

TAN: AR.920006

CNEA -

D-DP-FQP-312 •

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DIRECCION INVESTIGACION Y DESARROLLO

GERENCIA DESARROLLO

DEPARTAMENTO DESARROLLO DE PROCESOS

BERILIO. PARTE II
SU TOXICIDAD Y MEDIDAS DE CONTROL

O.A. Lires , C.A. Delfino y J. Botbol

1991

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

GERENCIA DE DESARROLLO

DEPARTAMENTO DESARROLLO DE PROCESOS

DIVISION FISICOQUIMICA DE PROCESOS

BERILIO. PARTE II -

SU TOXICIDAD Y MEDIDAS DE CONTROL

O.ALIREZ; C.ADELFINO; J.BOTBOL

1991

PREFACIO

Este trabajo continúa la serie de informes, que bajo el nombre genérico BERILIO, tratan sobre distintos aspectos de la tecnología de este metal.

Se comenzó con el informe D-DP-FQP-307, Berilio. Parte I Sus Minerales (1990), y se continúa con éste: Parte II Toxicidad y Medidas de Control. Se describen sus efectos tóxicos, se evalúan las posibles fuentes de contaminación y se discuten los límites de exposición permitidos así como los requisitos mínimos de diseño de planta e higiene industrial necesarios para poder trabajar dentro de márgenes aceptables de seguridad.

En informes posteriores se evaluarán métodos extractivos a partir de sus minerales, se compararán procesos y plantas industriales para la obtención de berilio metálico o su óxido e hidróxido, se analizarán métodos de purificación, electrólisis a partir de sus sales fundidas, etc.

INDICE

1.- INTRODUCCION

2.- DESCRIPCION DE LOS EFECTOS TOXICOS DEL BERILIO

2.1.- Afecciones respiratorias agudas

2.2.- Enfermedades de la piel y conjuntiva

2.3.- Beriliosis

3.- FUENTES DE CONTAMINACION

4.- LIMITES DE EXPOSICION PERMITIDOS

5.- SEGURIDAD EN PLANTAS Y LABORATORIOS DE BERILIO

5.1.- Diseno de proceso

5.2.- Ventilacion

5.3.- Proteccion e higiene personal

6.- CONCLUSIONES

7.- BIBLIOGRAFIA

1.-INTRODUCCION.

Bajo ciertas condiciones, polvos, aerosoles, humos o vapores de berilio o sus compuestos pueden ser peligrosos para la salud al ser inhalados. Además algunas sales de berilio son capaces de producir por contacto irritaciones en la piel.

Existen evidencias de que tanto el berilio metálico como el óxido y todos los compuestos solubles causan intoxicaciones agudas; pero las enfermedades crónicas son producidas únicamente por el óxido sea cual fuese la forma en que éste se introduzca en el organismo.

No se conocen casos de enfermedades del berilio atribuibles a la inhalación de polvos del mineral berilo o aleaciones de berilio que contengan menos del 2 % de Be.

Se puede considerar que la toxicidad del ión berilio es superior a la de otros agentes químicos considerados como muy peligrosos. Para producir iguales daños pulmonares que los causados por cantidades del orden de 50 μ g de fluoruro de berilio se requerirían 50 mg de fosgeno ⁽⁴⁾.

Condiciones adecuadas de diseño y construcción de equipos, maquinarias e instalaciones así como la correcta aplicación de medidas de control e higiene laboral, permiten minimizar los riesgos de contaminación al mantener la concentración de berilio en el aire dentro de los límites permitidos por las normas de seguridad.

2.- DESCRIPCION DE LOS EFECTOS TOXICOS DEL BERILIO.

Alrededor de 1933 Weber y Enghehardt describieron las primeras patologías pulmonares (bronquitis o bronquiolitis) producidas en trabajadores empleados en la obtención electrolítica del berilio a partir del berilo.

Estos operarios, cuya tarea específica era la molienda y calcinado de algunos productos intermedios fueron atacados sin excepción y repetidamente por una enfermedad aguda similar al "envenenamiento por cloro o fosgeno". Fueron descritos, también en esa planta, casos severos de conjuntivitis y eczemas, principalmente en las zonas descubiertas del rostro y las manos y con menor frecuencia en el cuerpo y extremidades.

Actualmente se pueden considerar dos tipos de manifestaciones agudas del envenenamiento por berilio:

- afecciones de la piel que incluyen dermatitis, úlceras y tumores benignos e inflamación de la conjuntiva;
- afecciones del aparato respiratorio.

