



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

Distr.  
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/68  
1º de noviembre de 2018

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL  
PARA LA APLICACIÓN DEL  
PROTOCOLO DE MONTREAL  
Octogésima segunda Reunión  
Montreal, 3 – 7 de diciembre de 2018

**OPCIONES RENTABLES PARA CONTROLAR LAS EMISIONES DE  
HFC-23 COMO SUBPRODUCTO  
(DECISIÓN 81/68 e))**

**Antecedentes**

1. De conformidad con el párrafo 15 b) viii) de la decisión XXVIII/2, los costos de reducción de las emisiones de HFC-23, un subproducto de los procesos de producción de HCFC-22 deberían ser financiados por el Fondo Multilateral a fin de cumplir las obligaciones de las Partes que operan al amparo del artículo 5. Al tratar esta decisión, en su 77ª reunión<sup>1</sup>, el Comité Ejecutivo pidió a la Secretaría que preparara un documento que contuviera información preliminar, entre otras cosas, sobre aspectos clave relacionados con las tecnologías de control del HFC-23 como subproducto (decisión 77/59 b) i) y iii)), que posteriormente se presentó a la 78ª reunión<sup>2</sup>. Desde entonces, las cuestiones relacionadas con las emisiones de HFC-23 como subproducto se han tratado en todas las reuniones del Comité Ejecutivo<sup>3</sup>.

Deliberaciones que mantuvieron en la 81ª reunión

2. En su 81ª reunión, el Comité Ejecutivo deliberó acerca del documento sobre aspectos clave relacionados con las tecnologías de control del HFC-23 como subproducto (decisiones 78/5 e), 79/47 e) y 80/77 b)), que contenía un informe, preparado por un consultor, en el que se evaluaban opciones para la destrucción del HFC-23 de las plantas de HCFC-22.

3. En el debate subsiguiente, varios miembros expresaron la necesidad de comprender mejor los costos y la gestión de las condiciones relativas al control y a la destrucción de las emisiones de HFC-23 en otros países en los que reinaran condiciones diferentes, y no solo en China. Considerando que había diferencias entre los diversos países que producen HCFC-22 y generan HFC-23 como subproducto, la

<sup>1</sup> Montreal, Canadá, 28 de noviembre – 2 de diciembre de 2016.

<sup>2</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/78/9 y Corr.1.

<sup>3</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48, Add.1 y Corrs. 1 y 2; UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/56 y Add.1; UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54.

cuestión se debía abordar caso por caso a fin de identificar las deficiencias de capacidad en la gestión de la destrucción del HFC-23.

4. En respuesta a las preguntas formuladas por los miembros, el consultor indicó que no se había efectuado un análisis fábrica por fábrica, pero sí se habían examinado los datos de la producción media de todas las empresas productoras de HCFC-22 y que generaban HFC-23 como subproducto en la Argentina, China, la India y México. El informe determinó que, en las líneas de producción de HCFC-22 que contaban con instalaciones de incineración en el sitio, el HFC-23 se transferiría por tuberías, y que no se producirían fugas o estas podrían resolverse mecánicamente. Para las plantas de HCFC-22 que no contaban con capacidad para destruir continuamente el HFC-23, siempre que esas instalaciones tuvieran capacidad suficiente para almacenar el HFC-23 comprimido, no se liberaría HFC-23 a la atmósfera. La solución más rentable para prolongar la vida útil de los incineradores y reducir los gastos de la fábrica sería contar con capacidad de almacenamiento suficiente y hacer funcionar los incineradores continuamente al nivel necesario para cada fábrica.

5. El Comité Ejecutivo estableció un grupo de contacto para que siguiera deliberando acerca del informe. Posteriormente, el Comité, entre otras cosas, solicitó a la Secretaría que preparase un documento para la 82ª reunión, basándose en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48, en relación con las opciones rentables para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto; el informe debía incluir información pertinente sobre los costos de cierre de las plantas con proceso cambiante que producen HCFC-22 y las opciones para la supervisión, a la luz del informe elaborado por el consultor presentado en la 81ª reunión y otros informes pertinentes (decisión 81/68 a) y e)).

6. En respuesta a la decisión 81/68 e), la Secretaría ha presentado este documento a la 82ª reunión.

#### Alcance del documento

7. El documento se ha preparado sobre la base de los documentos sobre los aspectos clave de las tecnologías de control del HFC-23 como subproducto presentados a las reuniones 79ª y 81ª; la información incluida en los informes de verificación; la información recogida en una visita al sitio de una planta con proceso cambiante en un país que opera al amparo del artículo 5; los datos notificados con arreglo al artículo 7; e información públicamente disponible. El documento contiene información sobre el nivel de producción de HCFC-22 y de generación de HFC-23 como subproducto, opciones rentables para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto, información pertinente relativa al costo del cierre de las plantas de HCFC-22 con proceso cambiante y opciones para la supervisión, y concluye con la recomendación de la Secretaría.

