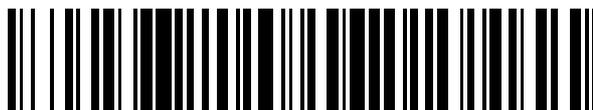


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 439**

51 Int. Cl.:

A62D 3/00	(2006.01)	C02F 1/74	(2006.01)
C02F 1/72	(2006.01)	C02F 1/78	(2006.01)
G21C 19/46	(2006.01)	C02F 9/00	(2006.01)
G21F 9/12	(2006.01)	C02F 101/00	(2006.01)
A62D 3/38	(2007.01)	C02F 1/44	(2006.01)
C02F 1/04	(2006.01)	C02F 1/76	(2006.01)
C02F 1/28	(2006.01)	C02F 11/12	(2006.01)
C02F 1/38	(2006.01)	C02F 1/00	(2006.01)
C02F 1/42	(2006.01)		
C02F 1/66	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2011 PCT/US2011/053185**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2012 WO12050802**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2011 E 11832996 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2593191**

54 Título: **Método y sistema de tratamiento de concentrado**

30 Prioridad:

15.10.2010 US 393804 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.10.2016

73 Titular/es:

**AVANTECH, INC. (100.0%)
2050 Italian American Way
Columbia, SC 29209, US**

72 Inventor/es:

**BRUNSELL, DENNIS, A.;
JENSEN, CHARLES, E. y
BEETS, LARRY, E.**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 587 439 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de tratamiento de concentrado

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica beneficio sobre la solicitud provisional de Estados Unidos N° 61/393.804 presentada el 15 de octubre de 2010, cuya divulgación incorpora en el presente documento como referencia.

10 ANTECEDENTES DE LA PRESENTE INVENCIÓN

1. Sector de la presente invención

15 La presente invención se refiere a un método o proceso para procesar y tratar un líquido o concentrado acuoso radiactivo, tal como una corriente para centrales de combustible nuclear o un concentrado líquido o acuoso que contiene residuos radiactivos.

2. Información de referencia

20 Se ha documentado que una serie de centrales en América del Norte, Asia y Europa, especialmente en Europa del Este, y en otros lugares alrededor del mundo, han estado tratando con el problema de los líquidos concentrados radiactivos almacenados (o agentes radiactivos en solución), o concentrados históricos, que, sobre todo en los últimos 20 30 años, han crecido a grandes volúmenes almacenados en varias centrales. Por lo tanto, la eliminación de radionúclidos de los residuos radiactivos líquidos de las centrales de energía nuclear se ha convertido en una prioridad importante para la Unión Europea y sus estados miembros y otros países del mundo. Estas centrales han incluido con frecuencia centrales nucleares en las que la energía obtenida mediante fisión nuclear se transforma en electricidad.

30 Un ejemplo de una central de este tipo es la central nuclear de Kola en la región de Polyarnye Zori/Murmansk, Federación rusa. En esta central, en un momento dado, los RRL acumulados (residuos radiactivos líquidos) se habían almacenado temporalmente en depósitos de acero inoxidable y se debían procesar de un modo tal que se permita el almacenamiento seguro a largo plazo, el transporte y la eliminación final de dichos residuos. No se ha demostrado que este plan haya tenido un éxito adecuado. La CEN (central de energía nuclear) de Kola tenía un sistema operativo para la eliminación de radionúclidos a partir de decantados de concentrados del evaporador y depósitos cristalinos de sal. Este proceso había consistido en una fase de oxidación y una fase de filtración. En su caso, la oxidación se logró mediante la eyección de ozono en el líquido de residuos radiactivos. Sin embargo, este enfoque no controlaba la temperatura y el pH en un estado ideal para estimular el proceso de ozono involucrado, lo que le permite llegar hasta 90 grados F. (o aproximadamente 32,22 grados C.) donde el ozono soluble pasó a aproximadamente una solubilidad de cero; y, por lo tanto, estaba sujeto a una mala utilización; en los que no se absorbió en agua y se pierde en forma de gas. El pH no se controló en un intervalo óptimo que previniera la precipitación de boro y optimizara la utilización del ozono. La filtración se aplicó para separar los productos de oxidación radiactivos (no solubles) de su fase líquida, pero solo microfiltración en lugar de ultrafiltración, que permitió el paso de actividad de partículas más pequeñas que el intervalo de microfiltración. A menudo se encuentran isótopos de cobalto, plata y hierro en el extremo aproximadamente coloidal al aproximadamente inferior del intervalo de microfiltración. En el pasado, algunos de los enfoques de equipos y métodos utilizados en este sistema se han encontrado deficientes en cuanto al cumplimiento de los requisitos de rendimiento necesarios y con respecto a la fiabilidad o en términos de eficiencia; y, en general, se han necesitado mejoras, importantes de carácter general de este tipo de procesos para abordar esta central y áreas de centrales como esta.

50 Las invenciones objeto de publicación de patente en el pasado adolecen de una serie de desventajas; y, en una o más formas, parecen tener solamente una relación tangencial con la presente invención.

Véase, por ejemplo: la patente de Estados Unidos n.º 4.894.091 de Napier y otros que enseña un proceso para eliminar metales del agua incluye las etapas de prefiltración de sólidos del agua, ajuste del pH a entre aproximadamente 2 y 3, reducción de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, aumento del pH a entre aproximadamente 6 y 8, adición de sulfuro soluble en agua para precipitar los metales de formación de sulfuro y de hidróxido insolubles, adición de un agente de floculación, separación de flóculo que contiene el precipitado y posfiltración de la solución resultante; y en el que la solución posterior a la filtración puede eluir opcionalmente a través de una resina de intercambio iónico para eliminar los iones metálicos residuales.

60 La patente de Estados Unidos n.º 7.772.451 de Enda y otros da a conocer lo que se dice que es un sistema para la descontaminación química del material radiactivo que se puede distinguir de la presente invención en cuanto a que proporciona, en su sentido más amplio, "un sistema para la descontaminación química de material radiactivo que forma un canal para que el líquido fluya a través, que comprende: un bucle circulación conectado al canal para la circulación de un líquido de descontaminación, comprendiendo el bucle de circulación un alimentador de agentes de descontaminación que alimenta el líquido de descontaminación que es reductor y que es una solución acuosa que

comprende un ácido monocarboxílico (a saber, "ácido fórmico") y un ácido dicarboxílico (a saber, "ácido oxálico") para el líquido de descontaminación, un alimentador de peróxido de hidrógeno que alimenta peróxido de hidrógeno al líquido de descontaminación; un intercambiador de iones para la separación y la eliminación de iones metálicos en el líquido de descontaminación, y un ozonizador para la inyección de ozono en el líquido de descontaminación o un alimentador de oxidante que alimenta ácido permangánico o permanganato al líquido de descontaminación; y en el que el sistema no contiene un dispositivo para la reducción de los átomos de hierro trivalente a átomos de hierro bivalente, y en el que cualquier ácido presente en el sistema es un ácido orgánico. Este sistema, así como el de Napier y otros justo anterior, no emplea las etapas del proceso de la presente invención de oxidación o absorción de la oxidación de ozono (I) o reducción isotópica del adsorbente en polvo (II), separación de sólidos-líquidos (III), intercambio iónico ajustable y configurable (IX) (IV), y dentro de la etapa V: descarga de agua (Va) o secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos resultante hasta sólidos secos (Vb).

La patente de Estados Unidos n.º 5.196.124 de Connor y otros parece implicar un método para reducir el contenido en material radiactivo de los fluidos retirados de depósitos subterráneos que emplea el depósito de sólidos adsorbentes dentro de su matriz del depósito que rodea a su pozo de producción para actuar como un filtro *in situ* para los radionúclidos disueltos presentes en las aguas de los poros del depósito. Aunque utiliza una forma de aplicación de absorción, Connor no facilita esta utilización de la misma manera o la estadificación como se describe en la presente invención. No emplea el orden de las etapas utilizadas ni el efecto obtenido de este modo mediante oxidación antes de la adsorción; o separación de sólidos-líquidos, intercambio iónico ajustable y configurable o descarga de agua o secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos hasta sólidos secos, todo después de la etapa de adsorción. Véase también la patente de Estados Unidos 5.728.302 de Connor; que genera distinciones similares en relación con la presente invención.

