Como en otras afecciones, el SAR sigue el patrón: pródromos, período de latencia, fase crítica o período de estado y finalmente recuperación (o muerte).

Resumiendo, y para dar una idea práctica de la relación dosis- respuesta, transcribimos la siguiente:

Tabla de niveles de exposición y síntomas y signos asociados

Las dosis-equivalentes se indican en sieverts. Los síntomas corresponden a una irradiación de **todo el cuerpo** con una dosis promedio igual al valor indicado.

- **0,05 a 0,2 Sv:** sin síntomas. Algunos autores consideran que existe riesgo potencial de cáncer o alteraciones genéticas, aunque no hay consenso en este tema. (**nota Dosis máxima permisible anual 0.02 Sv o sea 20 mSv/año**)
- **0,2 a 0,5 Sv:** no aparecen síntomas sensibles. El número de glóbulos rojos disminuye temporalmente.

- **0,5 a 1 Sv:** enfermedad por radiación leve produciendo dolor de cabeza y mayor riesgo de infección. Puede producir esterilidad masculina temporal.
- **1 a 2 Sv:** envenenamiento ligero por radiación, mortandad del 10% después de 30 días (DL 10/30). Los síntomas típicos incluyen náuseas suaves a moderadas (probabilidad del 50% con 200 rad), con vómitos ocasionales, comenzando de 3 a 6 horas después de la irradiación y pudiendo durar hasta un día. Esto es seguido por una anastasis de 10 a 14 días, después de la cual surgen síntomas como malestar general, anorexia y fatiga (probabilidad del 50% con 200 rad). El sistema inmune permanece deprimido, con riesgo elevado de infección. Es común la esterilidad masculina temporal.
- **2 a 3 Sv:** envenenamiento severo por radiación, mortandad del 35% después de 30 días (DL 35/30). Son comunes las náuseas (100% con 300 rad), con un riesgo del 50% de probabilidad de producir vómitos con 280 rad. El inicio de los síntomas se produce entre 1 y 6 horas después de producida la irradiación y dura de 1 a 2 días. Después de eso, se produce un anastasis de 7 a 14 días, después de lo cual aparecen los siguientes síntomas: pérdida de pelo por todo el cuerpo (probabilidad del 50% con 300 rad), fatiga y malestar general. Se produce una pérdida masiva de leucocitos, aumentando enormemente el riesgo de infección. Se puede producir esterilidad femenina permanente. La convalecencia puede llevar de uno a varios meses.
- **3 a 4 Sv:** envenenamiento severo por radiación, mortandad del 50% después de 30 días (DL 50/30). Con dosis de 200 a 300 rad puede producir hemorragias en boca, bajo la piel y los riñones (probabilidad del 50% con 400 rad) en el periodo post anastasis.
- **4 a 6 Sv:** envenenamiento agudo por radiación, mortandad del 60% después de 30 días (DL 60/30). La mortandad aumenta desde el 60% con 450 rad hasta el 90% con 600 rad (a menos que exista un cuidado médico intensivo). Los síntomas comienzan a la hora y media o dos horas después de comenzada la irradiación y duran hasta 2 días. Después de esto, se produce un anastasis de 7 a 14 días, después de lo cual aparecen los mismos síntomas producidos por exposiciones a irradiaciones de 300 a 400 rad, con intensidad aumentada. La esterilidad femenina es común en este punto. El periodo de convalecencia puede durar de varios meses a un año. Las causas primarias de muerte (generalmente de 2 a 12 semanas después de producida la irradiación) con las infecciones y las hemorragias internas.
- **6 a 10 Sv:** envenenamiento agudo por radiación, mortandad del 100% después de 14 días (DL 100/14). La supervivencia depende de los cuidados médicos intensivos recibidos. La médula se destruye parcial o totalmente, por lo que se hace necesario un transplante de médula. El tejido gástrico e intestinal se ve seriamente dañado. Los síntomas comienzan de 15 a 30 minutos después de la irradiación y duran hasta 2 días. Posteriormente, se produce un anastasis de 5 a 10 días, después de lo cual la persona afectada fallece de una infección o hemorragia interna. La recuperación tomaría varios años y probablemente nunca sería completa.
- **10 a 50 Sv:** envenenamiento agudo por radiación, mortandad del 100% después de 7 días (DL 100/7). Una dosis de este nivel conduce a síntomas espontáneos después de 5 a 30 minutos. Después de una gran fatiga e inmediatas náuseas causadas por la activación directa de los receptores químicos del cerebro por la irradiación, hay un período de varios días de bienestar. Después de esto, la muerte de las células de los tejidos intestinales y gástricos, causando diarrea masiva, hemorragias internas y pérdida de agua, conduce al desequilibrio agua-electrolito. La muerte se produce con delirios y coma debido a la interrupción de la circulación. La muerte es inevitable; el único tratamiento que se puede ofrecer es la terapia del dolor.
- **50 a 80 Sv:** se produce desorientación y coma inmediato en segundos o minutos. La muerte se produce a las pocas horas por colapso total del sistema nervioso.

