



**Programa de las
Naciones Unidas
para el Medio Ambiente**

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54
1º de junio de 2018



ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Octogésima primera Reunión
Montreal, 18 – 22 de junio de 2018

**ASPECTOS CLAVE RELACIONADOS CON LAS TECNOLOGÍAS
DE CONTROL DEL HFC-23 COMO SUBPRODUCTO
(DECISIONES 78/5 e), 79/17 e), 79/47 e) Y 80/77 b))**

Antecedentes

1. En la 79ª reunión, el Comité Ejecutivo pidió a la Secretaría que contratara a un consultor independiente para que realizara una evaluación de opciones eficaces en función del costo y ambientalmente sostenibles para la destrucción del HFC-23 de las instalaciones de producción de HCFC-22, y que presentara ese informe a la 81ª reunión.
2. El ámbito de la evaluación incluiría lo siguiente:
 - a) Una evaluación de los costos de la incineración en una instalación de destrucción en el sitio, según las características de la instalación, tales como capacidad de destrucción, cantidad de HFC-23 que se ha de destruir y frecuencia, el plazo de vida restante esperado, ubicación y otros factores pertinentes, tales como los siguientes:
 - i) Gastos iniciales para las instalaciones de destrucción que podrían estar actualmente en desuso;
 - ii) Costos de instalación de una instalación de destrucción nueva si no hay ninguna instalada;
 - iii) Costos de operación de una instalación actual;
 - b) Una evaluación de los costos de incineración en una instalación de destrucción fuera del sitio, tales como acopio, transporte e incineración, basándose en la cantidad de HFC-23 que se ha de destruir, la ubicación y otros factores pertinentes;

- c) Una evaluación del costo de destrucción de las emisiones de HFC-23 como subproducto por medio de la transformación irreversible y otras tecnologías nuevas, en aquellos casos en que haya información disponible, basándose en la cantidad de HFC-23 que se ha de destruir, la ubicación y otros factores pertinentes;
- d) Una evaluación de costos y medidas para optimizar el proceso de producción de HCFC-22 para reducir al mínimo la relación de generación de HFC-23 como subproducto y aumentar al máximo el acopio de HFC-23 como subproducto para su destrucción, basada en las características de la instalación, tales como capacidad, cantidad de HFC-23 como subproducto generada, el plazo de vida restante esperado, la ubicación y otros factores pertinentes;
- e) Una evaluación de los costos de diferentes métodos de supervisión y verificación; y
- f) Una evaluación de la manera en que podrían variar el rendimiento y los costos de diferentes opciones de tecnología de destrucción según las condiciones locales y la cantidad de HFC-23 como subproducto que se ha de destruir.

Información adicional relacionada con el HFC-23 solicitada por el Comité Ejecutivo

3. El Comité Ejecutivo solicitó al Banco Mundial que presentara a la 81ª reunión el proyecto de informe final de la investigación sobre la reducción de la relación del HFC-23 como subproducto, sirviéndose de las prácticas más idóneas (decisión 79/17 b)). El resumen del informe presentado por el Banco Mundial figura en el Anexo II del presente documento.

4. El Comité Ejecutivo invitó a todos los países que operan al amparo del artículo 5 que producen HCFC-22 pertinentes a que comunicaran a la Secretaría, en forma voluntaria, información pertinente para la evaluación antes del 30 de septiembre de 2017 (decisión 79/47 f)), y posteriormente prorrogó el plazo límite hasta el 1 de diciembre de 2017 (decisión 80/77 b)). Al momento de ultimar el presente documento, no se había presentado la información indicada.