La manifestación crónica del envenenamiento por berilio se denomina beriliosis, involucra principalmente a los pulmones e incluye un gran número de manifestaciones generalizadas en todo el organismo.

2.1.- Afecciones respiratorias agudas.

La inhalación de compuestos tóxicos de berilio puede producir reacciones inflamatorias que comprometan a cualquiera de los tejidos del aparato respiratorio. La localización de las lesiones depende de la cantidad y características físicas y químicas del material. El tamaño de las partículas determina la profundidad de

la penetración, así como la intensidad de la exposición tiende a extender la inflamación a las zonas inferiores del aparato respiratorio. Estas irritaciones toman la forma de neumonitis química, potencialmente el más serio de los síndromes asociados con la toxicidad del berilio.

Se han descrito dos formas de neumonitis aguda;

a) fulminante: en un accidente ⁽²⁾ en el que se alcanzó, durante 20 minutos, una concentración de fluoruro de berilio en aire de hasta $450 - 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Be, tres personas que inhalaron una masa estimada en $50 \mu\text{g}$, desarrollaron esta enfermedad dentro de las 72 horas.

b) insidiosa: se manifiesta después de exposiciones a menores concentraciones ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pero por períodos más prolongados que los anteriores. Este tipo de afección ha ocasionado la gran mayoría de los casos estudiados.

2.2.- Enfermedades de la piel y la conjuntiva.

Los compuestos solubles de berilio tienen la característica de ser agentes irritantes y sensibilizantes. En la bibliografía se cita ⁽⁴⁾ el caso de una planta industrial en la cual el 25 % de los trabajadores expuestos a polvos o humos de fluoruro de berilio desarrollaron dermatitis, y en algunos casos conjuntivitis, durante las primeras semanas posteriores a la exposición. Estos efectos desaparecen al cesar la exposición a las sales ácidas de berilio.

La ulceración es un fenómeno localizado que se debe a la penetración de cristales de un compuesto soluble de berilio en cortes o abrasiones de la piel. Estas ulceraciones persisten hasta la remoción del berilio.

La implantación accidental de berilio metálico conteniendo óxido de berilio produce un granuloma o tumor benigno, en el sitio del implante, similar al del tipo que aparece en pulmones de trabajadores del berilio. Dicho granuloma se manifiesta entre 2 y 4 meses del accidente y persiste hasta que se remueve el implante.

Según O.P. Preuss ⁽³⁾, este tipo de afecciones, aunque se las sigue nombrando en los libros de texto, no constituye ya un problema. Los casos citados por la bibliografía corresponden a accidentes acaecidos en el período anterior a 1950, en la industria de los tubos fluorescentes la cual utilizaba como pantalla fluorescente silicatos de berilio, zinc y magnesio. El mismo autor indica que en la planta de la Brush Wellman Inc., Ohio, Estados Unidos, en el período comprendido entre 1975 y 1985 se han producido más de 200 casos de heridas en la piel, incluyendo cortes, abrasiones, punciones o laceraciones. Estos accidentes fueron producidos por berilio metálico, óxido o aleaciones no registrándose ningún caso de curación demorada, ulceración, formación de granulomas o cualquier otro tipo de complicaciones.

2.3.- Beriliosis.

Los síntomas de esta enfermedad no están claramente definidos, por lo general involucran pérdida de peso y apetito, tos, debilidad general, incapacidad respiratoria progresiva, etc.. La beriliosis presenta imágenes radiográficas características, y que pueden servir para diagnosticar esta enfermedad antes que se manifiesten síntomas clínicos. Estos pueden aparecer hasta 15 años después de producida la contaminación.

La enfermedad, de tratamiento prolongado, puede llegar a ser totalmente incapacitante y con un alto grado de mortalidad.

En el Massachusetts General Hospital, Boston, se instituyó a

principios de la década del 50 un registro de casos de enfermedades asociadas al berilio. Hacia 1960 se registraban 616 pacientes con un índice de mortalidad global de alrededor del 20 % ⁽⁴⁾. Los beneficios de la adopción por parte de la industria, en 1949, de medidas de seguridad se nota en el hecho que enúnicamente 10 de estos casos la exposición se produjo después de esa fecha.

3.- FUENTES DE CONTAMINACION.