Dosis en Gy	Organo o tejido	Efecto
0.1	feto	teratogénesis
0.15	testículos	esterilidad temporal
0.5	medula osea	hematopoyesis
0.5	todo el cuerpo	vómitos
0.5-2	cristalino	opacidad detectable
1	todo el cuerpo	muerte prematura
3	piel	depilación, eritema
2.5-6.0	ovario	esterilidad
3.5-6.0	testículos	esterilidad permanente
5	cristalino	disminución visual
10	pulmón	neumonitis muerte prematura
10	tiroides	hipotiroidismo

Cuadro 1.Fuente: adaptado de “Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60.”

No se ha demostrado que la exposición a **bajos niveles de radiación ionizante** del ambiente afecte la salud de seres humanos, aunque este tema es de ardiente discusión en los foros dedicados a la protección radiológica. Sin embargo, y por precaución, los organismos internacionales dedicados a la protección radiológica o a la promoción de la energía nuclear (ICRP, OIEA, NEA, UNSCEAR, etc.) utilizan el Modelo lineal sin umbral (MLSU) o modelo probabilístico, que asume que la probabilidad de aparición de daños probabilistas como el cáncer comienza a partir de dosis cero y se comporta de forma lineal hasta alcanzar los efectos producidos en los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki debido a la falta de otros datos, asumiendo que la respuesta biológica a la exposición es lineal, y que la relación lineal continúa dándose con dosis muy bajas, de forma que no existe un umbral de exposición a partir del cual comienzan los efectos.

De esta manera, si se calcula que una dosis dada de radiación produce un caso extra de un tipo definido de cáncer por cada mil personas expuestas, el MLSU predice que una milésima de esa dosis causará un caso extra del mismo tipo de cáncer por cada millón de personas expuestas, y que una millonésima de la dosis original produciría un caso extra de ese tipo de cáncer por cada mil millones de personas expuestas.