La patente de Estados Unidos n.º 5.908.559 de Kreisler establece un METHOD FOR RECOVERING AND SEPARATING METALS FROM WASTE STREAMS (Método para recuperar y separar metales de corrientes de residuos). El método implica etapas, distinguibles de la presente invención, en las que: se ajusta el pH de una corriente de residuos; se añade un agente de formación de complejos metálicos; se añade un potenciador del crecimiento de partículas; se añade un agente de floculación que da lugar a una solución; el efluente solución se deshidrata, preferentemente utilizando una prensa de placa y bastidor, lo que tiene como resultado un lodo y un sobrenadante; y los metales se recuperan del lodo tras la fusión, secado y deshidratación de una torta de filtración con potenciadores de la fusión a fin de permitir la eliminación selectiva de un concentrado que contiene metal fundido para la colada en lingotes para su venta a fundiciones primarias.

La patente de Estados Unidos n.º 7.282.470 de Tucker y otros a pesar de la utilización de un aditivo adsorbente soluble en agua, es decir, sorbitol o manitol, por lo demás, es diferente a las etapas del método de la presente invención.

La solicitud de Estados Unidos n.º 200910252663 de Wetherill da a conocer un METHOD AND SYSTEM FOR THE REMOVAL OF AN ELEMENTAL TRACE CONTAMINANT FROM A FLUID STREAM (Método y sistema para la eliminación de un contaminante de oligoelementos de una corriente de fluido) e incluye en sus etapas pasar una corriente de fluido con un contaminante de oligoelemento a través de un monolito de flujo continuo que comprende un catalizador de oxidación para oxidar el contaminante de oligoelemento y poner en contacto la corriente de fluido que comprende el contaminante de oligoelemento oxidado con un adsorbente libre de catalizador de oxidación para adsorber el contaminante de oligoelemento oxidado. Sin embargo, por lo demás, carece del efecto funcional provocado por las otras etapas inclusivas de la presente invención.

En la publicación PCT, documento WO2007123436 (A1) de ALEXANDROVI y otros como inventores; la divulgación parece dar a conocer la utilización de un adsorbente y la utilización de oxidantes tales como permanganato de potasio. Sin embargo, este proceso no utiliza la secuencia de orden de la presente invención, ni emplea separación de sólidos-líquidos III, intercambio iónico ajustable y configurable (IX) (IV), y dentro de la etapa V: descarga de agua (Va) o secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos hasta sólidos secos (Vb), como se lleva a cabo en la presente invención.

La patente rusa RU 2122753 (C1) de Dmitriev y otros parece describir elementos dentro de un proceso que consiste en el tratamiento oxidativo de los residuos mediante ozonización en presencia de catalizador de oxidación y/o un colector de radionúclidos, separación de sólidos-líquidos y, más abajo, una fase líquida finalmente purificada en los adsorbentes selectivos. Sin embargo, la secuencia de orden y la composición cualitativa de las etapas es diferente a las de la presente invención y Dmitriev no utiliza el intercambio iónico ajustable y configurable (IX) (IV), y dentro de la etapa V: descarga de agua (Va) o secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos hasta sólidos secos (Vb) de la misma manera que en la presente invención; ni se desprende de la ausencia de una ilustración descriptiva la ruta y la naturaleza del tratamiento para lograr la separación de los radionúclidos.

El documento US 2006/217584 da a conocer un sistema para el tratamiento de corrientes de residuos acuosos radiactivos mediante la formación de un complejo HEDPA, la destrucción oxidativa con AHA de este complejo, el intercambio iónico para la recuperación de los compuestos radiactivos de la corriente de residuos y una etapa final de evaporación para la reducción del volumen de los residuos. No se aborda una etapa de adsorción para la reducción isotópica.

El documento GB 2 005 655 da a conocer la eliminación de contaminantes ABC de corrientes de residuos acuosos ABC mediante la oxidación y la adsorción de los contaminantes. No se aborda la destrucción selectiva de un complejo para liberar las especies radiactivas para la adsorción.

El documento GB 2 289 975 da a conocer la formación de un complejo radioemisor con un secuestrante orgánico. El complejo se destruye mediante oxidación con ácido nítrico, el tratamiento adicional se lleva a cabo con una columna de intercambio iónico y destilación para la reducción del volumen. No se menciona un material adsorbente para la reducción isotópica ni una etapa de intercambio iónico selectivo específico en la corriente de residuos.

Por lo tanto, los expertos en estas tecnologías entenderán que un proceso y sistema sustancial y distinguible con ventajas funcionales y estructurales se realizan en la presente invención respecto a la última tecnología convencional con respecto al procesamiento, tratamiento, envasado y afectación química al líquido de residuos radiactivos o un fluido concentrado almacenado o situado en una central nuclear o en relación con la misma. También se apreciará que las aplicaciones funcionales de eficiencia, la flexibilidad, la capacidad de adaptación del funcionamiento, la utilidad diversa de la presente invención servirán todas ellas como bases importantes para la novedad de la presente invención, en este sector de la tecnología.

Características de la presente invención

Los anteriores y otros objetivos de la presente invención se pueden lograr con el método de la presente invención. En un aspecto, la presente invención incluye un método y un sistema asociado para el procesamiento y el tratamiento de un concentrado radiactivo, a menudo almacenado como concentrado acuoso histórico, u otros residuos radiactivos o formas de residuos medioambientales o peligrosos, que incluye las etapas, designadas con números romanos: -I-, -II-, -III-, -IV- y -V- de la siguiente manera:

Oxidación u oxidación con ozono -I-, cuando se necesita para la destrucción de los quelantes existentes

Adsorción o reducción isotópica con adsorbente en polvo -II-

Separación de sólidos-líquidos -III-

Intercambio iónico ajustable y configurable (-IX-) -IV-, y

En la etapa -V-: descarga de agua (Va) o secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos resultante hasta sólidos secos (-Vb-).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La única figura ilustrativa de dibujo de la solicitud es un diagrama de flujo y la representación esquemática de un método de sistema de tratamiento de concentrados para tratar un fluido radiactivo acuoso en un ciclo de reactor nuclear o un sistema de residuos radiactivos según una realización de ejemplo de la presente invención, también denominado en el presente documento dibujo o figura del dibujo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

La siguiente descripción de las realizaciones preferentes de los conceptos y enseñanzas de la presente invención se realiza en referencia a la figura del dibujo adjunto, que constituye un ejemplo ilustrado de las enseñanzas y los elementos estructurales y funcionales del método y sistema de la presente invención, entre muchos otros ejemplos existentes dentro del alcance y espíritu de la presente invención.

Con referencia ahora a la única ilustración del dibujo, la única figura del dibujo se presenta en la presente solicitud (también denominada en el presente documento dibujo), de la misma, se ilustra mediante realizaciones de ejemplo por medios esquemáticos de la presente invención que abordan el método de tratamiento de concentrados acuosos radiactivos, el sistema o método de tratamiento de concentrados -10- de la presente invención.

En una realización preferente de la presente invención se incluyen las siguientes etapas:

Oxidación u oxidación por ozono - etapa -I- (número romano uno)

Adsorción o reducción isotópica con adsorbente en polvo, etapa -II-

Separación de sólidos-líquidos, etapa -III-

Intercambio iónico selectivo ajustable y configurable, -IX- etapa -IV-

Etapa V: Descarga de agua -Va- o secado de los sólidos disueltos en la corriente resultante hasta sólidos secos V -Vb- y evaporar la corriente que puede descargarse en el medio ambiente o reciclarse para su reutilización.

La presente invención puede abordar una serie de problemas que afectan a la calidad conocida del agua, los límites de descarga de efluentes propuestos y la reducción del volumen de residuos grande durante el reprocesamiento de concentrados existentes almacenados y nuevos, así como una serie de otras sustancias, concentrados y fluidos. El método de la presente invención -10- también puede actuar para eliminar sustancias, tales como antimonio, cesio, cobalto cromo, manganeso, hierro, plata y otros contaminantes.

La etapa de oxidación -I- (número romano uno) de la presente invención es, preferentemente, una operación discontinua, aunque se pueden usar otros ciclos y orientación de volumen, tales como "continuos", y otros, con una duración de aproximadamente una (1) hora a aproximadamente cuarenta y ocho (48) horas. La corriente de residuos líquidos -8- se proporciona desde una ubicación, área de recipientes o instalación de almacenamiento -6-. Los concentrados o concentrados radiactivos tratados anteriormente que se han almacenado durante un período de años (residuos históricos) o se han producido recientemente son sustancias de residuos radiactivos objeto para los que el proceso de la presente invención se puede utilizar de manera eficaz. En una realización preferente de la presente invención, la corriente -8- consistirá en un concentrado histórico almacenado durante años o producido recientemente, como se ha tratado anteriormente en diversos recipientes o instalaciones.