8. El documento incluye dos anexos:

- a) Anexo I: un extracto del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54, en el que se presenta un resumen del informe del consultor independiente en el que se evaluaron opciones para la destrucción del HFC-23 en las plantas de HCFC-22; y
- b) Anexo II: un extracto del Capítulo 7 del volumen 4 del Informe del GETE de mayo de 2017 sobre la evaluación de la financiación requerida para la reposición del Fondo Multilateral para el período 2018-2020 sobre la metodología para determinar la financiación de la mitigación del HFC-23 a partir de 2020<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> *Report of the Technology and Economic Assessment Panel. May 2017. Volume 4: "Assessment of the funding requirement for the replenishment of the Multilateral Fund for the period 2018-2020 (Chapter 7)".*

## Nivel de producción de HCFC-22 y generación de HFC-23 como subproducto

9. Según los datos notificados con arreglo al artículo 7 del Protocolo, 14 países (siete países que operan al amparo del artículo 5 y siete países que no operan al amparo de ese artículo) producían HCFC-22 en 2017. La producción mundial de HCFC-22 en 2017 ascendió a 895 459 toneladas métricas (tm) como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Total\* de producción de HCFC-22 para el período de 2009 a 2017 (tm) (datos con arreglo al artículo 7)**

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Argentina	3 914	4 251	4 018	4 190	1 951	2 286	2 446	1 743	1 823
China	483 982	549 265	596 984	644 485	615 901	623 899	534 930	571 976	593 047 **
República Popular Democrática de Corea	504	498	480	521	579	526	498	451	451
India	47 657	47 613	48 477	48 178	40 651	54 938	53 314	56 959	64 509
México	12 725	12 619	11 813	7 872	7 378	9 214	4 752	4 791	5 965
Venezuela (República Bolivariana de)	2 307	2 167	2 443	2 914	2 204	1 566	677	260	273
República de Corea	6 913	7 634	7 262	5 704	6 673	6 833	7 180	7 344	7 587
<b>Subtotal para los países que operan al amparo del artículo 5</b>	<b>558 002</b>	<b>624 047</b>	<b>671 475</b>	<b>713 864</b>	<b>675 336</b>	<b>699 262</b>	<b>603 796</b>	<b>643 523</b>	<b>673 656</b>
Países que no operan al amparo del artículo 5	195 796	229 863	241 783	219 909	193 519	210 042	225 155	208 817	221 803
<b>Total</b>	<b>753 798</b>	<b>853 910</b>	<b>913 258</b>	<b>933 773</b>	<b>868 856</b>	<b>909 304</b>	<b>828 952</b>	<b>852 340</b>	<b>895 459</b>

\* La producción total incluye toda la producción para usos controlados y usos como materia prima, y no se ha restado ningún HCFC-22 que puede haber sido producido y posteriormente destruido.

\*\* Como se informa en el informe de verificación de 2017, que es diferente de la producción total notificada con arreglo al artículo 7.

10. Sobre la base de la producción de HCFC-22 notificada con arreglo al artículo 7 y la información sobre la relación de generación de HFC-23 como subproducto (relación  $w^5$ ), en el Cuadro 2 se estiman y presentan las cantidades de HFC-23.

**Cuadro 2. Cantidades de HFC-23 generadas en la producción de HCFC-22**

País	Líneas	$w$ (%) <sup>a</sup>	2013	2014	2015	2016	2017
Argentina	1	3,3	65 <sup>b</sup>	76 <sup>b</sup>	81 <sup>b</sup>	58	61
China	32	2,44 <sup>c</sup> , 2,36 <sup>d</sup>	17 129	17 351	13 604	13 949	13 966
República Popular Democrática de Corea	1	1,49	11	8	7	7	7
India	6	2,94	1 196	1 616	1 568	1 675	1 897
México	2	2,20	176	203	101	105	131
Venezuela (República Bolivariana de)	1	3,00	66	47	20	8	8
República de Corea	1	3,00	200	205	204	220	228
<b>Subtotal para los países que operan al amparo del artículo 5</b>	<b>43</b>		<b>18 842</b>	<b>19 506</b>	<b>15 585</b>	<b>16 022</b>	<b>16 298</b>
Países que no operan al amparo del artículo 5		2,00	3 870	4 201	4 503	4 176	4 436
<b>Total</b>			<b>22 713</b>	<b>23 707</b>	<b>20 089</b>	<b>20 199</b>	<b>20 734</b>

<sup>a</sup> Relación de generación de HFC-23 como subproducto en 2016 y 2017.

<sup>b</sup> La relación de generación de HFC-23 como subproducto para 2013-2015 es de 3,32%, sobre la base de los datos proporcionados en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69.

<sup>c</sup> Relación de generación de HFC-23 como subproducto para 2016.

<sup>d</sup> Relación de generación de HFC-23 como subproducto para 2017.

<sup>5</sup> La relación de generación  $w$  es la masa de HFC-23 generada por tonelada métrica de HCFC-22 producida, expresada como un porcentaje.

11. Las cantidades de HFC-23 como subproducto generadas en 2013-2015 se describen en el párrafo 12 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48. Las cantidades correspondientes a 2016 y 2017 se explican a continuación:

- a) Para la Argentina, la relación  $w$  del 3,32% de basó en la información proporcionada por la planta productora de HCFC-22 de ese país<sup>6</sup>;
- b) Para China, las relaciones  $w$  informadas en los informes de verificación presentados en consonancia con el Acuerdo sobre el plan de gestión de la eliminación de la producción de HCFC (PGEPH). Las cantidades de HFC-23 se miden en algunas instalaciones por medio de medidores; en aquellos casos en que no hay medidores instalados, las cantidades de HFC-23 se estiman aplicando una relación  $w$  del 3%. La relación  $w$  ha ido disminuyendo en los últimos años, y registró un promedio del 2,36% en 2017;
- c) Para la República Popular Democrática de Corea, se aplicó para 2016 y 2017 la relación  $w$  informada por el Gobierno para 2015;
- d) Para la India, la relación  $w$  se basó en los datos medios de los informes de supervisión del MDL;
- e) Para México, se aplicó para 2016 y 2017 la relación  $w$  informada por el Gobierno para 2015;
- f) Para la República de Corea y para Venezuela (República Bolivariana de), dado que no había datos disponibles, se aplicó la relación  $w$  del 3%; y
- g) Para todos los países que no operan al amparo del artículo 5, dado que no había datos disponibles, se aplicó una relación  $w$  del 2,00%.