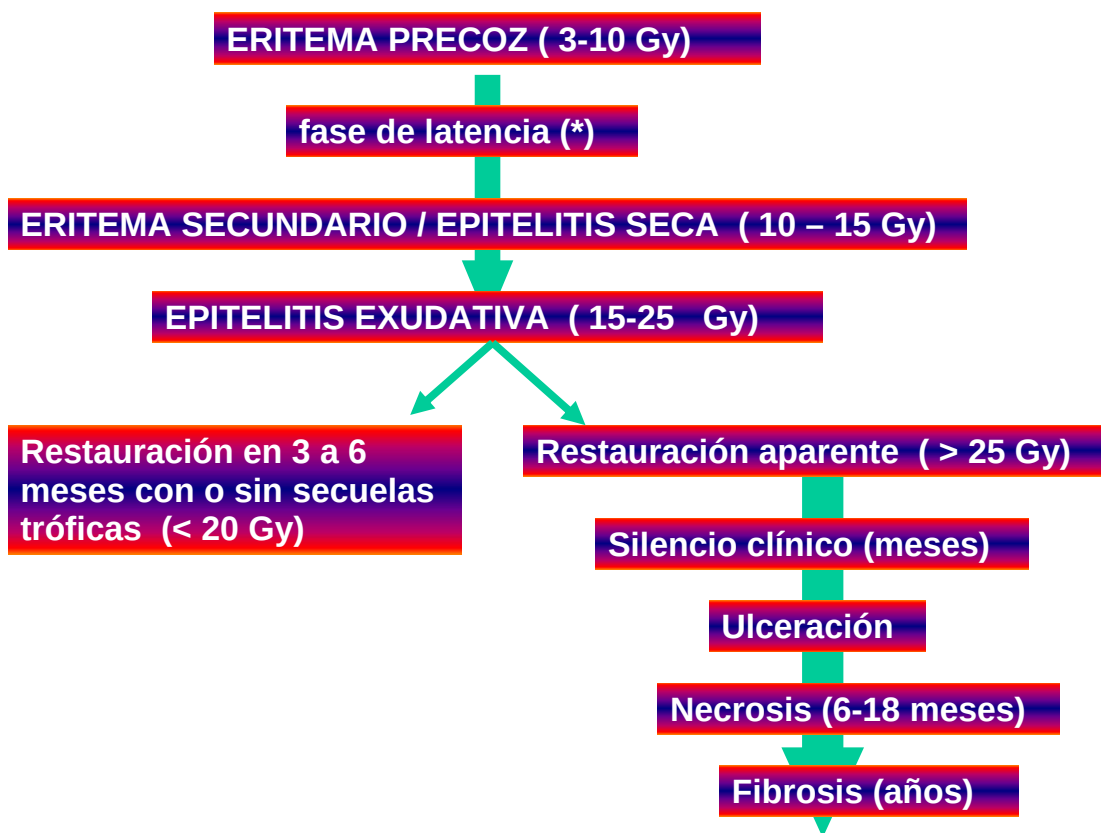
Los efectos estocásticos aleatoriamente pueden o no aparecer. (el cáncer es un ejemplo de efecto estocástico o probabilística. La oncogénesis es un proceso complejo y multicausal, cuyo análisis excede los alcances fijados para el presente trabajo).

Cabe apuntar finalmente el factor conocido como “susceptibilidad individual” apoyado en el conocido dato de que entre un 5 y un 7 % de los pacientes sometidos a esquemas convencionales de terapia radiante con fines médicos desarrollan reacciones severas. En menos del 1 % del total de pacientes estas reacciones pueden llegar a comprometer el pronóstico vital (pacientes hiper-respondedores : “over-reactors”). Sospechar que se puede estar frente a un sujeto con una radiosensibilidad individual elevada en los casos de historia familiar de cáncer, particularmente si se trata de niños o sujetos jóvenes (inestabilidad genómica), puede ser un indicador a considerar en los Programas de Vigilancia Epidemiológica del personal de estas empresas, aunque los Test de

Susceptibilidad Individual que nos permitirían cuantificar o definir niveles de acción aún se encuentran en fase de desarrollo.

Irradiación localizada

Se define como irradiación localizada o Síndrome Cutáneo Radioinducido, al cuadro clínico secundario a la sobreexposición de una fracción limitada del cuerpo que, aunque puede ser severo en sí misma, no implica “per se” la ocurrencia de un cuadro sistémico de Síndrome Agudo de Irradiación. Es el tipo de accidente por radiación más frecuente en la actividad en estudio. La secuencia de este fenómeno se resume a continuación:



Los anteriores datos nos sugieren la conveniencia de fijarse como limite máximo una dosis recibida muy inferior a los limites fijados por la reglamentación (por ejemplo 30 % del máximo permitido) .Tener en cuenta que si se supera el límite máximo se deberá separar al trabajador de sus tareas con radiación en lo que resta del año calendario.

Esto es debido a:

Incertidumbre en la medición de dosis

El porcentaje de usos del dosímetro

La geometría expuesta de la fuente y del blindaje.