La corriente de residuos -8- se proporciona o transfiere desde una ubicación de almacenamiento -6-, que contiene dicho concentrado radiactivo, a menudo almacenado, sin limitaciones en lo que respecta al tipo, como concentrado histórico, u otros residuos radiactivos o formas de residuos medioambientales o peligrosos, a la vasija de oxidación de reciclaje -12- a través de la tubería de suministro -14-. Los residuos -8- tratados mediante el método -10- ya contendrán, al menos en parte, con frecuencia quelantes tales como ácido oxálico y ácido cítrico, EDTA, solución LOMI y otros. Más probablemente, aunque no siempre, los residuos 8, el objeto del tratamiento, contendrán ácido oxálico y ácido cítrico y, en ocasiones, EDTA. Como se indica más detalladamente más adelante, estos quelantes u otros presentes se destruirán o inactivarán para que no formen una parte dentro del presente método -10- de extracción realmente o específicamente radioisótopos y sustancias diana de los residuos 8. Esto se consigue principalmente en la presente invención con oxidación y pulido, en oposición a la quelación, tal como se describe en el presente documento.

Durante un período de tiempo contemporáneo durante o después de la transferencia, se pone en marcha la bomba -23- para reciclar el concentrado desde y a la vasija -12- y el intercambiador de calor -18-, cuando se utiliza, y el área de medición del pH y la temperatura (pH/temperatura) -13- y la estación de medición ORP -11- se utilizan con fines de medición para determinar el tratamiento adicional requerido. La idoneidad del pH se determina y se realiza el ajuste, si es necesario, mediante la utilización de un bastidor de inyección química -15-. Si se requiere un agente antiespumante, se añade utilizando el bastidor de inyección química -15-. El intercambiador de calor -18- se utiliza si se requiere ajustar la temperatura para ajustar la temperatura a un intervalo de oxidación más favorable. Debido a la mayor solubilidad del oxígeno y el ozono a temperaturas más bajas, la utilización de refrigeración para mantener una temperatura del concentrado menor aumentará la velocidad de oxidación a medida que se disuelve más oxidante y, por lo tanto, disponible para la oxidación.

Después de las adiciones químicas, el ozono que se suministra en la tubería -17- desde un bastidor de suministro de ozono o módulo -16a- pasa a través del eyector -16b- de ozono -16b- proporcionado o comunicado directamente mediante/en la tubería de suministro de ozono -17- con un volumen de ozono u otro oxidante suministrado a través del bastidor de inyección química -15-. El proceso de oxidación (I) (o un proceso de suministro de ozono) tal como se manifiesta en la vasija -12- también puede implicar (ser asistido o sustituido por) sustancias químicas, tales como permanganato (o permanganato de potasio), hipoclorito (o hipoclorito de sodio), perclorato, y/o peróxido de hidrógeno (H_2O_2), y/u otros oxidantes. La etapa de oxidación (I) (número romano uno) también implicará la medición del ORP y el pH para controlar el estado de la oxidación de la corriente de residuos 8.

En este sentido, como se muestra en el ejemplo en la figura del dibujo, el ORP se mide en la estación de medición de ORP -11- y se recicla en la vasija de oxidación -12-. Al hacer esto, el agua se recicla a través del eyector de ozono 16b para oxidar los compuestos orgánicos y los metales en las aguas residuales desde la vasija -12- y a través del enfriador -18- para mantener una temperatura más baja para una mejor solubilidad de la capa de ozono mediante la bomba -23- u otra energía o fuerza de transporte equivalente. Es una enseñanza de la presente invención que la destrucción de los quelantes; tales como, por ejemplo, EDTA, ácido cítrico, ácido oxálico y otros; es necesaria en el proceso de la presente invención para la liberación de actividad, de modo que esta actividad disuelta se pueda eliminar en forma sólida concentrada y la fase acuosa pueda liberarse al ambiente o reciclarse. Tal como se indica a continuación, la corriente -8- se comunica o transfiere a través de la tubería de suministro -22-, que, al hacerlo, proporciona la transferencia de la corriente -8- como solución oxidada desde la vasija -12- al área de tratamiento de adsorción 20-. La separación del tratamiento a una segunda vasija proporciona un mayor rendimiento del sistema y evita que los posibles residuos del adsorbente se oxiden mediante posteriores tratamientos de oxidación que pueden dar lugar a la formación de las sustancias químicas intermedias que son difíciles de oxidar y que evitan la adecuada eliminación del adsorbente en la etapa de adsorción II (número romano dos).

El pH de la solución que se va a tratar es un factor importante en la utilización de la capa de ozono en formas de realización preferentes de la presente invención. En la etapa de oxidación I (número romano uno), que implica la destrucción del quelante, el pH debe estar, *preferentemente*, por debajo de aproximadamente 12,5 y, *más preferentemente*, menor que (<) aproximadamente 12 para la oxidación de los quelantes. Los valores de pH más altos proporcionan una mala utilización del ozono en la oxidación de los quelantes. El pH de partida puede ser mayor si hay otros compuestos orgánicos presentes y cuando se oxidan reducen el pH al valor preferente antes de la oxidación de los quelantes. De lo contrario, debe añadirse un ácido compatible con el sistema para ajustar el pH a este valor antes del inicio de la oxidación de los quelantes, si está presente.

El pH tiene un efecto grande sobre el ORP necesario para satisfacer la oxidación final requerida. Durante el período de oxidación inicial de los quelantes habituales en el concentrado, el pH no cambia apreciablemente a medida que la estructura del quelante se rompe en componentes químicos más pequeños que no tienen una naturaleza quelante.

5 Cuando el compuesto orgánico del quelante se ha destruido, el pH comienza de nuevo a bajar, lo que indica producción de CO₂. En este momento, la oxidación a menudo es suficientemente completa como para permitir la precipitación de cobalto y otros metales y la liberación de otros isótopos para la eliminación, ya sea mediante adsorbentes o mediante intercambio iónico selectivo.

10 Con respecto a los controles de pH y la etapa de oxidación I en la presente invención, el control del pH es esencial para la solubilidad de algunos componentes y proporciona una oxidación óptima. La solubilidad de algunos componentes es muy sensible a pH; por lo tanto, se puede mantener un pH mínimo o máximo para evitar la precipitación de una sal cuya precipitación no es necesaria antes de la descarga o el secado final. El proceso de oxidación también tiene un pH diana óptimo para minimizar la utilización del oxidante y maximizar la velocidad de oxidación de una especie química dada. En el método 10 de la presente invención, el pH se puede ajustar en diversos puntos de la oxidación para minimizar el tiempo sin que se salga del intervalo de solubilidad. La oxidación de los quelantes suele ser muy lenta a un pH fuera del intervalo óptimo. El ajuste del pH puede retrasarse hasta que compuestos orgánicos de bajo peso molecular y compuestos orgánicos que se oxidan más fácilmente, se oxidan con el fin de desplazar el intervalo de pH a intervalos más óptimos sin la adición de sustancias químicas. Por lo tanto, el control del pH frente a los niveles de ORP durante la oxidación es esencial para saber cuándo hay que añadir sustancias químicas de ajuste del pH. Un período prolongado continuo sin que el pH cambie pero con aumento de la oxidación puede indicar la entrada en el proceso de oxidación del quelante, especialmente cuando el ORP cambia a un incremento de lento a relativamente constante sin una disminución constante del pH. Esto normalmente se produce en aproximadamente el intervalo del ORP de +300 to +1000 mV dependiendo del pH. Por lo tanto, como se muestra en el ejemplo en el dibujo, si el pH en el área de medición de pH/temperatura 13 es mayor que un pH de 12, el pH debe reducirse a mediante la adición de ácidos adecuados en el bastidor inyección química -15-.

Asimismo, en la presente invención, el pH es un indicador cuando la oxidación de los quelantes en componentes más pequeños casi ha finalizado y cuando la oxidación de los componentes más pequeños a CO₂ comienza a disminuir el pH, que ha sido casi constante durante la rotura de los quelantes. La rotura de los quelantes en pedazos más pequeños que ya no pueden quelar los metales se produce de forma preferente a la oxidación de la mayor parte de las piezas. Este proceso de oxidación de los quelantes está indicado por poco o ningún cambio en el pH. Una vez que se ha producido un cambio de aproximadamente 0,01 a aproximadamente 0,1 unidades de pH en más de (>) aproximadamente el 99,9% del quelante ya se ha producido y los radioisótopos pueden eliminarse mediante filtración, adsorbentes (etapa II) e intercambio iónico ajustable y configurable (etapa IV).