Según Tepper et al ⁽⁵⁾, de los compuestos de berilio de uso industrial el único no asociado a enfermedades ocasionadas por el berilio, ya sean agudas o crónicas, es el berilo. No se han reportado casos de enfermedades en personas que trabajen en yacimientos, subterráneos o a cielo abierto, de este mineral.

Los materiales peligrosos por su contenido de berilio pueden encontrarse en el aire en la forma de polvos, humos, vapores o aerosoles.

Los polvos se pueden generar en distintas operaciones de planta como, por ejemplo, trituración, molienda o corte. Para ser nocivos estos polvos deben tener un tamaño respirable: partículas de 10 μ o menores. Las partículas mayores pueden constituir fuentes secundarias si son sujetas a eventuales acciones abrasivas como ocurriría en aquellas depositadas en pisos.

Los humos pueden provenir de operaciones tales como fundición, coladas o soldaduras del metal o sus aleaciones. Resultan de la condensación de vapores y a menos que las operaciones se realicen en atmósfera inerte, las partículas resultantes consisten esencialmente en óxido de berilio; compuesto especialmente tóxico. Esta característica de la berilia (óxido de berilio) está relacionada con su reactividad química. Materiales calcinados a alta temperatura (1500 °C) tienen cristales más grandes, menor superficie específica y menor toxicidad que la berilia producida calcinando el hidróxido o sulfato a 1000 °C o menos.

Los vapores de compuestos de berilio son otra causa de contaminación. Se pueden esperar concentraciones riesgosas cuando se calientan algunos de ellos aún a temperaturas relativamente moderadas. La curva de tensión de vapor de un compuesto determinado resulta de mucha utilidad para una evaluación de dichos riesgos. Por ejemplo los haluros, con excepción del fluoruro, generan con-

centraciones atmosféricas 100 veces mayores que la CMP (concentración máxima permisible, ver 4.) a temperaturas tan bajas como 158 °C.

Otra fuente de contaminación son los aerosoles de compuestos solubles de berilio que pueden provenir de operaciones de molido, pulido o amolado húmedos. El uso de líquidos refrigerantes disminuyen la concentración en aire pero no lo suficiente como para eliminar el riesgo.

La cantidad de berilio en aire debe ser controlada independientemente del tipo de materia, origen o composición (excluido el berilio) del compuesto contaminante.

El contenido porcentual de berilio en una sustancia no es, hasta un cierto límite, un índice seguro del grado de riesgo potencial. Se han registrado casos de beriliosis crónica en individuos que trabajaban con aleaciones de Cu-Be con contenidos de berilio del 2 %.

Además de las contaminaciones industriales del tipo de las descritas anteriormente, existe una enfermedad no ocupacional debida a contaminaciones atmosféricas en las áreas que rodean las plantas que trabajan con este elemento o a polvos tóxicos llevados en la ropa de los trabajadores a sus domicilios. Estas situaciones que se conocen con el nombre de "casos del vecindario", son productoras de una enfermedad crónica de características únicas y que no reconoce casos similares ni aún en las plantas que operan con plomo, mercurio o arsénico.

Entre residentes situados hasta un kilómetro de distancia de distintas plantas industriales se registraron 47 casos con un índice de mortalidad del 50 %. Un análisis de estos casos revela que 15 personas vivían en las cercanías de la zona de descarga de efluentes, estimándose que la concentración a la que estuvieron expuestos estos individuos fue tan sólo de 0,01 - 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 0-

tras 24 personas convivían con trabajadores que llevaban a sus casas ropas contaminadas y 8 personas estuvieron expuestas a ambas fuentes ⁽²⁾.

Eisenbud y asociados en estudios realizados sobre lavado hogareño de ropa de trabajo, demostraron que hasta 17 μg de berilio diarios pudieron haber sido inhalados al realizar estas tareas.

4.- LIMITES DE EXPOSICION PERMITIDOS.

Actualmente no existen dudas que el berilio o sus compuestos son, al menos para algunos individuos, una de las sustancias más tóxicas que se conocen. El hecho de que algunos trabajadores hayan sido expuestos, sin efectos aparentes, a lo que ahora se consideran dosis letales y que hayan ocurrido casos fatales entre personas expuestas a concentraciones mucho menores, como ocurrió en el llamado caso del vecindario, tuvo como consecuencia el dificultar la fijación de límites de exposición permisibles.