La parte del cuerpo expuesta

Condiciones para reducir la dosis de radiación recibida:

Tiempo de exposición: reducción

Distancia a la fuente: maximizar

Aislamiento de la fuente: innecesaria exposición a trabajadores no involucrados.

Imágenes que indican operaciones con fuentes radioactivas:

Extracción de una fuente observando distancia, pero con observadores cercanos



Adecuada medición del nivel de radiación con detector Geiger





Instalación de la fuente radioactiva conservando las distancias

Manipuleo correcto de una fuente radioactiva de alta intensidad



Extracción de la fuente del blindaje de transporte con herramienta



Traslado hasta el lugar de trabajo



Colocación en la herramienta

(Nota: estas fotos fueron sacadas con tecnología digital. Si hubieran sido realizadas con film, hubieran tenido un deterioro de la imagen por efecto de la radiación en la película).

Condiciones de distancia

- Exposición a radiación:
- $D2 = D1 \cdot d1^2 / d2^2$
- D1 intensidad de exp. a distancia d1
- D2 intensidad de exp. A distancia d2

Ejemplo: Exposición 100 a 2 cm

Exposición a 100 cm: $100 \times 4 / 10000 = 0.04$

La disminución de la dosis recibida con el cuadrado de la distancia es una medida práctica, económica y viable.

Condiciones de tiempo:

La dosis recibida es por unidad de tiempo o sea que la dosis recibida se disminuye junto con el tiempo de exposición a la misma.

Una fuente de $Cs\ 137$ de 74 GBq (2 Ci) va a tener una emisión de radiación a un metro que va a provocar una dosis de radiación en el cuerpo de 1 mSv si se está expuesto durante 10 minutos. En ese caso estaría recibiendo el 5% de la dosis máxima anual (20 mSv) permitida en una sola exposición.

Una fuente de $Am241Be$ de 185 GBq (5Ci) (neutrones) tiene una tasa de dosis de 0.8 mSv a un metro de la fuente expuesta durante 10 min. O sea que equivale a un 4 % de la dosis máxima anual en un solo evento.

3) CONCLUSIONES

3.1) Ingenieriles

Ingenieriles: La importancia de tomar tiempo y distancia en el trabajo con radioisótopos nos permitirá tener una tasa de dosis que no supere el 30 % del máximo permisible anual.

Las mediciones de los dosímetros, si bien son confiables deben estar acompañadas por su estricto uso y mantenimiento en lugares adecuados cuando no se trabaja.

La observancia de la disminución de la exposición con el cuadrado de la distancia es nuestro mejor trabajo al momento de posicionarnos frente a la herramienta.

Las tareas de recuperación de herramientas en pesca o la liberación de fuentes trabadas en el alojamiento deben ser programadas observando la geometría, distancia, tiempo y relevos de los operadores en caso de requerir un tiempo prolongado expuesto a la fuente

3.2 Medidas ante situaciones accidentales

3.2.1 Herramientas de pesca

La utilización de elementos de pesca convencionales puede recuperar las herramientas con la fuente radioactiva, siempre y cuando no se produzcan deterioros que puedan afectar la integridad de la fuente sellada.

El uso de una fresa no está indicado si puede afectar al blindaje de la fuente y producir una dispersión del material radioactivo en la formación.

Si se rompiera el contenedor de la fuente y luego hay que retirar la cañería, se deberá realizar una separación y aislación de todos los elementos contaminados que por la larga vida media del radioisótopo, será necesario su ubicación en un repositorio de residuos radioactivos.

Vida media (tiempo en el cual la actividad radioactiva se reduce a la mitad).

CESIO 137	30 años
Americio 241	432 años
Californio 252	2600 años
Yodo 131	8 días

Por distintos errores operativos se han perdido fuentes radioactivas durante la operación, debido a que no se realiza una medición luego de la operación para determinar donde quedo la fuente.

A ser la fuente una pieza que se acopla por medio de roscas o acoples con trabas, existe la posibilidad de que se desacoplen y caiga en la zona de trabajo del equipo.



una herramienta para extraer fuentes del blindaje y mantener una distancia adecuada.