5. El Comité Ejecutivo pidió a la Secretaría que continuara analizando si había alguna instalación de producción de HFC u otras instalaciones de producción de HCFC que generaran emisiones de HFC-23 (decisión 78/5 e)). La Secretaría llevó a cabo un examen de la bibliografía científica, y consultó con expertos de los organismos de ejecución y otras organizaciones¹. Basándose en ese examen, la Secretaría no identificó ninguna otra instalación de producción, además de aquellas que producen HCFC-22, que generen HFC-23 como subproducto. La Secretaría señala que el HCFC-22 se utiliza como materia prima en la producción de otras sustancias químicas². Las instalaciones de producción integradas que generan HCFC-22 como un producto intermedio para la producción de otras sustancias químicas también generarían HFC-23 como subproducto; sin embargo, ese subproducto se genera durante la reacción para producir HCFC-22 como producto intermedio, en lugar de en reacciones subsiguientes entre el HCFC-22 y otras sustancias químicas para producir el producto deseado.

Observaciones de la Secretaría

6. De conformidad con el reglamento y la reglamentación de las Naciones Unidas, se publicó en Inspira un anuncio de vacante para el puesto de consultoría y se incluyó en el sitio web de la Secretaría un

¹ Incluida Kendo-Recherche, una institución independiente de investigación ambiental y consultoría situada en Alemania.

² El mayor uso de HCFC-22 es como materia prima en la producción de tetrafluoroetileno (TFE); también se puede usar como materia prima en la producción de HFC-4310mee, HFC-227ea, HFC-32, HFE-347pcf, HFE-7100, HCFE-235da2, HFE-236ea2, y posiblemente otras sustancias químicas. La Secretaría no tiene información sobre la prevalencia del uso de HCFC-22 como materia prima para esas otras sustancias químicas.

enlace al anuncio de vacante y el mandato para el puesto. El consultor seleccionado viajó a Montreal para deliberar a fondo con la Secretaría sobre la metodología para responder al mandato, y participó en consultas regulares con la Secretaría durante todo el proceso de redacción del informe. La Secretaría llevó a cabo un examen exhaustivo del informe del consultor, que figura en el Anexo I del presente documento. Para facilitar el examen del Comité Ejecutivo, en la sección siguiente, que fue examinada por el consultor, se resumen las conclusiones principales del informe.

Costo de la incineración en una instalación de destrucción en el sitio

7. Las principales conclusiones de la evaluación del consultor son las siguientes:

- a) Una estimación conservadora de los costos totales de capital fijo de un incinerador nuevo instalado a mediados de 2017 en China oriental central oscila entre 9 millones de \$EUA para un incinerador de 400 toneladas métricas (tm)/año y 27,1 millones de \$EUA para un incinerador de 2 400 tm/año. La estimación de límite inferior para este mismo intervalo oscila entre 6,3 millones de \$EUA y 18,5 millones de \$EUA. Esos costos incluyen todos los costos previstos en relación con la compra e instalación de un incinerador nuevo, desde los permisos, seguros y garantías hasta la adquisición, envío e instalación de los equipos y todos los costos relacionados con la puesta en marcha y funcionamiento del incinerador durante por lo menos 72 horas;
- b) Los costos de explotación varían en función de la capacidad y el grado de utilización de esa capacidad, y oscilan entre 4,37 \$EUA/kg y 1,45 \$EUA/kg, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Límite superior e inferior de los costos de explotación estimados como función de la capacidad y el grado de utilización para los incineradores en el sitio

Porcentaje de utilización	Capacidad del incinerador en el sitio (tm/año)							
	400		800		1.600		2.400	
	Límite inferior (\$EUA/kg)	Límite superior (\$EUA/kg)	Límite inferior (\$EUA/kg)	Límite superior (\$EUA/kg)	Límite inferior (\$EUA/kg)	Límite superior (\$EUA/kg)	Límite inferior (\$EUA/kg)	Límite superior (\$EUA/kg)
100	2,22	2,63	1,80	2,13	1,55	1,81	1,45	1,68
75	2,66	3,21	2,10	2,55	1,77	2,12	1,63	1,94
50	3,54	4,37	2,71	3,37	2,21	2,74	2,01	2,47

- c) Es probable que los costos de explotación para los incineradores existentes sean menores que los estimados para el caso de un incinerador nuevo. Esos costos probablemente serían más cercanos a las estimaciones de límite inferior indicadas en el informe, teniendo en cuenta que los costos específicos solo se pueden evaluar sobre la base de las características específicas del sitio; y
- d) Se estima que los costos de la puesta en marcha de una instalación que actualmente está en desuso ascienden a 575 000 \$EUA y comprenden nuevos revestimientos refractarios resistentes a los ácidos, compras e instalación de nuevos equipos, nuevos sensores de instrumentos y un sistema de control distribuido actualizado. Estos costos pueden variar sobre la base de la capacidad del incinerador y las condiciones específicas del sitio.