### **Opciones rentables para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto**

12. Las opciones para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto incluyen: destrucción en el sitio, destrucción fuera del sitio y cierre de la línea de producción de HCFC-22<sup>7</sup>. La opción más rentable para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto dependerá de factores específicos de cada sitio. El cierre de las plantas de HCFC-22 con proceso cambiante eliminaría permanentemente las emisiones de HFC-23 como subproducto y de HCFC-22, por lo que se obtendrían beneficios relacionados tanto con el ozono como con el clima.

### **Información relativa al costo del cierre de las plantas de HCFC-22 con proceso cambiante**

13. Aunque no se ha elaborado un modelo general de costos del cierre de la producción, los proyectos de cierre de la producción de CFC y HCFC aprobados hasta ahora pueden proporcionar una referencia útil.

14. Durante la eliminación de los CFC, el Comité Ejecutivo aprobó seis proyectos de acuerdos plurianuales para eliminar la producción de sustancias del grupo I en seis países que operan al amparo del artículo 5. La producción total eliminada ascendió a 82 626 tm. La relación de costo a eficacia o

---

<sup>6</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69.

<sup>7</sup> Las Partes no han aprobado aún ninguna tecnología de destrucción para el HFC-23. Las Partes examinarán información sobre tecnologías de destrucción para las sustancias controladas en la 30ª Reunión de las Partes. La Secretaría no conoce que haya actualmente usos de HFC-23 como materia prima. Se prevé que la captura y el uso para usos controlados dará lugar a una eventual liberación de emisiones de HFC-23, por lo que esas emisiones se retrasarán, pero no se eliminarán.

rentabilidad (CE) de esos proyectos de cierre, incluida la financiación adicional proporcionada para la eliminación acelerada para algunos de los planes, varía entre 2,88 \$EUA/kg y 3,86 \$EUA/kg, con una CE media de 3,45 \$EUA/kg, como se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. CE de los proyectos de eliminación de la producción de CFC**

País	Nivel básico (tm)	Financiación (\$EUA)	CE (\$EUA/kg)	Núm. de líneas de producción	
				Proceso cambiante	Sin proceso cambiante
Argentina	2.745,30	10.600.000	3,86	1	0
China	47.003,90	160.000.000	3,40	0*	18
República Popular Democrática de Corea	414,99	1.421.400	3,43	0	1
India	22.632,40	85.170.000	3,76	4	1
México	11.042,30	31.850.000	2,88	2	0
Venezuela (República Bolivariana de)	4.786,90	16.500.000	3,45	1	0
Total	88.625,79	305.541.400	3,45	8	20

\* Basado en el Acuerdo entre el Gobierno de China y el Comité Ejecutivo sobre la eliminación de la producción de CFC que figura en el Anexo IV del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/27/48. Se determinó que una línea de producción de CFC se estaba retroadaptando para la conversión a una línea de CFC/HCFE-22 con proceso cambiante. En consonancia con el Acuerdo para el plan de gestión de la eliminación de la producción de HCFC, esta línea no recibirá compensación en el marco del PGEPH

15. En consonancia con los Acuerdos entre los gobiernos interesados y el Comité Ejecutivo, las plantas con proceso cambiante no son admisibles para la eliminación de la producción de HCFC.

16. La remuneración total prevista en el PGEPH para China incluía financiación por un monto de hasta 385 millones de \$EUA, incluidos todos los gastos del proyecto, destinados a la eliminación de 445 888 tm de HCFC. Se calculó una CE general de 0,86 \$EUA/kg.

17. La opción más rentable para la indemnización de las plantas de HCFC-22 con proceso cambiante a fin de que cumplan con las obligaciones de control del HFC-23 como subproducto en virtud de la Enmienda de Kigali dependerá de diversos factores, entre los que se incluyen: si la planta con proceso cambiante tiene instalaciones de destrucción; la vida útil restante de la planta con proceso cambiante y las instalaciones de destrucción, si la hay; el nivel de producción de HCFC-22 teniendo en cuenta el calendario de eliminación previsto en el Protocolo de Montreal; el nivel de compensación proporcionado por el cierre; la relación de generación de HFC-23 como subproducto; en el caso de que haya una instalación de destrucción en el sitio que esté fuera de uso, los costos adicionales relacionados con la puesta en funcionamiento de esa instalación de destrucción; el nivel de costos adicionales de explotación para el funcionamiento continuo de las instalaciones de destrucción o de la destrucción fuera del sitio; y otros factores.

