

PROTOCOLO COLABORACIÓN PARA LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS MATERIALES METÁLICOS. CUANDO LA AUTORREGULACIÓN GUÍA LA REGULACIÓN



SANTIAGO OLIVER SANJUÁN

Director de Sostenibilidad, Energía e Innovación
UNIÓN DE EMPRESAS SIDERÚRGICAS (UNESID)

ORIGEN Y ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Prácticamente cualquier artículo que trata la problemática de las fuentes huérfanas comienza haciendo referencia al caso dramático del accidente de Goiânia (Brasil). Este consistió en el robo de una fuente radiactiva médica en desuso de un hospital abandonado y que fue manipulada por varias personas, lo que originó 4 muertes el primer mes, 250 personas contaminadas y el hundimiento temporal de la economía de la región, generando un efecto de pánico ante cualquier material procedente de la misma. Sin embargo, ya existían precedentes como el procesamiento de fuentes llegando incluso a la comercialización e instalación en edificios en EEUU o la importación de acero para reciclaje de Ciudad Juárez en México carente de garantías contra la radiactividad.

Comencemos por el principio y demos algunas definiciones básicas. La OIEA denomina fuente huérfana, a aquella fuente radiactiva que no está sometida a control reglamentario, sea porque nunca lo ha estado, sea porque ha sido abandonada, perdida, extraviada, robada o transferida sin la debida autorización. Denominamos NORMs a los materiales que contienen elevados niveles de radionúclidos de origen natural (series de decaimiento del Torio-232 y Uranio-238, identificados por la forma de Radio-228 Torio-228 y Radio-226 respectivamente). Usualmente por algunos procesos naturales y con más frecuencia industriales pueden elevar su concentración hasta niveles que obligue a su control regulatorio, es lo que en el argot se consideran TE-NORM (*technological enhanced NORM*). A lo largo de este texto no haremos distinción al respecto. Finalmente existe otra categoría variopinta de otros materiales productos, etc de consumo o piezas de los mismos que en su momento se produjeron o bien incorporando muy pequeñas fuentes (caso de pararrayos, o detectores iónicos de humo), elementos radioactivos pinturas luminiscentes, o elementos que tienen

radioactividad, como son el torio, o uranio, usados como contrapesos, blindajes (por su elevado peso específico) lentes ópticas antiguas que contenían torio, y productos y artículos de consumo que se fabricaron tras el procesamiento de una fuente radiactiva inadvertida tiempo atrás y que han incorporado dicha radioactividad.

Entre los materiales de consumo que pueden aparecer contaminados, y en este caso no son ejemplos del protocolo, se han detectado casos llamativos como fue la producción de botones de ascensor de acero inoxidable procedentes de acero de la India contaminados con cobalto 60, que se distribuyeron en 2008 por toda Europa y que obligaron a la empresa a actuar sobre 3.000 ascensores incluyendo unos 500 ascensores españoles, con un importante coste económico y reputaciones; piezas de menaje y otras producidas en Turquía en 2014 que se detectaron en la importación a través del equipamiento asociado al Proyecto/Protocolo Megaport relativo a puertos que tienen tráfico con EEUU; o el anteriormente caso comentado de las barras de acero corrugado que se comercializaron en EEUU y México y que obligo a desmontar edificios ya construidos. Hay muchos más casos porque entre la chatarra aparecen objetos diversos contaminados. Si el productor no controló en sus entradas de chatarra, no midió en su producto, y no controló en las salidas, nadie se entera que se ha podido procesar y contaminar el acero, u otros metales fabricados.

El antecedente en España

Partimos de que las instalaciones que intervienen en el ciclo de reciclado metálico: chatarrerías, plantas de procesamiento de la chatarra metálica y las acerías, fundiciones férreas o no férreas, donde puedan aparecer fuentes huérfanas o materiales contaminados comentados no tiene la consideración de instalación radiactiva ni está sujeta a un control de regulatorio por ese motivo. Pueden darse el caso de que algunas instalaciones posean fuentes radiactivas en sus actividades con otras finalidades. Sin embargo, el procesa-

miento de fuentes radiactivas es un riesgo real constatado y con ello, ha generado inicialmente en el ámbito europeo un régimen regulatorio específico, que en gran medida, se ha nutrido del [Protocolo de Colaboración sobre la Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos \(PCVRMM\)](#).