En la República Argentina, el Decreto Reglamentario N° 351/79 de la Ley N° 19587 de Higiene y Seguridad del Trabajo, en el Capítulo 9 del Anexo III estipula valores máximos permisibles aplicables a adultos sanos para una serie de sustancias. Los valores fijados para el berilio son:

CMP: $0,002 \text{ mg/m}^3$ ($2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)

CMP-CPT: $0,025 \text{ mg/m}^3$ ($25 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)

En dicho anexo se define también CMP y CMP-CPT.

CMP: CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas, día tras día sin sufrir trastornos adversos.

CMP-CPT: CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE PARA CORTOS PERIODOS DE TIEMPO, se refiere a lapsos continuos de hasta 15 minutos y no más de 4 por jornada y separados 60 minutos uno de otro.

Estos límites son coincidentes con recomendaciones hechas en 1948 por la USAEC (Comisión de Energía Atómica de los Estados U-

nidos) y adoptados en 1956 por la Asociación Americana de Higiene Industrial. Posteriormente estos valores fueron aceptados por otros países como Inglaterra, Francia, URSS, India, Japón, etc..

En 1977 la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de los Estados Unidos propuso la reducción de estos valores a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por jornada de 8 horas, con un límite "ceiling" (valor máximo que no debe ser superado en ningún momento) de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por considerar que el berilio presentaba además de toxicidad química características carcinogénicas (6). No se han encontrado referencias que esta propuesta haya sido aceptada.

La CMP de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, adoptada tanto en nuestro país como en otros, no está basada en trabajos experimentales aunque se puede decir que a esas concentraciones no se han observado enfermedades ya sea en humanos o en animales de experimentación. A este límite se lo puede considerar como una cifra conservadora que cubre los riesgos involucrados. Para el caso de laboratorios, en que se trabaje en forma cuidadosa, con sistemas de ventilación eficientes y en el que el berilio en uso no sobrepase los 500 g, la contaminación promedio en aire se encuentra bien por debajo de los $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El valor aceptado de concentración máxima permisible para cortos períodos de tiempo (CMP-CPT) de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ está calculado para prevenir enfermedades agudas y se basa en el estudio de casos producidos en seres humanos y en experimentos realizados con animales. Se han observado casos de enfermedad aguda con concentraciones en aire el orden de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y a niveles de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fueron afectadas la mayoría de las personas expuestas. La adopción del valor $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ brinda un factor 4 de seguridad.

Además de estos límites, que se refieren estrictamente a los trabajadores de las plantas industriales, la USAEC sugirió que en las cercanías de las plantas la concentración mensual promedio a la altura de la zona de respiración no debe ser superior a los

0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La relación 1:200 que se ha fijado para los límites de las exposiciones no ocupacionales-ocupacionales excede las establecidas para otros agentes tóxicos.

5.- SEGURIDAD EN PLANTAS Y LABORATORIOS DE BERILIO.

La única forma de prevenir las enfermedades causadas por éste o sus compuestos es mantener un rígido control para que su concentración en aire no supere los valores máximos permitidos.

El diseño de planta y los procesos de operación que evitan el contacto directo con los materiales y la contaminación ambiente pueden ser considerados controles primarios.

En los casos en que no puedan reunirse estas condiciones se debe contar con métodos secundarios de protección como, por ejemplo, guantes, ropa protectora, respiradores personales, etc..

Cuando existe la posibilidad de elección entre ambos sistemas, debe optarse por el control primario.

Es recomendable que las actividades que involucran el manejo de berilio estén separadas de otras tareas que se desarrollen en la misma instalación. Esto permite restringir la exposición potencial a un menor número de individuos y ejercer un control mayor sobre las operaciones y traslado de materiales de berilio.

A.J.Breslin y W.B.Harris ⁽⁷⁾ recomiendan tener en cuenta para el diseño de instalaciones los siguientes puntos.

- Diseño de procesos y operaciones, de manera tal que produzcan la menor contaminación posible.
- Tomas de ventilación localizadas en todos los puntos potenciales de contaminación.

Condiciones de limpieza controladas.

Provisión de medidas de protección adecuadas.

Cada uno de estos puntos debe considerarse importante en sí mismo y no debe enfatizarse uno en desmedro de otro.

5.1.- Diseño de procesos.

Los contaminantes atmosféricos son controlados por ventilación forzada y resulta evidente que las características de velocidad y volumen del aire circulante, así como el diseño y complejidad de las campanas están en relación directa con el tipo de proceso y detalles de la operación.

Al encararse el diseño de nuevas instalaciones el primer paso debe ser tratar de evitar aquellos que sean intrínsecamente contaminantes. Esto facilitará el paso siguiente que es la planificación del sistema de ventilación apropiado.