18. El Comité Ejecutivo decidió estudiar posibles opciones eficaces en función del costo para la indemnización de las plantas de HCFC-22 con proceso cambiante a fin de permitir el cumplimiento de las obligaciones de control dimanantes de la Enmienda de Kigali en relación con el HFC-23 como subproducto (decisión 79/47 c)). Por consiguiente, el Comité Ejecutivo podría considerar el cierre entre las posibles opciones rentables y, por lo tanto, la CE de los proyectos anteriores de eliminación de la producción aprobados podría ofrecer una referencia para el nivel de indemnización para las planta de HCFC-22 con proceso cambiante. En vista de la información sobre el nivel de producción de HCFC-22 indicado en el Cuadro 1, el HFC-23 generado como subproducto durante esa producción y la CE en los proyectos para la eliminación de la producción de los CFC y los HCFC, se puede estimar de la manera consiguiente el costo del cierre de las plantas de producción de HCFC-22 con proceso cambiante.

19. La Secretaría comparó el costo del control de emisiones de HFC-23 como subproducto por medio del cierre de las plantas con proceso cambiante y la incineración en el sitio, utilizando la CE de los proyectos anteriores de eliminación de la producción aprobados y el intervalo de costos adicionales de explotación estimados por el consultor independiente para instalaciones de destrucción de 400 tm/año y 800 tm/año (es decir, entre 1,80 \$EUA/kg y 4,37 \$EUA/kg) en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54. A modo de referencia, el Cuadro 4 presenta un análisis del punto de equilibrio entre el cierre y la continuación del funcionamiento de las instalaciones de destrucción en las plantas con proceso cambiante en base a lo siguiente:

- a) Para la India: la producción de HCFC-22 en 2017<sup>8</sup>; una relación de generación del 2,94%; y, suponiendo la misma CE para el cierre que para la eliminación de la producción de CFC (es decir, 3,76 \$EUA/kg, el punto de equilibrio oscila entre 29 y 71 años. Utilizando la CE para la eliminación de la producción de HCFC para China, de 0,86 \$EUA/kg, el punto de equilibrio oscila entre 7 y 16 años; y
- b) Para México: la producción de HCFC-22 en 2017; una relación de generación del 2,20%; y, suponiendo la misma CE para el cierre que para la eliminación de la producción de CFC (es decir, 2,88 \$EUA/kg, el punto de equilibrio oscila entre 30 y 73 años. Utilizando la CE para la eliminación de la producción de HCFC para China, de 0,86 \$EUA/kg, el punto de equilibrio oscila entre 9 y 22 años.

**Cuadro 4. Punto de equilibrio entre el cierre y la continuación de las operaciones de las instalaciones de destrucción\***

	CE del cierre (\$EUA/kg)	Punto de equilibrio (años)	
		Costo adicional de explotación (1,80 \$EUA/kg)	Costo adicional de explotación (4,37 \$EUA/kg)
India	3,76	71	29
	0,86	16	7
México	2,88	73	30
	0,86	22	9

\* Suponiendo la producción (constante) de 2017.

20. La Secretaría no ha evaluado los puntos de equilibrio para las instalaciones de la República Popular Democrática de Corea y Venezuela (República Bolivariana de) dado que, según el mejor saber y entender de la Secretaría, esas instalaciones no cuentan con instalaciones de destrucción; además, la línea de producción de la República Popular Democrática de Corea no es una planta con proceso cambiante. Del mismo modo, tampoco se indican los costos para las instalaciones de China, ya que esas plantas no son plantas con proceso cambiante y la indemnización por el cierre ya se aborda en el PGEPH. En el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/69 se presenta una evaluación detallada de los costos de las diferentes opciones de destrucción del HFC-23 como subproducto para la planta de HCFC-22 con proceso cambiante de la Argentina.

21. Los puntos de equilibrio indicados en el Cuadro 4 se mencionan solo a modo de referencia, ya que no tienen en cuenta las circunstancias nacionales o las circunstancias que pueden ser pertinentes para instalaciones de producción específicas. Por ejemplo, el punto de equilibrio se basa en una producción constante en 2017. En los dos casos que se consideraron, el punto de equilibrio se produce con posterioridad a la obligación de cumplimiento para 2025. Dado que la producción de 2017 tanto para la India como para México superaría la obligación de cumplimiento para 2015, la producción debería reducirse o el HCFC-22 debería usarse para materia prima. La Secretaría no tuvo en cuenta la capacidad de las instalaciones de destrucción de cada una de las plantas con proceso cambiante, ya que esos datos no

<sup>8</sup> La producción de 2017 incluye el HCFC-22 producido en una línea de producción nueva e integrada, que se usa exclusivamente para materia prima. Esa línea de producción no es una planta con proceso cambiante; no obstante, la Secretaría no puede excluir esa producción ya que solo se dispone de datos agregados.

están disponibles; sin embargo, se prevé que los costos adicionales de explotación variarán en función de la capacidad y el nivel de utilización de esa capacidad. Además, la Secretaría no tuvo en cuenta la tecnología que se utiliza en cada una de las instalaciones de destrucción. Por ejemplo, en las instalación de destrucción de México se usa tecnología de arco de plasma; se prevé que los costos adicionales de explotación para esa tecnología serán más altos que para la tecnología a base de flúor que se describe en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54.

### **Opciones para la supervisión**

22. Las directrices para la presentación de informes sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el contexto de la CMNUCC y la metodología para supervisar el HFC-23 del Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) se han descrito en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48. Por lo tanto, en el presente documento se describirán las prácticas actuales para supervisar las emisiones de HFC-23 en la ejecución del PGEPH para China.