El 30 de mayo de 1998 una planta siderúrgica española fundió inadvertidamente, durante el proceso de reciclado de la chatarra férrea, una fuente de Cesio-137 de aproximadamente 120 Ci, actividad estimada posteriormente. Se empezó a sospechar del evento al cabo de un par de días, tras detectarse radioactividad en un camión a la salida con polvos de los filtros de las captaciones de la acería, pero la falta de conocimiento y experiencia retrasó la toma de decisiones. Se informó al CSN en 10 días. Otros dos días después, se detectaron niveles elevados de Cs-137 en el sur de Francia y norte de Italia. La instalación española ya contaba con detectores de radioactividad, pero desafortunadamente estuvieron en mantenimiento unos días lo que pudo permitir que entrara la fuente a los parques de chatarra mezclada en alguno de los cargamentos de residuos férreos. Los accidentes siempre son consecuencia de una cadena de hechos desafortunados.

Afortunadamente tras la revisión del personal que pudiera haber sido expuesto a la radiación no se identificó contaminación relevante en ningún trabajador y solo una mínima exposición en 5 de ellos.

Se contaminaron tres empresas, y acarreoó un coste de descontaminación y gestión estimado de 26 M€, considerando las pérdidas por cese de producción. El material contaminado sometido a control regulatorio generado fue de [1.991 m³](#). Y, obligó a las instalaciones que Enresa tiene en el Cabril a construir una instalación dedicada a la gestión de este tipo de material (Foto 1).

El desarrollo

Este hecho, sirvió para poner el foco en España en el problema de las fuentes huérfanas, que acaban en los circuitos de reciclado. En España la producción de acero mediante reciclado de chatarra es el sistema mayoritario. Los implicados se pusieron manos a la obra siendo el origen del [Protocolo de Colaboración sobre la Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos](#), en adelante el Protocolo o PCVRMM. Se redactó en tan solo año y medio tras el incidente que lo des-

encadenó y se firmó el 2 de noviembre de 1999. **La posible presencia de material inadvertido – y la recuperación del mismo en condiciones seguras – es un asunto que incumbe a todos los firmantes**, y se evitó buscar culpables. Todos compartimos una parte de la responsabilidad: el regulador, el Ministerio donde se ubique la competencias relativa a gestión de instalaciones radioactivas (actualmente la secretaría de Estado de Energía adscrita al MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), el gestor del material que se identificara (Enresa), toda la cadena de reciclado, representada tanto por la asociación de recuperadores (FER) y como por la siderurgia (UNESID) y Puertos (representado por el Ministerio competente por la relevancia de la importación vía marítima de residuos férreos para el reciclado en nuestro país). A finales de 2002/principio de 2003 se adhirió a los representantes de los trabajadores a través de sindicatos UGT y CCOO, la Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL), la Unión Nacional de Industrias del Cobre (UNICOBRE), la Unión de Industrias del Plomo, y la Federación Española Asociaciones de Fundidores (FEAF).

Ejemplos prácticos del resultado de la implantación del protocolo

No es precisamente lo deseable en el funcionamiento del protocolo, pero sirve como comparación: 21 años después una planta de recuperación no férrea en el norte de España procesa una fuente de mucha menor entidad (porque es difícil que una fuente con una actividad importante se salte los sistemas de detección previos) y no se generan más que algunos metros cúbicos de material para ser transferidos a Enresa para su gestión. Ninguna persona se vio expuesta a la radiación o contaminación. La detección previa de material junto a sistemas de control a la entrada y salida de chatarra, del metal ya reciclado, de otros subproductos y residuos, planes de contingencia ya establecidos, y otras medidas favorecen la rápida respuesta en caso de un incidente, la reducción de los residuos generados, y la minimización de la dispersión de la radioactividad y exposición de personas. La mejora es obvia.