Costo de la incineración en una instalación de destrucción fuera del sitio

8. Las principales conclusiones de la evaluación del consultor son las siguientes:

- a) Los costos de construcción y funcionamiento de un incinerador nuevo autónomo son más

altos que los de un incinerador en el sitio dada la necesidad de equipos adicionales (por ejemplo, instalaciones de recepción para el HFC-23 a ser destruido) y la pérdida de beneficios relacionados con las sinergias, incluso aquellos relacionados con la mano de obra, suministros, gastos generales y otros costos;

- b) Una estimación conservadora de los costos totales de capital fijo de un incinerador nuevo autónomo instalado a mediados de 2017 en China oriental central oscila entre 12,1 millones de \$EUA para un incinerador de 400 toneladas métricas (tm)/año y 34,5 millones de \$EUA para un incinerador de 2 400 tm/año. La estimación del límite inferior para este mismo intervalo oscila entre 8,8 millones de \$EUA y 24,5 millones de \$EUA; y
- c) Como en el caso de una instalación de destrucción en el sitio, los costos de explotación varían en función de la capacidad y el grado de utilización de esa capacidad, y oscilan entre 5,59 \$EUA/kg y 1,56 \$EUA/kg, como se muestra en el Cuadro 2. Los costos de explotación que se indican en el Cuadro 2 incluyen acopio, transporte a la instalación fuera del sitio e incineración; es decir, estos costos son los costos totales para el productor de HCFC-22.

Cuadro 2: Límite superior e inferior de los costos de explotación estimados como función de la capacidad y el grado de utilización para los incineradores fuera del sitio

Porcentaje de utilización	Capacidad del incinerador fuera del sitio (tm/año)							
	400		800		1.600		2.400	
	Límite inferior (SEUA/kg)	Límite superior (SEUA/kg)	Límite inferior (SEUA/kg)	Límite superior (SEUA/kg)	Límite inferior (SEUA/kg)	Límite superior (SEUA/kg)	Límite inferior (SEUA/kg)	Límite superior (SEUA/kg)
100	2,81	3,24	2,11	2,45	1,71	1,98	1,56	1,80
75	3,45	4,02	2,52	2,97	1,99	2,35	1,79	2,10
50	4,73	5,59	3,33	4,01	2,54	3,08	2,23	2,71

Costo de destrucción del HFC-23 como subproducto por medio de la transformación irreversible y otras tecnologías nuevas

9. Se evaluaron cuatro tecnologías: pirólisis de HFC-23 en fluoruro de carbonilo (COF₂); yodación de HFC-23 en trifluoroyodometano (CF₃I)³; conversión a HCFC-22, difluoruro de vinilideno (VDF), o TFE y hexafluoropropileno (HFP)⁴; y reacción química con hidrógeno y dióxido de carbono⁵. No se pudieron evaluar los costos de las primeras tres tecnologías dado que esas tecnologías aún están en la etapa de investigación. Para la última, el proveedor de tecnología no proporcionó la información necesaria y la información públicamente disponible es demasiado limitada para estimar los costos. En particular, el consultor no pudo evaluar independientemente los costos de explotación sugeridos por el proveedor de tecnología ni pudo estimar los costos de capital de los equipos necesarios. Ambos determinarían el período de amortización de la tecnología en relación con un incinerador. Sin embargo, el consultor pudo evaluar los posibles ingresos a partir de la tecnología basándose en la información públicamente disponible sobre el precio de los productos químicos que se producirían mediante el proceso de conversión. El consultor

³<http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Effective%20Technologies%20for%20Conversion%20of%20HFC-23%20-%20Quan%20Hengdao.pdf>.