3.3 Medicas:

El análisis de los niveles de exposición versus los daños potenciales implicados arroja un riesgo potencial ciertamente pequeño, tanto por los niveles de radiación en juego como por el minucioso protocolo al que están sometidas las

operaciones en la actividad considerada. Como prueba de ello, contamos en nuestra experiencia con un solo evento con riesgo de daños por radiaciones ionizantes a empleados asignados a operaciones de perfilaje, y acaecidos en el transcurso de las mismas.

No obstante lo anterior, siempre asociando de manera sinérgica el trabajo de los departamentos de Higiene y Seguridad y Salud Ocupacional de las compañías, se impone la pertinencia de controles periódicos de dosis absorbidas, la actualización continua de los conocimientos sobre atención de lesiones por radiación en el personal del equipo de salud de los centros asistenciales definidos como centros de derivación primarios y secundarios en el Procedimiento Médico de Evacuación adoptado para cada operación, el seguimiento del Historial de Salud la población laboral afectada y el estricto acatamiento del sistema de limitación de dosis recomendado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, en inglés) para este tipo de prácticas, el cual está basado en la tríada: Justificación de la práctica, Optimización de la protección y Límites individuales de dosis y de riesgo.

Caso año 2009 región sur . Manipulación accidental de una fuente

Durante una operación de un equipo de perforación se pierde una fuente y no es advertida por el grupo de trabajo. Un operario observa una pieza metálica brillante y la toma con su mano hábil. Estas fuentes son contenidas en piezas metálicas de materiales nobles para evitar la corrosión y las condiciones de Presión y Temperatura en el pozo.

Este operario luego de 10 segundos de manipularla, se percata de que se trata de material radioactivo por una inscripción en la cubierta; avisa y se produce el alerta. Se trataba de una fuente de ^{137}Cs (2,5 Ci).

Se define el caso como “incidente radiológico con irradiación externa localizada en mano derecha”.

Como en estos casos es obligatoria su denuncia a la ARN se monta un operativo inmediato (se plantea la “urgencia dosimétrica”) y el envío del operario a Bs As para su atención en un centro especializado.

El paciente no presentaba signos de herida externa por radiación (quemaduras).

En el centro especializado, se procedió a dosimetría, estimándose la frecuencia de aberraciones cromosómicas inestables a partir de cultivos de sangre periférica de la muestra extraída.

Aplicándose la técnica de micrométodo, las aberraciones cromosómicas inestables fueron evaluadas en metafases en primera división celular. Se analizaron 570 metafases.

Para la estimación dosimétrica se aplicó una curva de calibración para radiación gamma de ^{60}Co . Se determinó una dosis a todo el cuerpo inferior a 0,14 Gy (140 mGy), valor próximo al límite de detección de la técnica citogenética para radiación de baja transferencia lineal de energía.

El paciente presentó según el estudio una chance del 5% de no haber recibido dosis (“dosis cero”) y una chance del 95% de haber recibido una dosis inferior a 0,14 Gy (140 mGy). El resultado obtenido por esta dosimetría biológica es consistente con la reconstrucción del escenario del incidente por lo que **no son esperables efectos adversos sobre la salud de la persona involucrada.**

A través de termografía solo se determinaron pequeñas variaciones térmicas entre ambas manos.

Trascurridos más de 8 meses del evento, el trabajador no ha podido reinsertarse a su actividad habitual debido a que refiere efectos de sensibilidad dispares en sus miembros que no han podido ser relacionados con una patología específica. Manifiesta temores respecto del riesgo oncológico así como de una eventual esterilidad, imaginado producto del contacto.

La escasa preparación de los centros de salud locales en cuanto a atención y contención psicosocial de una persona irradiada, más un entorno social que magnifica las posibles consecuencias de este tipo de contacto, desconociendo los efectos somáticos de la radiación a bajas dosis, los cuales se confunden con los siniestros nucleares con consecuencias catastróficas para la población, contribuyen a que el operario padezca síndrome de estrés post traumático, actualmente en tratamiento. Se otorgó el alta laboral, aunque no médica.