En un aspecto relacionado de la presente invención, la tubería de retorno -14a- de la oxidación suministra un volumen de reciclaje que viene a través del intercambiador de calor -18- para disminuir la temperatura del volumen de reciclaje a una temperatura preferente de por debajo de aproximadamente 80°F (o aproximadamente 26,67°C), pero, de forma preferente, más cercana a aproximadamente 60°F (o aproximadamente 15,56°C.) cuando sea posible, antes de entrar en la tubería de suministro -14- directamente a través de la alimentación de suministro del eyector -19- y continuar de nuevo a la vasija -12- como se ilustra esquemáticamente en el dibujo. De esta manera, el ozono puede utilizarse de mejor forma en las tuberías antes y en la vasija -12-.

45 La corriente de residuos -8- se bombea, por ejemplo mediante la bomba -23-, o, de otro modo, se comunica en la tubería de reciclaje de la oxidación -22-, en una secuencia discontinua, a la zona de adsorbente de reciclaje, vasija o recipiente -20-. Como se muestra en el dibujo, la tubería -22- lleva a la tubería de transferencia -21-. Por tanto, la tubería de transferencia -21- constituye una tubería colectora corta entre la tubería de reciclaje de la oxidación -22- y la tubería de reciclaje central -38-, de forma que dicha tubería -38- comunica el reciclaje todo el camino hasta la zona o vasija de adsorción de reciclaje -20-. En la zona del adsorbente -20-, las sustancias adsorbentes se añaden de la zona de suministro de adsorbente -24- a través de la tubería de suministro 24a u otro medio de transferencia o comunicación, y se mezclan bien utilizando un mezclador -25-, o medios de mezclado o agitación equivalentes, con la corriente de residuos -8- en la zona -20-. En la técnica se dispone de y se conocen una serie de sustancias o materiales adsorbentes y, en particular, de adsorbentes en polvo preferentes para su utilización en la presente invención, que se pueden utilizar en la etapa II. El adsorbente podría incluir también medios de intercambio iónico, especialmente en un tamaño de malla más fina que puede no ser práctico para el pulido de la columna. En términos generales, un adsorbente se define como una sustancia que tiene la propiedad de recoger moléculas de otra sustancia objeto (que, a su vez, puede mezclarse con todavía otras sustancias cuya recogida no se busca) mediante adsorción o mediante suspensión y retención de la sustancia objeto de ya sea por adsorción o por absorción. Los adsorbentes en la presente invención se utilizan para eliminar un gran porcentaje de los radioisótopos u otros contaminantes no deseados en lugar de utilizar materiales de intercambio iónico selectivo, ya que estos adsorbentes son, como mínimo, aproximadamente de 10 a 100 veces más eficientes en volumen que los materiales selectivos IX, de manera que los volúmenes de residuos para su eliminación se reducen significativamente, lo que reduce los costes de la operación. Las sustancias adsorbentes se eligen y se mezclan en la vasija -20- de tal manera que la corriente -8- se coloca en una orientación química para la eliminación iónica y de tal manera que se forma un enlace iónico para prolongar el tiempo de retención en esta zona cuando sea necesario. El agente de floculación iónico en

polvo, gránulos o líquido y otras formas de adsorbentes son tales que constituyen material de intercambio iónico como adsorbente y formación de enlaces iónicos y de partículas en etapa temprana. Además, en realizaciones preferentes, precipitan y los sólidos químicamente adsorbentes que se forman en la vasija de adsorbente de reciclaje -20- se transfieren o comunican sobre/en la tubería de transferencia de sólidos -26- hacia el tanque de recogida de sólidos -28-. Este proceso se puede repetir secuencialmente con adsorbentes adicionales cuando sea necesario; es decir, uno o más adsorbentes se pueden añadir al recipiente de adsorbentes -20- de una manera seleccionada para hacer frente a la absorbencia - direccionamiento de una o más sustancias de elementos seleccionadas. Tal adición de adsorbentes individuales, cuando se eligen, crea una adición secuencial de adsorbentes y la estrategia de adición del adsorbente para apuntar mejor a las sustancias de elemento en el recipiente del adsorbente -20- durante períodos de tiempo relacionados o contemporáneos, mientras tales sustancias de elementos están presentes en el recipiente del adsorbente -20- y se están procesando.

La corriente de residuos 8, como se trató en el recipiente o zona -20-, se bombea después o se comunica de otro modo en la tubería de suministro -31- al subsistema que realiza la etapa de separación de sólidos-líquidos III, como se ilustra esquemáticamente en el dibujo. Los sólidos se separan habitualmente utilizando una combinación de separación centrífuga y sedimentación (33) y filtración (34). Los hidrociclones, y medios de este tipo, son un método preferente para la separación inicial de los adsorbentes, seguido de ultrafiltración para eliminar los sólidos muy finos o coloidales. La separación centrífuga es particularmente eficaz en la concentración de los sólidos para su eliminación. Sin embargo, se entenderá que se pueden utilizar otros medios similares para llevar a cabo el mismo propósito funcional.

La unidad de filtro -34-, a la que se proporciona la corriente -8- a través de la tubería de suministro -31-, se ilustra de forma representativa como que una configuración de ultrafiltración que tiene, como mínimo, una subunidad de medios o de membrana. En una realización preferente de la presente invención se utilizan una o más membranas tubulares de ultrafiltración, aunque la ultrafiltración utilizada no tiene que ser de naturaleza tubular y se puede utilizar una o más de tales unidades. Un ejemplo de una unidad de ultrafiltración preferente es el Sistema TUF™ de la firma Diversified Technologies Systems, Inc., en Knoxville, Tennessee. El sistema TUF™, es decir el sistema "de ultrafiltración tubular", filtra la corriente de residuos -8- a menos de aproximadamente 0,05 micrómetros y es capaz de eliminar prácticamente el 100% de los sólidos en suspensión, los complejos metálicos y la mayoría del material coloidal de la corriente de pasándolo a través de una serie de membranas de flujo cruzado. Como se ha indicado, se pueden utilizar otros tipos de membranas de flujo cruzado y medios. Además, en una realización preferente, la separación y el dispositivo de sedimentación -33- y estos tipos de equipos y dispositivos centrífugos, tal como un hidrociclón, se pueden utilizar en el presente método -10- para eliminar los materiales adsorbentes antes de llegar a la unidad de filtro -34- (o unidades de ultrafiltración), para volver a obtener dichos sólidos una vez que se han introducido en la etapa de adsorción II.

Como se ilustra en el dibujo en relación con las respectivas tuberías de reciclaje en realizaciones preferentes de la misma: la primera tubería de reciclaje -22A-, la segunda tubería de reciclaje -31A- y la tercera tubería de reciclaje -36A- se proporcionan como parte del método de la presente invención -10- en las realizaciones preferentes.

Por lo tanto, en una realización preferente del método de la presente invención -10-, la zona de tratamiento con adsorbente (vasija o recipiente) -20- tiene tres posibles trayectorias de reciclaje: primero, segundo y tercer reciclajes, dependiendo de la operación requerida en el sistema. La primera tubería de reciclaje -22A- antes de que el dispositivo de separación y sedimentación -33- permita la mezcla del adsorbente sin la eliminación de sólidos, utilizando de este modo adsorbente que puede sedimentar en la tubería 31- y favorecer la mezcla. La segunda tubería de reciclaje -31A- proporciona la eliminación de los adsorbentes u otros sólidos sin filtración. Esto puede utilizarse cuando el adsorbente actual se debe eliminar antes de añadir un adsorbente posterior. La tercera tubería de reciclaje -36A- puede utilizar tanto el dispositivo de separación y de sedimentación -33- como la unidad de filtro -34- con el rechazo volviendo a través de la tubería de reciclaje -36A- y la tubería -38- a la zona de tratamiento del adsorbente -20- para su posterior procesamiento, proporcionando la bomba-30- la fuerza motriz. La tubería -38- puede comprender varias tuberías respectivas agrupadas para su utilización en diferentes direcciones, según sea necesario. Por lo tanto, si no hay sólidos presentes no hay necesidad de retirar los sólidos antes del tratamiento con el adsorbente (20) en la corriente de concentrado -8- y solo se utiliza un adsorbente en la zona o vasija de tratamiento con adsorbente -20-, utilizándose las tuberías de reciclaje primera y tercera (las tuberías -22A- y -36A- respectivas). Si se deben retirar los sólidos de la corriente de concentrado inicial -8- o si se utilizan, como mínimo, dos (2) ciclos de tratamiento con adsorbente distintos en la zona o vasija de tratamiento con adsorbente -20-; es decir, el primer adsorbente se retira antes de la utilización del segundo (o respectivo adicional) adsorbente para la absorción de sustancias de elementos diana, la segunda (2ª) tubería de reciclaje (tubería -31A-) se emplea adicionalmente. El dispositivo de separación y sedimentación -33- puede ser cualquiera de una serie de separadores centrífugos, por ejemplo, unidades tales como un hidrociclón que se prefiere en las realizaciones que se acaban de tratar en el presente documento, o una centrífuga u otro tipo de equipo u otro equipo similar u otro equipo que realiza una función de separación.