⁴<http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Treatment%20of%20HFC-23%20by%20conversion%20-%20Han%20Wenfeng.pdf>.

⁵<http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/The%20Creation%20and%20Recovery%20of%20Valuable%20Organic%20Halides%20From%20the%20HFC-23%20-%20Lew%20Steinberg.pdf>.

estima que el posible ingreso anual de la conversión de 900 tm de HFC-23 ascendería a 565 000 \$EUA aproximadamente.

Costos y medidas para optimizar el proceso de producción de HCFC-22 para minimizar el HFC-23 como subproducto y maximizar el acopio de HFC-23 como subproducto

10. Si bien las medidas específicas para minimizar la generación de HFC-23 como subproducto y maximizar su acopio dependerán de los requisitos específicos del sitio, se identificaron tres cambios en el proceso que podrían aplicarse a las instalaciones de producción de HCFC-22:

- a) Mejoras en la columna de destilación del producto de HCFC-22, como sustituir los elementos interiores del plato de columna con relleno estructurado, hacer funcionar la columna con menor presión y temperatura del condensador, y aumentar la relación de reflujo, reduciendo la cantidad de arrastre de HCFC-22 en el flujo de HFC-23 del 8% al 3%;
- b) Convertir el reactor de HCFC-22 para obturar el flujo a fin de aumentar la mezcla de fluoruro de hidrógeno (HF) con cloroformo y con ello mejorar la selectividad, lo que produce una relación reducida de generación de HFC-23 como subproducto, de aproximadamente 1,75%; y
- c) Convertir el reactor de HCFC-22 de una etapa a tres etapas, lo que produce una relación reducida de HFC-23 como subproducto, de aproximadamente 1,4%. Reducir el HFC-23 como subproducto por debajo de 1,4% requeriría investigación y desarrollo, en particular para los catalizadores nuevos.

11. Los costos de las medidas precedentes variarán en función de cada instalación de producción de HCFC-22 específica. Como las instalaciones de producción necesitan sustituir en forma regular los equipos que llegan al fin de su vida útil, cada instalación podría comparar los costos adicionales de las medidas con los beneficios de su aplicación al seleccionar el equipo de reemplazo. Se prevé que las columnas de destilación se sustituirán aproximadamente cada diez años, y que se seleccionarán columnas con relleno estructurado atento a los mayores ingresos producto de la separación mejorada y los menores costos de mantenimiento. Los períodos de vida útil del reactor varían entre 10 y 15 años. Al seleccionar un reactor nuevo, una instalación de producción debería comparar la diferencia de costo entre un reactor de tres etapas y uno de una etapa con los beneficios relacionados con la selectividad mejorada para el HCFC-22. Por ejemplo, se puede prever que un 0,5% de aumento de la selectividad para el HCFC-22 en una instalación que produce 27 000 tm/año de HCFC-22 generará aproximadamente 300 000 \$EUA de ingresos adicionales por año si el precio del HCFC-22 es 2,20 \$EUA/kg.

12. Al momento de ultimar el presente documento, la Secretaría no había podido llevar a cabo un examen detallado del resumen de la investigación sobre la reducción de la relación del HFC-23 como subproducto presentado por el Banco Mundial el 10 de marzo de 2018 sirviéndose de las prácticas más idóneas. Sin embargo, las siguientes observaciones son pertinentes:

- a) La capacidad total de las 22 instalaciones de destrucción de HFC-23 de China (que comprenden 16 incineradores, 3 incineradores de arco de plasma y 3 instalaciones de vapor sobrecalentado) es de 22 000 tm/año. En promedio, la capacidad de una instalación de destrucción es de 1 000 tm/año. La Secretaría señala que algunas de las instalaciones de destrucción están en situación de reserva; de las 20 960 tm/año de capacidad instalada en 2016, 17 810 tm/año estaban en funcionamiento y 2 750 tm/año estaban en situación de reserva. En China hay suficiente capacidad de destrucción de HFC-23 para destruir todo el HFC-23 como subproducto atento a los niveles de producción de HCFC-22 y la capacidad del país;