Sin embargo el mejor resultado del protocolo es precisamente que no ocurra nada, y que se segreguen los materiales sin que sean procesados.

A lo largo de los 23 años de funcionamiento el protocolo ha sacado de la circulación casi 290 fuentes, provenientes



Foto 1. Proceso de construcción (en 2007) en la instalación de Enresa en El Cabril dedicado al depósito de las detecciones del Protocolo y asimilables. Fuente: propia.

Estimación Categoría OIEA segregadas por PCVRMM(Incluye aplic. fuentes segregadas 1998-2121. Antes y después de definición OIEA en 2013)		
3 (peligrosa)	4 (poco probable de ser peligrosa)	5 (muy poco probable de ser peligr.)
0,3%	13,5%	86,1%

Tabla 1. Extrapolación porcentual clasificación en la escala de la OIEA de las fuentes huérfanas segregadas en PCVRMM y transferidas a Enresa, no exclusivamente desde existencia de dicha escala (2013). Debe considerarse como referencia. Elaboración propia. Fuente de datos CSN a cierre 2021.

de 28 países, y otros 1.350 materiales diversos (estas cifras varían ligeramente según se contabilicen detecciones o material finalmente transferido a Enresa). De entre estas, tan solo una fuente ha recibido la categoría 3 de las categorías de la OIEA sobre fuentes huérfanas ([ver anexo II. Guía SSG-17.2013](#)). Dicha valoración considera la actividad y el radioisótopo, para aproximar la peligrosidad real de la misma en una escala de 1 al 5 (Tabla 1).

Entrando ya en funcionamiento práctico del PCVRMM, se ha elaborado un **creciente** número de documentación sobre el tema. La clave para el buen desarrollo es que **todos los implicados aportan su perspectiva** para que las guías, recomendaciones y acuerdos generados se conviertan en **elementos de uso práctico y real**, adaptados a la diversa tipología de usuarios. Como ejemplos cito algunos con su contenido, para que los lectores comprendan su alcance:

- Procedimientos poder minimizar la entrada de fuentes si se cuenta con sistemas de detección en la entrada de material (pórticos).
- Procedimiento para verificar y tarar pórticos de detección de un modo homogéneo y evitar exceso de alarmas que puede generar una pérdida de atención en situaciones relevantes.
- Guía para segregar el material correctamente en condiciones seguras y trasladarlo igualmente a un lugar adecuado a la espera de su gestión.
- Documento para notificar incidencias de manera uniforme y correctamente al regulador, y de una manera rápida.
- Recomendaciones para minimizar la exposición de los trabajadores si se fundiera una fuente en una acería.
- Planes de actuación de referencia para agilizar la descontaminación de las instalaciones y que pueda volver a funcionar lo antes posible, minimizando la dispersión y con ello generar un mínimo de volumen de material contaminado, y que además el material contaminado sea lo más fácilmente transportable y gestionable.
- Catálogo de elementos radiactivos más fáciles de identificar.
- Valoración continua para identificar tipologías de material
- **Revisión de causas, soluciones y acciones de mejora tras cada incidente, identificación de material relevante o casuística nueva.**
- Valoración para identificar áreas de procedencia de material con menor control regulatorio en origen, para extremar la vigilancia.
- Documentación de vigilancia radiológica en origen, y en cadena de suministro vía transporte marítimo y terrestre.
- Recomendaciones de sistemas de vigilancia en función de la actividad productiva (Foto 2).