Es obvio que el procesamiento de material seco, finamente dividido, producirá más polvo que la utilización de material húmedo. Pero la complejidad del control requerido en el proceso seco está directamente relacionada con el tipo de manipuleo utilizado. Por ejemplo, la ventilación necesaria para un método manual es, por lo general, más compleja y menos efectiva que para un método automático.

Deben tenerse siempre en cuenta los siguientes principios básicos.

- Las maniobras manuales deben reducirse a un mínimo absoluto.

La experiencia ha demostrado que la mayoría de los casos de concentraciones altas de polvo están asociadas a tareas manuales. Cuando estas son necesarias deberán realizarse bajo campana.

- Debe considerarse a todo elemento que haya estado en

contacto con berilio como contaminado y por lo tanto como fuente potencial de riesgo.

Los elementos contaminados no deben ser retirados de las campanas, en las que han sido utilizados, hasta que hayan sido completa y cuidadosamente lavados.

- Cada etapa de un proceso debe ser examinada críticamente para determinar si puede ser sustituida o modificada a fin de hacerla menos contaminante.

- Debe considerarse que el transporte manual de materiales de proceso produce contaminación.
De ser factible económicamente es conveniente utilizar sistemas automáticos de transporte de material. Estos son más fáciles de ventilar y no requieren la presencia de personal salvo para tareas de mantenimiento.

Cada etapa del proceso debe estar estudiada hasta en los más pequeños detalles de operación, teniendo presente estas reglas generales, para asegurar un correcto control.

5.2.- Ventilación.

Un diseño y una operación cuidadosa pueden simplificar y minimizar requerimientos en campanas y ventilaciones pero nunca eliminar completamente la necesidad de éstos.

Cada paso del proceso debe estar provisto de algún tipo de ventilación local.

Los sistemas de ventilación ambiental no brindan seguridad apropiada para fuentes específicas de polvo. Además, de no emplearse en forma adecuada, pueden agravar el problema dispersando polvos asentados en pisos o superficies de trabajo.

El principio básico es contener y eliminar el polvo donde se origina, lo cual se logra en los sistemas de ventilación localizada mediante una correcta selección de campanas y volúmenes de aire.

En forma general las operaciones que se realizan en una planta o laboratorio se pueden agrupar en cuatro categorías.

- Operaciones manuales. Utilizan equipos pequeños, de funcionamiento no automático, con necesidad de acceso continuo durante su operación: maquinado, clasificación, pesadas, etc.. Con pocas excepciones estas operaciones son realizadas con efectividad en campanas que encierren al equipo, con las aberturas mínimas indispensables para el control del proceso.

- Operaciones en batch. Utilizan equipos más grandes, automáticos o semiautomáticos, con necesidad de acceso durante la carga, descarga y control del equipo: mezclado, filtrado, molido, clacindo, etc.. Una característica importante de los equipos utilizados en estas operaciones, es que al ser la mayoría de ellos cerrados el control de polvos es menos crítico durante su operación. Se usan dos tipos de campanas: las que encierran por completo la unidad, con puertas o paneles desplazables que permiten la carga o descarga y las campanas o tomas de ventilación que se aplican a cada lugar del equipo donde se produce polvo. Ambos sistemas tienen ventajas relativas y en muchos casos es necesaria una combinación de ambos.

- Operaciones no asistidas. Utilizan equipos que sólo necesitan acceso para tareas de mantenimiento. Incluyen tanques de almacenamiento, centrífugas con alimentación continua, kilns rotatorios, etc.. Estos equipos pueden normalmente permanecer cerrados minimizando así escapes contaminantes. La necesidad de ventilación general no queda eliminada y debe controlarse frecuentemente el estado de cierres, sellos, uniones, etc.. En ciertos casos, por ejemplo centrífugas continuas, se recomienda la a-

plicación de presiones negativas dentro de los equipos para evitar la fuga de nieblas. En el caso de kilns rotatorios es aconsejable la utilización de tomas de extracción en los extremos en los que se produce la transferencia de material.

En el diseño de sistemas de ventilación (velocidad de transporte, tamaño de conductos, etc.), en la selección de métodos de tratamiento de efluentes gaseosos (lavado, embolsado, precipitación electrostática, etc.), en el diseño y dimensionamiento de chimeneas, en el estudio de dispersión de partículas emitidas, etc. para instalaciones que operan con berilio o sus compuestos se utilizan las prácticas de ingeniería comunes en la industria.