23. De conformidad con el Acuerdo con el Comité Ejecutivo para la etapa I del PGEPH, el Gobierno de China acordó hacer los máximos esfuerzos para gestionar la producción de HCFC y la producción de subproductos asociados en las plantas de HCFC, de conformidad con las mejores prácticas. A fin de supervisar la repercusión de la ejecución de esas actividades, el Comité Ejecutivo solicitó que el informe de verificación del Banco Mundial deberá facilitar estimaciones de las emisiones fortuitas de HFC-23 y de otros productos derivados (decisión 72/44 b)). Las verificaciones realizadas para los años 2013 a 2017 han incluido la información pertinente sobre las emisiones de HFC-23 en 16 de los productores de HCFC-22 que abarca el PGEPH. Los tres informes de verificación más recientes, para 2015, 2016 y 2017, documentan los progresos realizados por el Gobierno de China con la reducción de las emisiones de HFC-23, de acuerdo con los reglamentos expedidos por el Gobierno: el porcentaje de HFC-23 como subproducto que se incineró aumento del 45% en 2015, al 93% en 2016 y al 98% en 2017.

24. Durante la verificación, se examinan los datos de la producción de HFC-23 como subproducto en la producción de HCFC-22 y el manejo del HFC-23 por cada productor. Los datos sobre las cantidades de HFC-23 generadas, destruidas, ventiladas a la atmósfera, vendidas y almacenadas se recopilan, verifican y presentan en el informe anual de verificación de la producción para cada instalación. La producción total de HFC-23 como subproducto en el proceso del HCFC-22 se determina sobre la base de registros que pueden verificarse, según las cantidades transferidas al incinerador del MDL instalado en el sitio o el sistema de recuperación de HFC-23; las cantidades vendidas se verifican en los registros financieros. En aquellos casos en que no hay registros de mediciones disponibles, se supone una relación de generación de HFC-23 del 3% para estimar la generación total de HFC-23.

25. La Secretaría señala que todas las instalaciones de producción de HCFC-22 procuran reducir al mínimo las emisiones fugitivas, dado que esas emisiones reducirían la cantidad de HCFC-22 que pueden vender y, por ende, representarían una pérdida financiera para la empresa. Del mismo modo, si bien los procesos utilizados para separar el HFC-23 del flujo de HCFC-22 antes de la destrucción no darán lugar a la separación del 100%, las instalaciones de producción procurarán maximizar la eficiencia de separación para reducir al mínimo las pérdidas de HCFC-22. Además, independientemente de la viabilidad técnica, en el párrafo 6 del artículo 2J de la Enmienda de Kigali se especifica la destrucción del HFC-23 como subproducto “en la medida de lo posible”, por lo que no resulta claro que la separación perfecta sea un requisito en virtud de la Enmienda de Kigali. La Secretaria no conoce que exista, además de las observaciones atmosféricas, ningún instrumento de análisis que se pueda utilizar para supervisar las emisiones fugitivas de HFC-23 a distancia.

26. En una publicación científica reciente<sup>9</sup>, se estimaron las emisiones de HFC-23 sobre la base de observaciones atmosféricas. Las emisiones de HFC-23 se encontraron en su punto máximo en 2014 y luego disminuyeron gradualmente en 2016. La Secretaría observa que la disminución gradual es menor que la que se hubiera esperado teniendo en cuenta los datos que se presentan en el Cuadro 2 del presente documento y las reducciones de las emisiones que se indican en el párrafo 23, aunque otras observaciones podrían aclarar esta cuestión, dado que la publicación científica incluyó estimaciones de emisiones únicamente hasta 2016 inclusive.

### **Recomendación**

27. El Comité Ejecutivo tal vez desee tomar nota del documento sobre opciones rentables para controlar las emisiones de HFC-23 como subproducto (decisión 81/68 e)) que figura en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/68.

---

<sup>9</sup> Simmonds *et al.*, “Recent increases in the atmospheric growth rate and emissions of HFC-23 (CHF<sub>3</sub>) and the link to HCFC-22 (CHClF<sub>2</sub>) production,” *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 4153–4169, 2018.  
<https://doi.org/10.5194/acp-18-4153-2018>.

**Anexo I**

**OPCIONES RENTABLES PARA CONTROLAR LAS EMISIONES DE  
HFC-23 COMO SUBPRODUCTO**

Extracto del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/54 (párrs. 7 a 18)

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

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

- 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
- 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:
- 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;
  - 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
  - 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 (COF<sub>2</sub>); yodación de HFC-23 en trifluoroyodometano (CF<sub>3</sub>I)<sup>1</sup>; conversión a HCFC-22, difluoruro de vinilideno (VDF), o TFE y hexafluoropropileno (HFP)<sup>2</sup>; y reacción química con hidrógeno y dióxido de carbono<sup>3</sup>. No se pudieron evaluar los costos de las primeras tres tecnologías dado que esas tecnologías aún están en la

<sup>1</sup><http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Effective%20Technologies%20for%20Conversion%20of%20HFC-23%20-%20Quan%20Hengdao.pdf>.

<sup>2</sup><http://conf.montreal-protocol.org/meeting/oewg/oewg-39/events-publications/Observer%20Publications/Treatment%20of%20HFC-23%20by%20conversion%20-%20Han%20Wenfeng.pdf>.