En estos documentos se identifican aspectos que difícilmente podrían hacerse valorado con la perspectiva de un limitado número de redactores no implicados en los muchos aspectos que tiene la presencia de material radioactivo en el ciclo del reciclado, desde los procesos productivos, el ámbito regula-

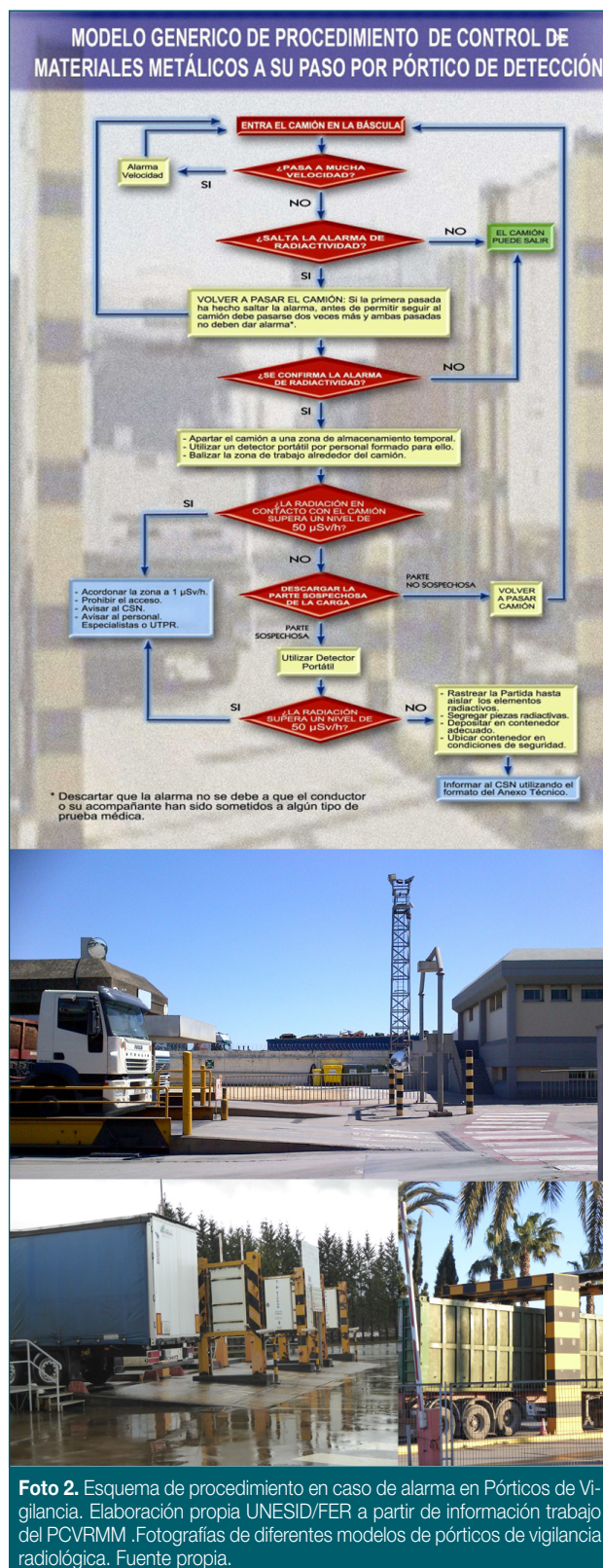


Foto 2. Esquema de procedimiento en caso de alarma en Pórticos de Vigilancia. Elaboración propia UNESID/FER a partir de información trabajo del PCVRMM. Fotografías de diferentes modelos de pórticos de vigilancia radiológica. Fuente propia.

torio o la gestión del material radioactivo encontrado. Adjunto un ejemplo solo por ilustrar bien el hecho de hasta qué nivel se ha afinado. Esperemos que no se dé el caso; si una acería procesara un fuente de Cobalto 60 (que tiende químicamente a mezclarse con el acero), si no se instala un procedimiento adecuado el propio sistema de control de vaciado de la artesa (bañera de regulación de material) basado muy frecuentemente en un detector con emisor radiactivo y un detector en el opuesto de las lingoteras de la colada continua que alimentan el sistema de solidificación del acero, se desbordaría al recibir una señal no apantallada, indicándole erróneamente a todo el sistema que debe aportar más acero líquido a las líneas de colada. Y ello aun habiendo identificado la contaminación en el ensayo de medición de actividad que se realiza sobre todas y cada una de las coladas. Se ha incluido la consideración de la posible operación manual de la instalación o ruta alternativa de la colada de acero en aquellas plantas que tengan este tipo de sistemas (Foto 3).