- b) Los hallazgos teóricos proporcionados en el resumen guardan conformidad con aquellos proporcionadas en el informe del consultor. En particular, los factores clave para determinar la relación de generación de HFC-23 como subproducto incluyen detalles de construcción del reactor, la columna de destilación, las condiciones del proceso y el estado de mezcla del reactor. Bajar el nivel de líquido en el reactor puede reducir sustancialmente la relación de generación de HFC-23 como subproducto sin inversión en equipos y consumo de energía adicionales. Si bien estos hallazgos guardan conformidad con los hallazgos del consultor, es probable que la propuesta del consultor de realizar la conversión a un reactor de tres etapas sea un medio más eficaz de lograr el mismo resultado que aumentar la relación de la altura con el radio, como propone el Banco Mundial en el informe de síntesis. En particular, se prevé que un reactor de tres etapas reducirá más el nivel de líquido en el reactor y aumentará aún más el grado de mezcla y uniformidad del HF en el reactor, reduciendo con ello aún más la relación de generación de HFC-23 como subproducto; y
- c) Todas las medidas identificadas en el resumen tienen un costo inferior a 1 millón de \$EUA. Para la instalación antes señalada (es decir, 27 000 tm/año de producción de HCFC-22 con un 0,5% de aumento en la selectividad para el HCFC-22), esto sugiere un período de amortización menor que cuatro años.

Costos de diferentes métodos de supervisión y verificación

13. El consultor recomendó que se utilice la Referencia básica aprobada y metodología de supervisión AM0001/Versión 06.0.0 (“*Approved baseline and monitoring methodology AM0001/Version 06.0.0*”) del Mecanismo para un desarrollo limpio a los efectos de la supervisión de la destrucción del HFC-23 como subproducto. Los costos de la supervisión se han incluido en los costos estimados indicados en los párrafos anteriores.

14. Debe llevarse a cabo una verificación independiente, a cargo de un tercero independiente sin conflictos de interés; el verificador debería tener acceso a los datos de funcionamiento de la planta y a los libros financieros de los productores y destructores de HCFC-22/HFC-23. Los costos de esta verificación serían adicionales a los costos estimados indicados en los párrafos anteriores.

Costos de diferentes tecnologías de destrucción

15. El consultor evaluó cinco tecnologías de destrucción: soplete de arco de plasma de radiofrecuencia, horno de oxidación térmica con calentador quemador, horno horizontal de oxidación con quemador rotativo y descomposición térmica con vapor a alta temperatura:

- a) La tecnología de arco de plasma tiene una excelente eficacia de destrucción, pero posee el costo más alto entre las cinco tecnologías evaluadas y se adecuaría mejor a las instalaciones de destrucción de escala pequeña. Se prevé que los costos de explotación serán de aproximadamente 3 \$EUA/kg. Se prevé que una instalación que destruye aproximadamente 100 tm/año necesitará una inversión en costos de capital de aproximadamente 2,5 millones de \$EUA para permitir la destrucción del HFC-23;
- b) El horno de oxidación térmica con calentador quemador tiene una excelente eficacia de destrucción y se prevé que será la tecnología con el segundo costo más alto, con costos de explotación de aproximadamente 2,40 \$EUA/kg. Se prevé que una instalación que destruye aproximadamente 100 tm/año necesitará una inversión en costos de capital de aproximadamente 1,7 millones de \$EUA para permitir la destrucción del HFC-23;
- c) Los hornos horizontales de oxidación con quemador rotativo y los hornos de cemento se

comercializan bien y se prevé que serán las opciones de tecnología de destrucción más rentables; sin embargo, se prevé que la eficacia de destrucción será más baja (aproximadamente 99%). Se prevé que los costos de explotación sean aproximadamente 1 \$EUA/kg. Se prevé que una instalación que destruye aproximadamente 100 tm/año necesitará una inversión en costos de capital de aproximadamente 0,5 millón de \$EUA para permitir la destrucción del HFC-23. Estos costos estarían relacionados principalmente con la adquisición e instalación de los equipos necesarios para recibir los contenedores con el HFC-23 a ser destruido, transferir el HFC-23 a un tanque de almacenamiento y alimentar el HFC-23 en el horno; y