<sup>3</sup><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>.

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 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 reunión<sup>4</sup>, 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

---

<sup>4</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/48; 79/48/Add.1; 79/48/Corr.1; and 79/48/Corr.2.

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).

## 7 Methodology for determining funding for HFC-23 mitigation as of 2020

### 7.1 Introduction

In the Kigali Amendment, HFC-23 has been added to the list of controlled (HFC) substances in Annex F, Group II. This Group II has been formed because HFC-23 is thought to fulfil a minor role in HFC consumption for emissive uses, however, it is largely produced in HCFC-22 production processes, where it is produced as a by-product that has often been vented to the atmosphere. It should not be misunderstood however that a certain small production of HFC-23 is used to form blends (such as R-508) which are used (and are essential because of no competitive or alternative refrigerants or blends) in very low temperature freezing equipment, furthermore, it is used in fire protection; both are emissive uses. There might also be some feedstock use for HFC-23.

The larger portion of the HFC-23 vented to the environment comes from the HCFC-22 production processes where HCFC-22 is produced for both emissive uses and for feedstock production. In non-Article 5 production processes the emission of HFC-23 is avoided via mitigation, i.e. the incineration of the by-product gas and the re-use or neutralization of the HF so obtained. The percentage of the HFC-23 formed in the total amount of gas produced (HCFC-022 and HFC-23) is maximum 4%, where this percentage can be reduced by optimising the process and by suitable use of regularly replaced catalysts; percentages in the order of 1.2-1.4% have been given in case of this optimization. Some of this optimisation has been applied in non-Article 5 HCFC-22 production plants, followed by collection and incineration of HFC-23.

Table 7-1 gives an overview of the Article 7 UNEP reported data related to HCFC-22 production during the period 2008-2015 for non-Article 5 and Article 5 feedstock and emissive uses.

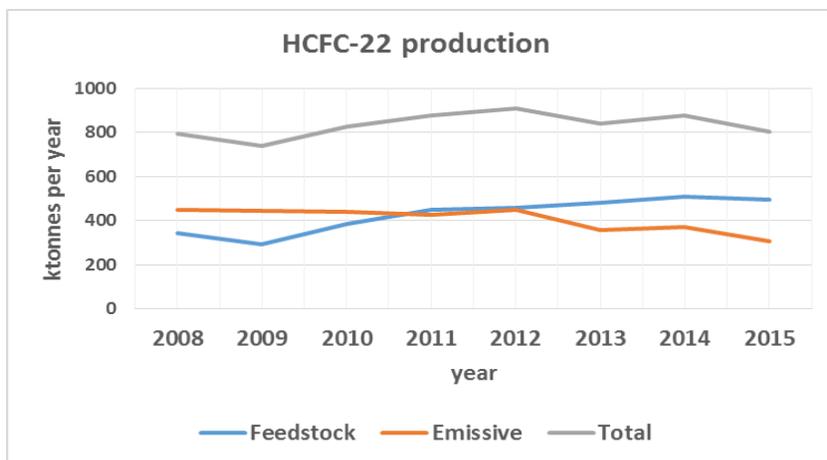
HCFC-22 feedstock production in non-Article 5 parties did not decrease during 2008-2015, there has been an increasing trend in Article 5 parties (however, with one exception, which is for the year 2015). Production for emissive uses is decreasing since before the year 2008 in non-Article 5 parties and since the year 2012 in Article 5 parties (with a maximum of almost 412,000 tonnes in 2012).

**Table 7-1 Production of HCFC-22 for feedstock and emissive uses in Non-Article 5 and Article 5 parties, period 2008-2015 (UNEP Article 7 reporting) (in this case all Article 5 parties are considered, including the Republic of Korea)**

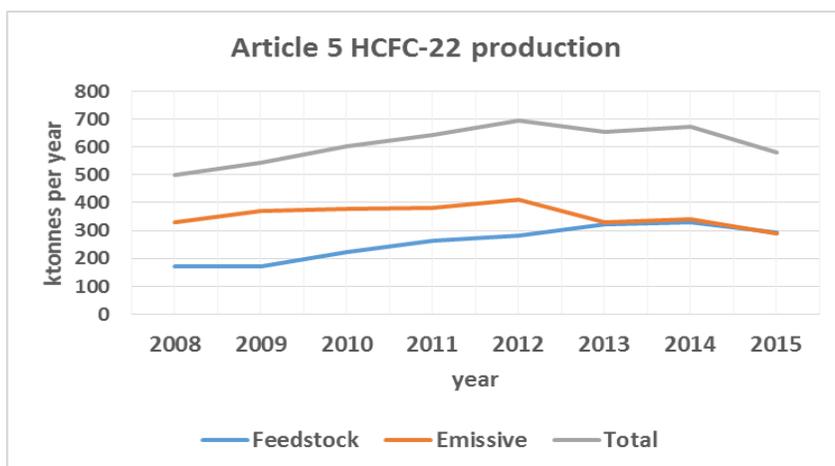
Production of HCFC-22 for feedstock and emissive uses 2008-2015 (metric tonnes)								
Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Non-Article 5 emissive	117621	74226	61372	47214	36609	28733	29700	19806
Article 5 emissive	330078	371418	379105	379925	411634	330071	341666	287774
Total emissive	447699	445644	440477	427139	448243	358804	371367	307580
Non-Article 5 feedstock	173957	120824	164588	186190	177301	159496	177178	199576
Article 5 feedstock	170916	173098	221761	263482	261815	323996	330910	293156
Total feedstock	344872	293923	386349	449671	459116	483491	508088	492733

As mentioned, HFC-23 is a by-product in all HCFC-22 production given in Table 7-1. Article 5 production for emissive and feedstock use was about 580 ktonnes in 2015.