En la realización preferente ilustrada en el dibujo, se utiliza un dispositivo de separación y sedimentación -7- adicional (tal como un hidrociclón o medio de separación equivalente) en la tubería de suministro -14- poco después de salir de la zona de recipiente de almacenamiento -6- en una subetapa para procesar y eliminar los sólidos que, a

continuación, se comunican directamente con la tubería de transferencia de sólidos 7T o sobre/en la misma, al tanque de recogida de sólidos -28-. Los sólidos se pueden eliminar usando un separador de sólidos -7-, preferentemente un hidrociclón, durante esta transferencia para disminuir el consumo de oxidante, disminuir el tiempo para la oxidación y eliminar la posibilidad de liberación de los isótopos radiactivos de los sólidos que más tarde deben eliminarse.

En realizaciones preferentes relacionadas del método de la presente invención -10- y en el caso de la tercera tubería de reciclaje -36A-, partes de la corriente -8- en el lado rechazado de los medios de filtro -35- se reciclan de nuevo a lo largo de la tubería de reciclaje -36A- y la tubería de reciclaje central -38- a la zona o vasija de tratamiento con adsorbente -20- como se ilustra mediante el ejemplo en la ilustración del dibujo. El reciclaje de la corriente -8- a través del ultrafiltro tubular limpia las membranas y da lugar a una vida de la membrana prolongada y menos mantenimiento.

Las partes de la corriente de residuos -8- en el lado del permeado de los medios de filtro -35- en la unidad de filtro -34-, en la etapa de separación sólidos-líquidos III, se comunican directamente con la tubería de permeado del filtro -40-. La tubería -40- comunica dichas partes de la corriente de residuos -8-, que salen de la unidad de filtro -34- a las unidades de intercambio iónico (en realizaciones preferentes de la presente invención), que comprende la etapa de intercambio iónico ajustable y configurable (IX) del método (10) IV. Las unidades de la vasija de intercambio iónico (IX), que pueden tener el número uno (1) o más, se muestran representativamente mediante el ejemplo conectadas en serie por tuberías colectoras, como se ilustra en el dibujo en la conexión y ofrecer las opciones de derivación de las unidades de intercambio iónico (IX) selectivo, ajustable y configurable en el transporte de la corriente -8- en relación unas con otras en una alineación de ejemplo de la siguiente manera: la primera vasija IX -42-, la primera tubería colectora IX -43-, la segunda vasija IX -44-, la segunda tubería colectora -45-, la tercera vasija IX -46-, la tercera tubería colectora -47-, la cuarta vasija IX -48- y la cuarta tubería colectora -49-. La primera vasija IX -42- es suministrada con la corriente de -8- desde la tubería de permeado del filtro -40- y la última (cuarta) vasija IX -48-, en este caso mostrado por el ejemplo en el dibujo, está conectado con la tubería del efluente IX -51-. Las tuberías colectoras -43-, -45-, -47- y -49-, manifestadas funcionalmente como el sistema colector -41-, se instalan y colocan y funciona en la etapa IV de intercambio iónico ajustable y configurable (IX), de tal manera que las tuberías colectoras -43-, -45-, -47- y -49- extienden y se conectan con las respectivas vasijas -42-, -44-, -46- y -48- IX, y se comunican con la tubería del permeado del filtro -40- y la tubería del efluente IX -51-; como se ilustra, por ejemplo, en el dibujo. Cada una de las tuberías colectoras -43-, -45-, -47- y -49- también pueden considerarse funcional y estructuralmente en la presente invención como una cabecera del afluente/efluente con la tubería de conexión de la derivación. Cada una de las tuberías colectoras (-43-, -45-, -47- y -49-), que también pueden describirse como tuberías colectoras del afluente/efluente, consiste en una estructura de conductos con forma de H (es decir, la configuración de la letra alfabética "H" cuando se ve desde al menos una eje de la vista) que tiene válvulas en los conductos que entran (afluente) y salen (efluente) de la vasija. Normalmente, están en una posición abierta cuando la vasija está en servicio. Una válvula también se encuentra en los conductos cruzados entre el afluente y el efluente y se llama válvula de paso. La válvula de paso normalmente está cerrada durante el uso de la vasija. Si se ha de evitar la vasija, la válvula de paso se abre y las válvulas del afluente y el efluente se cierran, por lo que el flujo sortea a la vasija, y se facilita la selección y la alineación ajustable o configurable de dichas vasijas para su utilización específica durante esta etapa cuando se está utilizando en el sector.

Por lo tanto, en conjunto, el sistema colector -41- permite que las vasijas para intercambio iónico (IX) (como se muestra en este ejemplo de la presente invención como -42-, -44-, -46- y 48) entren en la trayectoria del flujo o se eliminen sin cambiar el conducto. Por lo tanto, los medios en las vasijas no estarán expuestos a las aguas residuales que no requieren la eliminación adicional de un isótopo dado o, cuando se han gastado completamente, pueden eliminarse de la trayectoria de flujo para la eliminación de los medios en la etapa IV. Se apreciará que los elementos del sistema de colector -41- se pueden colocar, estructurar y/o conectar para acomodar cualquier número de unidades de vasijas utilizadas en la etapa IV de intercambio iónico ajustable y configurable (IX) y que un número de medios diferentes y orientaciones y posiciones estructurales pueden utilizarse para llevar a cabo la función de derivación en relación con las unidades de las vasijas IX utilizadas para llevar a cabo la etapa IV y la elección de la selección de dichas vasijas IX (por ejemplo -42-, -44-, -46- y/o 48) para utilizarse realmente en la etapa IV cuando el sistema (10) está en funcionamiento en el sector.

También se apreciará que en el equipo que realiza la etapa IV de intercambio iónico (IX) se puede utilizar una serie de matrices IX, secuencias y conexiones. Una de tales disposiciones en una realización preferente de la presente invención utiliza el equipo ilustrado en el dibujo. La etapa IV de intercambio iónico puede utilizar medios que abordan la eliminación adicional a la del cesio. Puede limpiar el agua de todo el cobalto y los demás isótopos diana, tales como los medios para abordar cualquiera de antimonio, cesio y otros isótopos. Se comprenderá que se puede utilizar una serie de sustancias en los medios, incluyendo, pero sin limitaciones a ellos, perla de resina, ceolita y otros.

La quinta etapa general (V) del método de la presente invención; que implica la descarga de agua Va o el secado de los sólidos disueltos resultante hasta sólidos secos Vb, como se ilustra con el ejemplo en la figura del dibujo, implica la comunicación de la corriente resultante -8- de la 4ª vasija IV -48-, la última vasija IX en la matriz seleccionada de dichas unidades (en el caso de ejemplo, la cuarta vasija IX -48-) o la última de dichas unidades utilizadas o elegidas, a la tubería IX del efluente -51- que lleva, o directamente, al tanque control -50-. Las diversas sustancias químicas

que quedan en el agua (es decir, por ejemplo: borato de sodio, sulfato de sodio, permanganatos, nitratos y cloruros) representan los sólidos disueltos. El agua de la que se han eliminado los radioisótopos debe analizarse para determinar el contenido isotópico antes de liberarla al medio ambiente para asegurar que se cumplen los límites de descarga; por lo que el agua se mantiene en el tanque de control -50- antes de su descarga o de que se envíe a la etapa de evaporación Vb.