A partir de casos como el descrito, se plantea el desafío de capacitar a los involucrados y lograr la comprensión de los posibles efectos y consecuencias para la salud de una energía invisible e imperceptible como la radiación ionizante.

Debe formar parte de nuestra meta en seguridad y medicina laboral, lograr mantener un estado de no acostumbramiento a un riesgo invisible para evitar actos imprudentes.

4) BIBLIOGRAFIA

- ARN. Curso básico de protección radiológica
Longhino et al. Dosimetria de neutrones 2002 CAB
Ozamosky M. Azcurra Flujo de neutrones en fuentes de Am Be
- R.F. Barth et al, "Boron Neutron Capture Therapy for Cancer", *Cancer* 70(12) pp.2995-3007 (1992)
- R. Gahbauer et al, "BNCT: Status and Dosimetry Requirements", *Radiat. Prot. Dosim.* 70(1-4), pp. 547-554 (1997)
- J.J. Broerse et al., "European protocol for neutron dosimetry for external beam therapy", (ECNEW). *Br. J. Radiol.* Vol. 54, pp. 882-898 (1981)
- International Commission on Radiation Measurements and Units. "Clinical Neutron Dosimetry. Part I: Determination of absorbed dose in a patient treated by external beams of fast neutrons". Report 45 (Bethesda, M.D.:ICRU Publications) (1989)
- C.P.J. Raaijmakers et al, "The neutron sensitivity of dosimeters applied to boron neutron capture therapy", *Med. Phys.* 23 (9), pp.1581-1589, September 1996.
- Umebayashi Y, Honma M, Suzuki M, Suzuki H, Shimazu T, Ishioka N, Iwaki M, Yatagai F. "Mutation Induction in Cultured Human Cells after Low-dose and Low-dose-rate gamma-ray Irradiation: Detection by LOH Analysis." *J Radiat Res (Tokyo)*. 2007 Feb;48(1):7-11. Epub 2006 Nov 29. PMID: 17132913 [PubMed - in process]
- Sudprasert W, Navasumrit P, Ruchirawat M. "Effects of low-dose gamma radiation on DNA damage, chromosomal aberration and expression of repair genes in human blood cells." *Int J Hyg Environ Health*. 2006 Nov;209(6):503-11. Epub 2006 Jul 26. PMID: 16872898 [PubMed - in process]
- AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR. Norma básica de seguridad radiológica. AR 10.1.1. Rev.2. Buenos Aires, ARN, 2000.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Comisión on Radiological Protection. ICRP Publication 26, Annals of the ICRP v. 1 N° 3, 1977. Oxford, Pergamon, 1977.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Radiation. Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste. ICRP Publication 46, Annals of the ICRP v. 15 N° 4, 1985. Oxford, Pergamon, 1985.

- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Annals of the ICRP v. 21 N°. 1/3, 1990. Oxford, Pergamon, 1990.
- ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección Seguridad N° 115. Viena, OIEA, 1997.
- UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York, United Nations, 1993.
- Koterov A N. [The absence of the facts connected with the genomic instability after the irradiation in low doses by radiation with low LET] Radiats Biol Radioecol. 2006 Sep-Oct;46(5):563-74. Review. Russian. PMID: 17133723 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- **Akleev AV, Veremeeva GA, Vozilova AV.** [Remote effects at cell and subcell level in the hemopoietic system after chronic radiation exposure in man] Radiats Biol Radioecol. 2006 Sep-Oct;46(5):519-26. Russian. PMID: 17133717 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- Zapponi GA, Marcello I. "Low-dose risk, hormesis, analogical and logical thinking." Ann N Y Acad Sci. 2006 Sep;1076:839-57. PMID: 17119261 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- Cook R, Calabrese ER. The importance of hormesis to public health. Environ Health Perspect. 2006 Nov;114(11):1631-5. PMID: 17107845 [PubMed - indexed for MEDLINE]

Ing. Miguel Aranda
Dr. Pablo Rojas

Abril 2010