- d) La descomposición térmica con vapor a alta temperatura tiene una excelente eficacia de destrucción. Si bien hay tres instalaciones de ese tipo en funcionamiento en China, hay información limitada sobre los costos, de manera que estos no se pudieron evaluar; sin embargo, se prevé que los costos podrían ser más bajos que los costos del horno de oxidación térmica con calentador quemador.

16. Las instalaciones de producción de HCFC-22 que tienen bajos niveles de producción y, por lo tanto, bajas cantidades de HFC-23 como subproducto a ser destruido, que no tienen el propósito de continuar la producción para el uso como materia prima, y que no tienen una instalación de destrucción en el sitio o donde la instalación está en desuso, podrían experimentar costos de destrucción del HFC-23 sustancialmente más altos en relación con aquellos de las instalaciones de destrucción con un elevado volumen de HFC-23 como subproducto a ser destruido en una instalación en el sitio.

17. La Secretaría señala que las Partes no han aprobado aún ninguna tecnología para la destrucción del HFC-23. Si las Partes aprobaran el uso de tecnologías para la destrucción con una eficacia de destrucción y eliminación inferior al 99,99% (quizás por un período limitado), esto podría permitir que esas instalaciones usen las tecnologías de destrucción identificadas como más rentables, tal como la oxidación en horno de cemento y el horno horizontal de oxidación con quemador rotativo, antes de eliminar su producción de HCFC-22.

Comparación de costos con estimaciones anteriores

18. Sobre la base del análisis de los datos del Mecanismo para un desarrollo limpio llevado a cabo por la Secretaría en la 79ª reunión⁶, el costo adicional de los bienes fungibles y desechos informados de la instalación de destrucción resultó ser siempre inferior a 1 \$EUA/kg. Sin embargo, ese costo no incluía el mantenimiento, la mano de obra, los costos relacionados con la supervisión u otros costos que pueden afectar los costos adicionales de explotación de la destrucción. Por lo tanto, la Secretaría consideró que el costo adicional de los bienes fungibles y desechos informados representa un límite inferior de los costos adicionales de explotación. Los costos estimados por el consultor, que son más altos, incluyen todos los costos relacionados con la destrucción del HFC-23, que van desde la adquisición e instalación de los equipos hasta las tarifas relacionadas con la construcción, como los permisos y seguros, hasta todos los costos de explotación, que incluyen bienes fungibles, tratamiento de aguas residuales, supervisión y agua para el proceso y el enfriamiento. De conformidad con las prácticas y decisiones del Comité Ejecutivo, se excluyeron los impuestos y la depreciación. La estimación conservadora presentada por el consultor incluye 25% para gastos imprevistos, y los costos de instalación representan aproximadamente el 35% de los costos fijos, que incluyen el funcionamiento del incinerador durante por lo menos 72 horas demostrar el desempeño. Estos costos son más altos que aquellos que normalmente figuran en los proyectos presentados al Fondo Multilateral dado que representan una estimación conservadora (de límite superior).

⁶ UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48; 79/48/Add.1; 79/48/Corr.1; and 79/48/Corr.2.

Recomendación de la Secretaría

19. El Comité Ejecutivo tal vez desee tomar nota del informe sobre aspectos clave relacionados con las tecnologías de control del HFC-23 como subproducto (decisiones 78/5 e), 79/17 b), 79/47 e) y 80/77 b)), que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54.