5.3.- Protección e higiene personal.

Como ya se dijo, el uso de respiradores debe tener un papel limitado en el problema de control. En los casos en que sea absolutamente necesario su uso, como por ejemplo en el desarme de equipos o reparación de sistemas de ventilación, es aconsejable optar por los que tienen provisión autónoma de aire y no los que utilizan sistemas de filtro.

Estas operaciones ocasionales deben realizarse preferentemente por grupos pequeños de trabajadores cuidadosamente supervisados, y de ser posible deberán transportarse los equipos involucrados a talleres de reparación especialmente ventilados. La limpieza cuidadosa del ambiente, equipos e instrumental utilizado debe ser parte integral de esta operación.

El Decreto N^o 351/79 Reglamentario de la Ley 19587 de Higiene y Seguridad del Trabajo fija, en diversos artículos, características e indica formas de utilizar elementos de protección personal.

En los Artículos 189, 190, 191, 199, 202, 203, se dan reco-

mendaciones aplicables en instalaciones que trabajen con berilio o sus compuestos, sobre tipos y normas de uso de equipos protectores del aparato respiratorio, ropa de trabajo y su limpieza, instalaciones sanitarias y vestuarios, duchas, etc..

El Artículo 24 del mismo decreto y el 114 del Decreto 1448/73 Reglamentario de la Ley 7229 de Promoción Industrial, establecen la obligatoriedad del examen médico preocupacional. Como dice el Artículo 24 éste se realizará "con el propósito de asegurar que el postulante reúna las condiciones psicofísicas que su trabajo requerirá". Estas no están definidas pero existe coincidencia entre diversos autores ^(2,7,8) en evitar emplear, en la industria relacionada con el berilio, postulantes que presenten historias clínicas de afecciones respiratorias crónicas, tabaquismo, afecciones alérgicas o dermatopatías.

También se reglamenta, en los artículos citados, la necesidad de exámenes médicos periódicos para aquellos que trabajen con sustancias tóxicas o contaminantes. En el caso particular del berilio ambos indican la obligatoriedad de realizar los controles semestralmente.

6.- CONCLUSIONES.

La ocurrencia de enfermedades provocadas por el berilio disminuyó en forma sustancial desde que a fines de la década del 40, primero en los Estados Unidos y luego en el resto del mundo, se adoptaron medidas de control tendientes a mantener bajos los niveles de contaminación atmosférica.

Si se toma como ejemplo a la empresa Brush ⁽³⁾, entre 1940 y 1960 de entre 5000 empleados se registraron 46 casos de beriliosis. Todo el personal afectado estuvo expuesto a altas concentraciones durante períodos relativamente largos. Los controles ambientales implementados en 1950 se vieron en parte contrarrestados por la aparición de nuevos procesos de producción y la contratación de personal sin experiencia. A partir de 1960 mejoras en la tecnología de control dieron lugar a que entre 1961 y 1985 de 4000 trabajadores ingresados en ese período sólo se registraron 5 casos.

Resulta evidente que el diseño adecuado de plantas, la localización correcta de las mismas, la selección cuidadosa de las operaciones y del tipo de equipos a utilizar, el tratamiento de los efluentes y la rigurosa aplicación de normas de higiene industrial, disminuye a niveles aceptables el riesgo de trabajar con berilio y sus compuestos.

7.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- The metal beryllium. (Editado por White,D.W.; Burke, J.E.).
A. Health hazards from beryllium.
Eisenbud, M. 1955
- 2.- Beryllium.
Darwin, G.E.; Buddery,J.H. 1960
- 3.- Historical perspective on the uses and health risk of beryllium.
Preuss,O.F
Fusion technology. Vol 8, N^o 1, Part.2B 1985
- 4.- The chemistry of beryllium.
Everest,D.A. 1964
- 5.- Toxicity of beryllium compounds.
Tepper,L.B.; Hardy,H.L.; Chamberlin,R.I. 1961
- 6.- Proposed standard for occupational exposure to beryllium.
O.S.H.A. Wasington DC USNTIS PB Rep 1977 PB 269665.
- 7.- Health protection in beryllium facilities. Summary of ten years of experience.
Report HASL-36 (Health and safety) 1958
- 8.- Proyecto de medicina e higiene del trabajo para la Planta Piloto de Fabricación de Elementos Combustibles Nucleares.
Mazur,J.R. Dto Medicina e Higiene del Trabajo. CNEA 1979