Figure 7-1 and 7-2 show feedstock, emissive use and total HCFC-22 production for all parties as well as for Article 5 parties only.



**Fig. 7-1 HCFC-22 production for feedstock, emissive uses and total, for 2008-2015, as reported under Article 7 by all non-Article 5 and Article 5 parties**



**Fig. 7-2 HCFC-22 production for feedstock, emissive uses and total, for 2008-2015, as reported under Article 7 by all Article 5 parties**

From Figures 7-1 and 7-2 it can be concluded that emissive use production is clearly decreasing, there is an upward trend for feedstock, however not that much during 2013-2015. The growth in feedstock production is difficult to forecast, it might be smaller than thought in the past, very much related to forecasts for PTFE use. For total HCFC-22 production in Article 5 parties, there may be a certain growth in feedstock production during the next 5 years, but the maximum of the year 2012 is not likely to be achieved. HCFC-22 is also used to make HFC-125 in e.g., China, although alternative production technologies may reduce its competitiveness.

With regard to the HFC-23 substance, the Kigali Amendment stipulates that:

- Each party manufacturing Annex C, Group I, or Annex F substances shall ensure that for the twelve-month period commencing on 1 January 2020, and in each twelve-month period thereafter, its emissions of Annex F, Group II substances generated in each production facility that manufactures Annex C, Group I, or Annex F substances are destroyed to the extent practicable using technology approved by the parties in the same twelve-month period;

- Emissions of Annex F, Group II substances generated in each facility that generates Annex C, Group I, or Annex F substances by including, among other things, amounts emitted from equipment leaks, process vents, and destruction devices, but excluding amounts captured for use, destruction or storage;
- Each Party shall provide to the Secretariat statistical data of its annual emissions of Annex F, Group II controlled substances per facility in accordance with paragraph 1(d) of Article 3 of the Protocol.

In decision XXVIII/2, parties request the Executive Committee to develop guidelines for financing the phase-down of HFC consumption and production. With regard to the production sector, the parties through decision XXVIII/2 requested the Executive Committee to make eligible the costs of reducing emissions of HFC-23, a by-product from the production process of HCFC-22, by reducing its emission rate in the process, destroying it from the off-gas, or by collecting and converting it to other environmentally safe chemicals. Such costs should be funded by the Multilateral Fund to meet the obligations of Article 5 parties. A further analysis of the expected mitigation and associated cost scenarios is given in sections 7.2 and 7.3.

The guidelines concerning the production of HFCs and all issues related to this production have first been discussed in April 2017 at ExCom-78. Final guidance where it concerns the funding of capital and operating costs for mitigation of HFC-23 is not yet clear, however, a range for the funding that would be required in the next triennium can be determined. In particular, it is noted that the control obligations related to HFC-23 are the earliest control obligations under the Kigali Amendment.

Paragraph 41 in ExCom document 77/70 for the ExCom-77 meeting in December 2016 mentions a number of issues related to HFC-23 mitigation. A document covering the key aspects related to HFC-23 was subsequently developed by the Secretariat and was published in March 2017 as UNEP/OzL.Pro/ExCom/78/9 (“Key aspects related to HFC-23 by-product control technologies”).

## 7.2 HFC-23 by-product production

A number of details on HFC-23 production and mitigation and how it has been dealt with in past years can be found in the Appendix to this chapter.

**Table 7-2 Level of HFC-23 estimated in 2015 and destruction facilities in Article 5 countries (from ExCom 78/9)**

Country	HCFC-22 production *(mt/year)	HFC-23 generation		HCFC-22 production lines				
		(mt/year)	Rate (%)	Number	With CDM project	With destruction facility	With recovery system	Without destruction facility
Argentina	2,446	73	3.00	1	1	0	0	0
China	534,928	13,602	2.54	32	14	16	1**	1
DPR Korea	498	15	3.00	1	0	0	0	1
India	53,314	1,674	3.14	5 (or 6)***	5	0	0	0
Mexico	4,729	115	2.44	2	1	0	0	1
BR Venezuela	677	20	3.00	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>596,591</b>	<b>15,499</b>		<b>42</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

The ExCom 78/9 document gives HCFC-22 production data reported under Article 7 for 2015 for six Article 5 countries, namely Argentina, China, Democratic People's Republic of Korea, India, Mexico, and Bolivarian Republic of Venezuela, and concludes that they manufactured almost 600 ktonnes of HCFC-22 for controlled emissive and feedstock uses. That document estimates the total amount of HFC-23 generated at 15,499 tonnes (see table below, reproduced from the ExCom document).