También ha existido una interacción positiva con el protocolo MEGAPORT, anteriormente comentado, y el PCVR-MM. Ambos alimentan una casuística común al aprovechar la administración española la infraestructura para inspeccionar material que se recibe en España. Muchos de los participantes comparten directa o indirectamente algunas responsabilidades. Existe un beneficio recíproco del conocimiento adquirido.

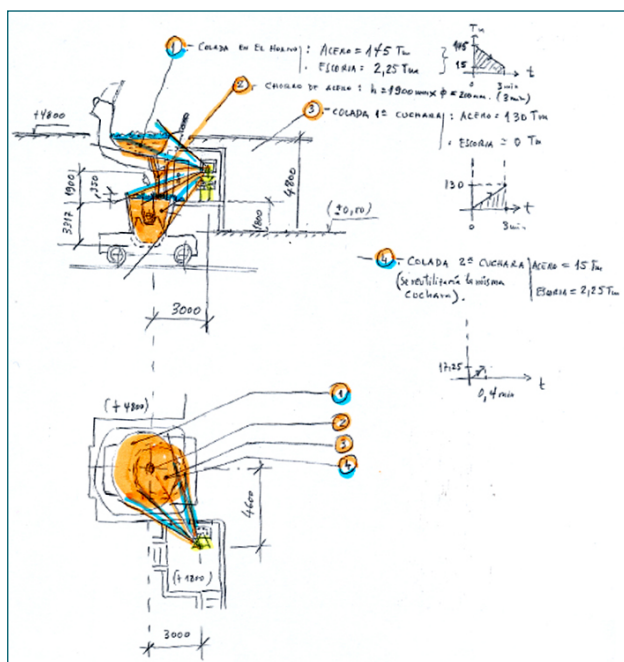
EL PCVRMM. UN CONOCIMIENTO VIVO

En el Protocolo, **todas y cada una de las más de 1630 detecciones confirmadas y retiradas por Enresa (hasta finales de 2020) es tratada individualmente**, valorándose y cargándose en bases de datos toda la información que pueden aportar: actividad, radioisótopo, a que corres-

ponde, origen, instalación que la detectó, etc. Igualmente se conoce que sistemas de control posee cada una de las plantas industriales inscritas incluyendo pódicos, detectores manuales y pruebas de proceso, representando el 100% de la producción de acero, y un muy elevado porcentaje de las recuperadoras grandes e intermedias, especialmente en aquellas que realizan una manipulación física del residuos metálicos, como puede ser las instalaciones que cuentan con fragmentadoras o las cizallas de gran tamaño. En el caso de las fundiciones y el reciclado de otros metales, el porcentaje es menor, pero con un carácter creciente (Foto 4).

La naturaleza expansiva del protocolo es una de las claves del éxito. Según la configuración de los cargamentos de chatarra se asume que puede existir una mínima posibilidad de sobre apantallamiento por el propio cargamento de chatarra. Por tanto, la vigilancia redundante constituye una red de seguridad del protocolo cambiando de configuración la chatarra. La chatarra se mueve en los transportes a campas de chatarra de recuperadores, de estos a la salida de las mismas, de nuevo a la entrada de las acerías, en sus parques y en las cargas a las cestas. Por ello se han diseñado sistemas para que en el peor de los casos el residuo metálico pase al menos una vez, y aportando un documento estandarizado indicando esa situación, pero pasando en la mayoría de los casos entre tres y hasta 5 veces por detectores antes de la fusión del material. Y aun así no es infalible.

Si cualquier aspecto de un material hace relevante una detección, una instalación, un origen o cualquier aspecto imaginable, se genera un tratamiento multidisciplinar al respecto y acciones correctoras si fuera el caso. Lo mismo analizando los datos al completo. Si una estadística arroja puntos relevantes de lugares de detección, tipología, procedencia, temporalidad, actividad industrial son igualmente tratados de un modo ad hoc. Por lo tanto el Protocolo combina el análisis por expertos en diversas facetas de la problemática



y su aplicación práctica, combinando aspectos macro como micro. Quien da más.