Por tanto, el agua limpia y ambientalmente adecuada descargada en el mismo, y en realizaciones preferentes confirmado mediante análisis, se puede, liberar y descargar Va al medio ambiente. Este proceso es capaz de liberar al medio ambiente esencialmente aproximadamente el 100% del concentrado disuelto. Una trayectoria alternativa de la corriente descargada en el tanque -50- puede transferirse o comunicarse por la tubería de alimentación del evaporador -53- a la unidad del evaporador -54- para el secado de sólidos disueltos (Vb), produciendo material de residuos sólidos no radiactivos para eliminación industrial y el condensado evaporado descargable y la liberación del vapor a la atmósfera. En el presente método -10- un ejemplo de equipo preferente utilizado para llevar a cabo la evaporación en la unidad -54- es la DrumDryer™, fabricada por Diversified Technologies Services, Inc., Knoxville, Tennessee/EE.UU., que minimiza el volumen del producto secado mediante la producción de un producto duro denso con huecos mínimos. Una serie de otros tipos de medios y equipos también se puede utilizar para llevar a cabo la función de evaporación de la unidad de evaporación -54-. El evaporado es agua de muy alta calidad producida a partir de la unidad de evaporación -54- que está desprovista de sólidos disueltos. El evaporado de la unidad de evaporación -54- se transporta o se envía por la tubería -57b- para su descarga al medio ambiente como parte de la etapa Va en la tubería -57a- u, opcional o selectivamente, su reciclaje a la central por la tubería de reutilización -60- u otros medios que se pueden producir en algunas aplicaciones.

El pH también puede ser una herramienta valiosa en la optimización de la velocidad de secado y reducción al mínimo del volumen seco final. Por ejemplo, en presencia de boro se desea un pH de más de aproximadamente 12 para maximizar la solubilidad del boro antes de la precipitación con un pH óptimo de aproximadamente 12,5 a aproximadamente 13. El pH más alto maximiza la solubilidad del boro evitando de este modo la precipitación prematura, lo que da lugar a una mala transferencia de calor. Esto maximiza la transferencia de calor del líquido desde las superficies de calentamiento a pesar de que el líquido se vuelve muy viscoso. Por lo tanto, cuando la evaporación finalmente se reduce al mínimo a medida que la solución se aproxima a una solubilidad a temperatura elevada, la simple retirada del calor hace que la solución espesa cristalice a medida que la temperatura disminuye. Toda el agua restante se une químicamente en la estructura cristalina.

Por consiguiente, en una realización preferente de la presente invención, el concentrado con una mayoría de boro antes del secado se debe aumentar para maximizar la solubilidad antes de la entrada en la unidad de evaporación -54- para maximizar la eficiencia del secado. Se añade sosa cáustica a través de la estación de ajuste de pH -52- para alcanzar el valor de pH deseado en la estación de medición del pH -56- durante el reciclaje en la tubería de transferencia -50R- con la bomba -55-. En el caso de los sistemas de sulfato, puede ser necesario ajustar el pH en el lado ácido para obtener el mismo efecto.

El pH elevado también minimiza la ebullición nucleada que causa salpicaduras, lo que da lugar a una acumulación de sales en el cabezal de llenado.

Además, las realizaciones preferentes del método -10- de la presente invención incluyen controles de proceso -70- para llevar a cabo de forma remota etapas y subetapas funcionales de la presente invención por ordenador y medios electrónicos.

Por lo tanto, el funcionamiento de la presente invención -10- normalmente puede llevarse a cabo de forma remota y, a menudo, bajo control automático por ordenador para minimizar la exposición radiológica y minimizar las demandas de tiempo del operario. La potencial dosis de algunos de estos componentes puede causar una exposición peligrosa para el personal. Aunque la protección puede reducir al mínimo la exposición, la exposición a largo plazo sigue siendo motivo de preocupación. Por lo tanto, las operaciones remotas para la mayoría de las actividades se pueden utilizar en realizaciones preferentes en la presente invención -10-. Por tanto, la utilización de válvulas automáticas, los motores y alimentadores controlados a distancia, los sensores con pantallas remotas y conexiones para procesar el controlador lógico o PLC están comprendidas dentro de método -10- de la presente invención Asimismo, estos controles pueden activar y controlar el control y finalización de la oxidación, la adición de adsorbente, el nivel, el volumen y el peso, la presión en la filtración y la evaporación.

El PLC es un ordenador programado para controlar todas las funciones principales del sistema en la secuencia requerida para un arranque, funcionamiento y parada seguros del sistema de la presente invención. Esto reduce al mínimo los operarios que deben controlar el sistema y casi elimina la exposición radiológica del operario. El PLC es también un mejor medio de optimizar el funcionamiento del sistema a través de análogos programados que, de otro modo, sería más difícil que los operarios implementaran, lo que requiere una amplia formación.

El PLC controla los parámetros cada pocos segundos y es capaz de reconocer y corregir los problemas operativos, enviar advertencias y alarmas y detener el sistema de forma segura. La optimización de las operaciones puede producirse cambiando las velocidades de la bomba, las posiciones de la válvula y la adición de sustancias químicas

para los problemas de pH o de formación de espuma.

5 El PLC está interconectado mediante la utilización de una interfaz hombre-máquina o HMI, que utiliza una pantalla local exclusiva o una o más pantallas de ordenador en remoto en ordenadores que pueden estar ubicados en una sala de control. Tales ordenadores también pueden estar ubicados en cualquier parte del mundo o de la central a través de conexiones de Internet. Esto permite que los supervisores, la gestión y el equipo suministre de forma remota al monitor el sistema para su correcto funcionamiento y una mayor optimización.

10 La HMI también es capaz de grabar los datos del sistema para disponer de un registro permanente, para establecer las tendencias de los parámetros del sistema y para generar informes de gestión para el funcionamiento del sistema de la presente invención. Estas tendencias e informes pueden advertir a la gestión de los requisitos de mantenimiento próximos. Incluso cuestiones como la limpieza de la membrana pueden manejarse de forma automática entre operaciones discontinuas.

15 Aunque la realización preferente de la presente invención se ha ilustrada y descrito, se apreciará que se pueden realizar diversos cambios en la misma sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención, tal como se establece en las reivindicaciones.

NÚMEROS Y SIGNOS DE REFERENCIA

- 20
- 10- Método y sistema de tratamiento de concentrado radiactivo, el sistema o método de tratamiento de concentrados de la presente invención
 - I- (Número romano uno) Etapa de oxidación u oxidación con ozono o etapa de oxidación
 - II- Etapa de adsorción o reducción isotópica con adsorbente en polvo
 - III- Etapa de separación de sólidos-líquidos
 - IV- Etapa de intercambio iónico ajustable y configurable (IX)
 - V- Etapa de descarga directa de agua (Va) o secado de la corriente de residuos resultante (Vb) y de descarga o reciclaje de agua
 - 8- Corriente de residuos o corriente de alimentación
 - 6- Ubicación, zona de recipiente o instalación de almacenamiento
 - 12- Vasija de oxidación de reciclaje
 - 14- Tubería de suministro (12)
 - 14a- Tubería de retorno de oxidación
 - IX- Intercambio iónico
 - 16b- Eyector de ozono y equipo de mezcla
 - 17- Tubería de suministro de ozono
 - 16a- Bastidor o modulo de suministro de ozono
 - 11- Estación de medición del ORP
 - 18- Intercambiador de calor
 - 23- Bomba (u otra energía o fuerza de transporte equivalente)
 - 22- Tubería de reciclaje de la oxidación
 - 24- Zona de suministro de adsorbente
 - 24a- Tubería de suministro de (24)
 - 13- Zona de medición de temperatura/pH
 - 15- Bastidor de inyección química
 - 19- Alimentación del suministro del eyector
 - 20- Zona de tratamiento con adsorbente (vasija o recipiente)
 - 38- Tubería de reciclaje central
 - 21- Tubería de transferencia
 - 25- Mezclador
 - 26- Tubería de transferencia de sólidos
 - 28- Tanque de recogida de sólidos
 - 31- Tubería de reciclaje del adsorbente
 - 34- Unidad de filtro
 - 35- Medios de filtro de (34)
 - 33- Dispositivo de separación y sedimentación (y tipos de equipo y medios de esta clase)
 - 22A- Primera tubería de reciclaje
 - 31A- Segunda tubería de reciclaje
 - 36A- Tubería de reciclaje del filtro o tercera tubería de reciclaje
 - 30- Bomba (u otro medio de motivo o fuerza de transporte)
 - 7- Dispositivo de separación de sólidos
 - 7T- Tubería de transferencia de sólidos