No es una banalidad indicar que España es el país del mundo con una información más completa sobre la problemática asociada al control y recuperación de material radiactivo inadvertido. Es precisamente este conocimiento el que hace poderoso al PCVRMM. Sin embargo este conocimiento genera la obligación de gestionarlo adecuadamente y exprimirlo al máximo pero considerando el equilibrio de todos los participantes.

EL FACTOR HUMANO. CLAVE EN LA APLICACIÓN ÓPTIMA DEL PROTOCOLO

Sin embargo ningún sistema o procedimiento técnico funciona si el personal implicado no estuviera correctamente formado. Pero además, la chatarra es un material heterogéneo, con aspecto diverso, con lo cual el personal debe entender que debe hacer y hasta donde debe llegar. Se debe saber que puede hacer el personal propio, y cuando es necesaria la intervención de una Unidad Técnica de Protección Radiológica, UTPR, con conocimiento sobre la problemática de radioactividad inadvertida en materiales metálicos. Desde el principio el Protocolo ha puesto muchísimo énfasis en este aspecto.

Es más fácil que ocurra una irregularidad del procedimiento de vigilancia asociado a una interpretación o aplicación incorrecta del procedimiento que corresponde que a un mal funcionamiento de los sistemas de control, si se ha operado correctamente. Representantes sindicales, de las empresas, ministerios, y muy especialmente del CSN y Enresa y del Ciemat han colaborado para sintetizar el conocimiento y segmentándolo según la tipología de personal que debe gestionar determinados aspectos del Protocolo. La formación ha sido impartida por aquellas personas con el mejor conocimiento existente, que además se va depurando después de decenas de cursos. Hay cursos calibrados según la responsabilidad de quien lo vaya a recibir: para responsables de la aplicación del Protocolo en su conjunto, para responsables de monitorizar los sistemas de detección en pódicos o de aplicar sistemas de vigilancia manual, de refresco. Los cursos van ido evolucionando para adaptarse a las necesidades del personal de las empresas (Tabla 2).

Además de los impartidos por el propio Protocolo, algunos integrantes del protocolo basándose en el conocimiento acumulado en el mismo, han desarrollado cursos internos.

Recientemente se está pensando en desarrollar unos específicos de formador de formadores, para poder agilizar la transferencia de conocimiento, especialmente al unirse

recientemente la necesidad de formar a toda la cadena del reciclaje, por la aplicación del Real Decreto de la materia, que comentaré a continuación.

En aquellos casos en que el Protocolo no contara con el conocimiento específico, los miembros han hecho un esfuerzo para poder contar con la colaboración de terceros que pudieran aportar luz a la problemática. Fue el caso de la armonización de umbrales de detección en pódicos de vigilancia radiológica de entradas y salidas de chatarras, subproductos y residuos de las factorías. El óptimo es que todos los pódicos funcionen con una sensibilidad parecida considerando el fondo radiológico del emplazamiento aunque los equipos sean diferentes. Ello aminora la disparidad en las detecciones y un balance razonable entre sensibilidad y posibles falsas alarmas o detecciones irrelevantes, que arrastran otras problemáticas. Gracias a la identificación de un grupo de investigadores expertos en la materia se desarrollaron procedimientos de verificación y “calibración” de los diferentes modelos.

El Protocolo no se ha olvidado el importante papel que pueden tener las chatarrerías pequeñas. La incorporación de fuentes a los circuitos de reciclado puede partir del desmantelamiento de instalaciones obsoletas o de material almacenado durante décadas que puede ser recolectado por chatarrerías, y acabar en pequeñas chatarrerías locales procedente de recogida capilar nacional. El Protocolo ha ayudado al desarrollo de material gráfico para que estos importantes actores estén atentos a la presencia de fuentes, y puedan reconocer visualmente el material más relevante incluso sin necesidad de tecnología.

LEGISLACIÓN OBLIGATORIA. MÍNIMOS RAZONABLES PARA TODOS, PERO BEBIENDO DE UNA BUENA FUENTE DE CONOCIMIENTO

Precisamente la naturaleza expansiva de su conocimiento y relaciones es la razón de que una gran parte del conocimiento del protocolo se extractase para servir de referencia en los aspectos técnicos del [Real Decreto 451/2020 sobre control y recuperación de fuentes huérfanas](#). Este se desarrolló con objeto de implantar en los epígrafes relevantes de la Directiva de Protección Radiológica, que a su vez también absorbió información o bien directamente del Protocolo o de la relación de la Unión Europea con la OIEA, quienes también beben de las fuentes del protocolo. El [primer estudio al respecto que realizó la OIEA\(NU\) y la Comisión Europea](#) integra literalmente el propio Protocolo. Por tanto una gran parte del cuerpo legislativo y técnico de la materia mundialmente se ha alimentado del protocolo.

El Protocolo, como bien dice su nombre nace de la “colaboración” de todos los implicados. Aunque al inició es de suponer que nuestro país tendría un conocimiento similar al de otros países de nuestro entorno, dicho conocimiento va creciendo situándonos en una atalaya privilegiada de las dificultades que presenta la radioactividad inadvertida en los ciclos de reciclaje. No es que seamos mejores, es sencillamente lógico. Los datos generan el conocimiento y el conocimiento da el poder para un mejor análisis. Se saben de dónde vienen, de que tipología, con qué frecuencia, etc. Y este conocimiento no hace más que crecer.

Inicial.	141
Básico.	1136
Avanzado.	118
Actualización.	102
Pódicos.	46
Total	1543

Tabla 2. Formación impartida en el Protocolo. Fuente: ENRESA (Febrero 2022). No incluye formación derivada impartida internamente por los miembros.

Esto no quiere decir que no haya roces entre los integrantes, y problemas en la aplicación práctica. El protocolo no todo ha sido ni es un camino de rosas.

Por una parte ha habido 12 procesamientos de material contaminado entre empresas firmantes del protocolo afortunadamente con una tendencia decreciente en su frecuencia y en su relevancia. Por otra parte siempre existen criterios en la interpretación en los modos de actuar, la tendencia natural a justificar el comportamiento propio, y retrasos en gestión y caracterización de materiales identificados, o dudas sobre actuación en situaciones novedosas. ¿Cómo se van solucionando? Como siempre que en cualquier ámbito de la relación entre entidades se busca una solución productiva y duradera: análisis de la situación basada en conocimiento (que como me he artado de repetirlo el protocolo acumula mucho), valorar opciones y buena voluntad de las partes. **Buena voluntad es muy distinto de voluntarismo. Las soluciones voluntariosas pudieran funcionar para corregir un mal funcionamiento puntual, pero no para instaurarse en un procedimiento.**

De nuevo volvamos a algún ejemplo. Es donde se percibe la practicidad de la palabra “colaboración” del propio PCVRMM. Según fue funcionando el protocolo y tras la identificación y

segregación de materiales comenzaron a aparecer algunos dentro de un “limbo legal” (con cierta radioactividad, pero claramente por debajo del ámbito de actuación de Enresa): no pueden ser gestionados por esta, pero por otra parte si poseen radiactividad que active los sistemas de detección y “rearmen” el sistema. Se estableció un procedimiento que permite su gestión de un modo razonable y sin posibilidad de error. Un sistema similar se estableció para gestionar la chatarra desclasificada procedente del desmantelamiento de centrales nucleares.

CONCLUSIÓN

El PCVRMM es una herramienta eficiente que va abriendo camino para mejorar la problemática de material radiactivo inadvertido en los ciclos de reciclaje de los metales. Requiere mucha dedicación, pero en respuesta a ellos permite hacer un traje más a medida que la mera aplicación de una Ley. Por supuesto que está abierto a todo aquel que quiera colaborar, pero no es una alternativa al cumplimiento de la misma. Es el cumplimiento de la ley con compromisos adicionales pero que permite acceder a un conocimiento sobre la problemática que no genera la mera aplicación legal. ■