-28-	Tanque de recogida de sólidos
-40-	Tubería del permeado del filtro
-42-	Primera vasija IX
-43-	Primera tubería colectora IX
-44-	Segunda vasija IX
-45-	Segunda tubería colectora IX
-46-	Tercera vasija IX
-47-	Tercera tubería colectora IX
-48-	Cuarta vasija IX
-51-	Tubería del efluente IX
-49-	Cuarta tubería colectora IX
-41-	Sistema colector
-50-	Tanque de control
-53-	Tubería de alimentación del evaporador
-54-	Unidad de evaporación
-52-	Estación de ajuste del pH
-56-	Estación de medición del pH
-50R-	Tubería de reciclaje de (50)
-55-	Bomba
-57a-	Tubería (asociada con la etapa Va)
-57b-	Tubería (asociada con la etapa Vb)
-60-	Tubería de reutilización (tubería de reciclaje selectivo a la central)
-70-	Controles del proceso (para el manejo del sistema a distancia o por ordenador)
PLC	Ordenador utilizado dentro del alcance y las enseñanzas de la presente invención, programado para controlar todas las funciones principales del sistema -10- en la secuencia requerida para un arranque, funcionamiento y parada seguros del sistema de la presente invención
HMI	Interfaz hombre-máquina (o HMI) que es una pantalla local exclusiva, o en una o más pantallas de ordenador remoto en ordenadores que pueden estar ubicados en una sala de control que soportan la utilización de la presente invención, en la que dichos ordenadores también pueden estar ubicados en cualquier parte de la central de la zona de soporte de la utilización de la presente invención o en cualquier lugar en el mundo en que ha disponibles líneas de internet

Referencias

Las siguientes referencias, que tienen una potencial relevancia para la presente área de tecnología:

5	Solicitud de patente europea, n.º de publicación EP 0 428 868 (A2)
	Solicitud de patente europea, N.º EP 0 765 842 (A1)
	Solicitud de patente europea, N.º EP 1 803 689 (A1)
	Solicitud de patente europea, N.º EP 1 837 075 (A2)
10	Patente Rusa N.º RU 2 105 366 (C1)
	Patente Rusa N.º RU 2 122 753 (C1)
	Patente Rusa N.º RU 2 203 512 (C2)
	Patente Rusa N.º RU 2 225 049 (C1)
	Patente Rusa N.º RU 2 268 513 (C1)
15	Patente Rusa N.º RU 2 313 148 (C1)
	Patente Rusa N.º RU 2 342 720 (C1)
	Patente Rusa N.º RU 2 342 721 (C1)
	Patente de Ucrania N.º UA 14319 U
	Publicación internacional PCT N.º WO 02/096559 (A1)
20	Publicación internacional PCT N.º WO 2007/123436 (A1)
	Publicación internacional PCT WO 2008/002282 (A1)
	Patente de Estados Unidos n.º 3.947.354
	Patente de Estados Unidos n.º 4.814.091
	Patente de Estados Unidos n.º 5.080.799
25	Patente de Estados Unidos n.º 5.196.124
	Patente de Estados Unidos n.º 5.728.302
	Patente de Estados Unidos n.º 5.908.559
	Patente de Estados Unidos n.º 5.030.587
	Patente de Estados Unidos n.º 7.282.470 (B2)
30	Patente de Estados Unidos n.º 7.772.451 (B2)
	Publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2009/0252663 (A1)
	Publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2010/0059428 (A1)

REIVINDICACIONES

1. Método para tratar una corriente de residuos líquidos o acuosos que consiste en, como mínimo, uno de un grupo de residuos que consisten en fluido de concentrado radiactivo, otras formas de residuos radiactivos y concentrados de los mismos, que se han almacenado durante un período de años; y convertir la corriente de residuos en, como mínimo, una de dos formas seleccionadas, incluyendo una forma que puede solidificarse, o forma solidificada, para la eliminación segura, y una forma acuosa que se puede liberar de forma segura al medio ambiente, comprendiendo dicho sistema las etapas, designadas con números romanos: I, II, III, IV y V, de:
- (I) oxidar la corriente de residuos de modo que el material o sustancia quelante existente contenida en la corriente de residuos se haga sustancialmente no eficaz como quelante de metales o se destruya, liberando de este modo los metales en forma iónica, y la corriente de residuos se haga sujeta a, o permita la, precipitación de cobalto y otros metales, y la liberación de otros isótopos para su eliminación;
 - (II) mezclar la corriente de residuos con, como mínimo, un material adsorbente diana para la reducción isotópica;
 - (III) separar la corriente de residuos en componentes sólidos y líquidos;
 - (IV) tratar la corriente de residuos mediante intercambio iónico selectivo (IX); y
 - (V) procesamiento final, en el que se escoge, como mínimo, una etapa de un grupo que consiste en:
 - (Va) descargar la corriente de residuos en dicha forma acuosa, y
 - (Vb) secar una corriente de residuos resultante que tiene sólidos disueltos hasta sólidos secos, como dicha forma solidificada.
2. Método, según la reivindicación 1, en el que:
- las dos formas seleccionadas consisten en una forma que puede evaporarse hasta una forma sólida o solidificada que puede liberarse de forma segura a un medio ambiente industrial no radiactivo, y una forma acuosa que puede liberarse de forma segura a un medio ambiente exterior;
- la etapa (I) se cicla a través de, como mínimo, una operación seleccionada de un grupo de operaciones que consisten en: operación discontinua, operación continua y otros ciclos de operaciones de procesamiento de volumen; y
- la operación de procesamiento de volumen tiene una magnitud de tiempo de aproximadamente una (1) hora a aproximadamente cuarenta y ocho (48) horas.
3. Método, según la reivindicación 2, en el que, durante un período contemporáneo de tiempo durante o después de que dicha corriente de residuos se está transportando o transfiriendo, la corriente de residuos se recicla y retorna a la vasija de oxidación de reciclaje (12), sirviéndose dicha vasija de oxidación (12) de forma selectiva proporcionando intercambio de calor (18) cuando sea necesario para ajustar la temperatura a un intervalo de oxidación más favorable; y en el que una zona de medición del pH y de la temperatura (13) y estación de medición del ORP (11) se utilizan para fines de medición para determinar el tratamiento adicional requerido.
4. Método, según la reivindicación 3, en el que el pH se determina y se realiza el ajuste, si es necesario, mediante la utilización de un medio para la inyección química (15).
5. Método, según la reivindicación 4, en el que:
- el pH es inferior a aproximadamente 12, y/o
- el ORP es de aproximadamente +300 mV a aproximadamente +1000 mV después de ajustar el pH.
6. Método, según la reivindicación 3, en el que el medio para proporcionar intercambio de calor (18) funciona para bajar la temperatura de la corriente de residuos hasta una temperatura de menos de aproximadamente 80°F o aproximadamente 26,67°C.
7. Método, según la reivindicación 1, en el que, la etapa (I) es una etapa de oxidación o de oxidación con ozono, que comprende además las subetapas de:
- comunicar la corriente de residuos (8) desde una instalación o zona de almacenamiento (6) a través de un medio para la separación de sólidos (7), desde donde una parte de sólidos de la corriente de residuos se transporta a un tanque de recogida de sólidos (28), y una parte restante de la corriente de residuos se transporta a una vasija de oxidación de reciclaje (12) para el procesamiento en la misma,
- transportar la corriente de residuos después del procesamiento en la vasija de oxidación de reciclaje (12) a un medio para medir el pH y la temperatura (13), y, además, a través de un medio para proporcionar la medición del ORP (11), y
- transferir, como mínimo, parte de la corriente de residuos a un medio para proporcionar intercambio de calor (18), comunicando el medio (18) con una alimentación de suministro de eyección (19) y el medio para proporcionar eyección de ozono y mezclar (16b), a través del cual se comunica la corriente de residuos con una tubería de retorno de oxidación (14a) de vuelta a la vasija de reciclaje (12), estando dicha tubería (14a) comunicada además

con un medio para proporcionar selectivamente inyección química (15) y estando simultáneamente servida por el mismo.

5 8. Método, según la reivindicación 7, en el que, la etapa (II) es una etapa de adsorción o de reducción isotópica con adsorbente en polvo, que comprende además las subetapas de:

dirigir, como mínimo, una parte de la corriente de residuos restante no transferida al medio para proporcionar intercambio de calor (18), y transferir la corriente de residuos restante a una zona de tratamiento con adsorbente (20),

10 seleccionar, como mínimo, una sustancia adsorbente cuando se desea eliminar, como mínimo, un elemento diana sujeto o isótopo formador de una parte de la corriente de residuos transferida a la zona de tratamiento con adsorbente (20), añadir, como mínimo, una sustancia adsorbente seleccionada a la zona de tratamiento (20) y mezclarla dentro de la misma, y coordinar, como mínimo, una subetapa adicional seleccionada entre un grupo que comprende la repetición de la selección de, como mínimo, una sustancia adsorbente hasta que ha pasado el tiempo suficiente para absorber sustancialmente el elemento diana o isótopo formador de una parte de la corriente de residuos, y reciclar la corriente de residuos transferida a la zona de tratamiento con adsorbente (20) hasta que ha pasado el tiempo suficiente para absorber sustancialmente el elemento diana o el isótopo formador de una parte de la corriente de residuos, en el que dicha al menos una sustancia adsorbente se selecciona entre un grupo que consiste en un agente de floculación iónico en polvo, granular, líquido y otras formas de adsorbentes;

20 comunicar la corriente de residuos desde la zona (20) a un medio para la separación y sedimentación (33), en el que, como mínimo, una parte de la corriente de residuos se separa de un material sólido, y en el que, entre la zona de tratamiento con adsorbente (20) y el medio para la separación y sedimentación (33) que comunican un primer medio (22A, 38), para el reciclaje seleccionable a la zona de tratamiento (20), cuando se selecciona, de una parte de la corriente de residuos elegida para que no pase a través del medio de separación y sedimentación (33),

25 transferir el material sólido desde el medio de separación y sedimentación (33) al tanque de recogida (28), y transferir la corriente de residuos restante desde el medio (33) a una unidad de filtro (34), y en el que, entre el medio de separación y sedimentación (33) y la unidad de filtro (34) que comunica un segundo medio (31A, 38) para reciclar de forma seleccionable a la zona de tratamiento (20), cuando se selecciona, de una parte de la corriente de residuos elegida para que no pase a través de la unidad de filtro (34).

30 9. Método, según la reivindicación 8, en el que como parte de la etapa (II), se añade un material adsorbente y se mezcla (24, 24a) en la zona de tratamiento con adsorbente (20), y seleccionándose el primer medio (22A, 38) para el reciclaje seleccionable a la zona de tratamiento (20) y repitiéndose cuando es necesario hasta que haya pasado el tiempo suficiente para absorber sustancialmente el, como mínimo, un elemento diana sujeto.

35 10. Método, según la reivindicación 8, en el que como parte de la etapa (II) se requiere la eliminación del segundo medio (31A, 38) para el reciclaje seleccionable que se está utilizando para la eliminación de los adsorbentes y otros sólidos sin pasar dichos materiales a través de la unidad de filtro (34), y que se están utilizando un adsorbente se está utilizando actualmente, antes de añadir un adsorbente posterior a la zona de tratamiento con adsorbente (20).

40 11. Método, según la reivindicación 8, en el que, la etapa (III) es una etapa de separación de sólidos-líquidos, que comprende además las subetapas de:

filtrar la corriente de residuos restante a través de un medio de filtro (35) de la unidad de filtro (34),

45 comunicar con el lado rechazado del medio de filtro (35) un tercer medio (36A, 38) para el reciclaje seleccionable a la zona de tratamiento (20), para reciclar, como mínimo, una parte de la corriente de residuos, que no pasa a través de los medios (35), a la zona de tratamiento adsorbente (20), y

dirigir simultáneamente, como mínimo, una parte de la corriente de residuos, que pasa a través del medio (35) a un sistema colector (41).

50 12. Método, según la reivindicación 11, en el que la corriente de residuos pasa a través del dispositivo de separación y sedimentación (33) y a la unidad de filtro (34), y en el que una parte de rechazo del lado de rechazo del medio de filtro (35) de la unidad de filtro (34) está siendo devuelta a través de del tercer medio (36A, 38) para el reciclaje seleccionable a la zona de tratamiento (20) para su posterior procesamiento.

55 13. Método, según la reivindicación 11, en el que, cuando no hay sólidos presentes en la corriente de residuos y no hay necesidad de eliminar los sólidos antes de pasar a través de la zona de tratamiento de adsorbente (20), y solo se utiliza un adsorbente en la zona tratamiento con adsorbente (20), se utiliza el primer medio para reciclaje seleccionable (22A, 38) y el tercer medio para el reciclaje seleccionable (36A, 38), a la zona de tratamiento (20).

60 14. Método, según la reivindicación 11, en el que, cuando se seleccionan y se utilizan, como mínimo, dos pases de procesamiento separados a través de la zona de tratamiento con adsorbente (20) o se elimina un primer adsorbente de la zona de tratamiento (20) antes de añadir y usar un segundo o respectivo adsorbente adicional, para la absorción de sustancias elemento diana, se está utilizando el segundo medio para reciclaje seleccionable (31A, 38), a la zona de tratamiento (20).

65

15. Método, según la reivindicación 11, en el que, la adición de uno y más de un adsorbente a la zona de tratamiento con adsorbente (20) de una manera seleccionada para abordar la absorbencia dirigida a uno y más de uno de dicho elemento o isótopo diana sujeto, y de manera que dicha adición de los respectivos adsorbentes individuales cuando se eligen, crean una adición secuencial de adsorbentes y la estrategia de adición de adsorbentes para absorber mejor el elemento diana sujeto en la zona de tratamiento (20) y cuando está presente más de uno de tales elementos diana sujeto, durante períodos de tiempo relacionados o simultáneos mientras el elemento diana sujeto de interés está presente en la zona de tratamiento (20).
16. Método, según la reivindicación 11, en el que, la etapa (IV) es una etapa (IX) de intercambio iónico ajustable y configurable que comprende además:
- el procesamiento de la corriente de residuos que pasa al sistema colector (41) mediante la eliminación selectiva de los isótopos, en el que el sistema (41) comprende, como mínimo, una unidad de vasija (42) para el intercambio iónico, estando la unidad (42) servida y conectada a, como mínimo, una tubería colectora (43), y en el que una y más de tales vasijas son desplegadas selectivamente en serie y ajustables y configurables a través de la función de derivación, en la determinación de la trayectoria de flujo y el tratamiento selectivo IX a través del sistema (41), y la salida de la corriente de residuos restante desde el sistema (41) a un medio de transporte del efluente IX (51).
17. Método, según la reivindicación 16, en el que, como parte de dicha etapa (V), las subetapas comprenden:
- transportar la corriente de residuos restante en el medio de transporte (51) a un medio para el almacenamiento y control del fluido (50), pasar al menos una parte de la corriente de residuos restante desde el medio (50) a, como mínimo, uno del grupo que consiste en:
- la descarga de agua (Va), y el secado de los sólidos disueltos en la corriente de residuos resultante (Vb); y guiar de forma simultánea, como mínimo, una parte de la corriente de residuos restante a través de un subproceso de reciclaje en el que la corriente de residuos se devuelve al medio para almacenar y controlar el fluido (50).
18. Método, según la reivindicación 17, en el que:
- la descarga de agua (Va) comprende, como mínimo, un medio para la descarga en el medio ambiente de la corriente de residuos restante como agua limpia; el secado (Vb) comprende, como mínimo, un medio para proporcionar transporte de alimentación del evaporador (53) de, como mínimo, una parte de la corriente de residuos restante desde el medio (50), un medio de evaporación (54) en comunicación con el medio (53), y un medio conectado a la evaporación (54) para el reciclaje selectivo de nuevo a la zona de la instalación o de almacenamiento (6).
19. Método, según la reivindicación 1, para el tratamiento de una corriente de residuos líquidos o acuosos;
- en el que dicha corriente de residuos líquidos o acuosos se encierra internamente dentro de un ambiente de tratamiento;
- en el que la forma acuosa puede liberarse al medio ambiente como agua limpia liberada adecuada para el medio ambiente; y en el que la etapa (I), de oxidar la corriente de residuos a través de un factor de ajuste del pH de tal manera que cualquier material quelante existente, o sustancia del mismo, se haga sustancialmente no eficaz como quelante de metales o se destruya, con lo que el pH se baja y sustancialmente no se modifica y se produce CO₂, y la corriente de residuos se hace sujeta a, o permite, en virtud de la ausencia de unión al quelante, precipitación de cobalto y otros metales y la liberación de otros isótopos para la eliminación.