Of the six Article 5 countries that reported HCFC-22 production under Article 7 (see above), only China has an approved HPPMP. The issue of the eligibility funding the closure of swing plants continues to be under discussion at ExCom level. Given the present guidelines (except for the DPR Korea), the Article 5 producing countries are not eligible to receive funding from the Multilateral Fund for closure of HCFC-22 (swing) plants. The following can be mentioned for the various countries:

### 7.2.1 Argentina

Data given mention that the HFC-23 generated in Argentina is about 3% of the HCFC-22 amount produced. It is being vented, where it was reported previously as vented under the CDM.

### 7.2.2 China

**Table 7-3 Amounts of HCFC-22 produced in 2015 in various HCFC-22 production plants, as well as the HFC-23 amounts stored and/or incinerated in 2015. The information is available from the Chinese NRDC at NDRC at: [http://qhs.ndrc.gov.cn/gzdt/201605/t20160527\\_805072.html](http://qhs.ndrc.gov.cn/gzdt/201605/t20160527_805072.html)**

Producer	HCFC-22 prod. (ktonnes)	HFC-23 prod. (tonnes)	Incinerated HFC-23 (tonnes)	Comment
Shandong Dongyue Chemical Co	173.3	3614	1059	182 tonnes stored, two new incinerators completed late 2015
Zhengjiang Quhua Co	49.2	1441	1055	376 tonnes stored, new incinerator completed in December 2015
Jiangsu Meilan	63.9	1827	1418	
3F Changsu	40.9	1180	1180	
ZhongHao ChenGuang	17.2	474	466	
Linhai Limin Chemical (Zhejiang)	17.5	353	615	HFC-23 stored in the past included
Shandong ZhongFu	N/A	N/A	N/A	Data not available
Arkema Changshu (Jiangsu)	30.7	576	576	
Zhejiang Sanmei Chemical	14.4	368	0	350 tonnes sold, 18 tonnes stored, incinerator compl. April 2016
Jinhua Yonghe (Zhejiang)	12.0	240	0	165 tonnes sold, incinerator completed in March 2016
Zhejiang Lanxi Juhua	20.6	618	0	144 tonnes sold, 44 tonnes stored, incinerator compl. March 2016
Jiangxi YingGuang Chemical	0.0	0.0	0	Incinerator under construction
Jiangxi Sanmei Chemical	14.0	350	0	194 tonnes sold, 41 tonnes stored, without incinerator constr. plan
Sichuan Zigong Honghe Chemical	N/A	N/A	N/A	Data not available
Zhejiang Pengyou Chemical	10.0	270	0	Incinerator completed in April 2016
<b>Totals</b>	<b>463.7</b>	<b>11311</b>	<b>6369</b>	

China has a large number of HCFC-22 producing plants, of which a number of plants in operation for at least three years before 2004 were qualified for and equipped under the CDM with incineration units that incinerated part -- or the whole of the HFC-23 generated. In 2008, any new HCFC-22 lines built for use as a refrigerant were required by the Chinese government to have the capability to address HFC-23 and any new HCFC-22 production units for feedstock are required to destroy HFC-23 without subsidies related to capital investment or operating costs.

Table 7-3 gives 15 Chinese HCFC-22 production plants, of which 9 plants have an annual output between 0 and 40 ktonnes, 3 between 40 and 80 ktonnes; one has an annual output in the range of 150-200 ktonnes of HCFC-22. For two plants data are not available. Specific production data are given in the table, with a known total of 463.7 ktonnes. This is less than in the ExCom 78/9 table, because certain plant production lines are not reported (the amount in the ExCom 78/9 may also be overestimated; it may well be 22 ktonnes lower for 2015).

Article 7 reporting of HCFC-22 for emissive use and feedstock production by China amounts to about 514 ktonnes in 2015 (there is a difference of about 50 ktonnes with the amount mentioned in Table 7-2; 50 ktonnes may well have been produced in the two plants for which no data are available in Table 7-2). Based on the data in table 7-3, HFC-23 waste generation rates ranged from 2.9 to 1.9 per cent, with an average of 2.4 per cent; this is comparable to the data reported in ExCom 78/9, which indicated HFC-23 waste generation rates between 3.03 and 1.78 per cent for 29 production lines in 13 production facilities, with an average of 2.54 per cent.

With the support of the Government, the construction of 13 HFC-23 destruction facilities at 15 HCFC-22 production lines not covered by the CDM was started in 2014. The Government also has committed to subsidise the operating costs during the period 2014-2019 to encourage the operation of destruction facilities. The CDM lines have been in operation since their start up. Once all new destruction facilities are completed, 30 out of 32 production lines will be equipped with a destruction (incineration) facility. It is estimated that 45 per cent of the HFC-23 generated was destroyed in 2015; 10 per cent was collected, sold or stored for use; and 45 per cent was emitted. For 2016, a percentage between 60 and 70 is estimated for destruction; the collection cannot be estimated.

### **7.2.3 Mexico**

In Mexico, HFC-23 by-product from HCFC-22 production is partially emitted (and/or separated for a specific use), or destroyed. One destruction facility attached to one Quimibasicos plant (CDM project from 2006) was operated in 2015. The other plant (where it is not clear where it is located and whether the same destruction facility could be used for the HFC-23 amount generated here) is venting HFC-23 to the atmosphere. A HFC-23 waste generation of 2.44% has been reported.

### **7.2.4 India**

In India, 5 HCFC-22 production facilities have implemented a CDM project, of which two are still in operation (until April 2017 and October 2018). Once the CDM projects will expire for the production facilities, a newly issued order by the Indian Government specifies that the destruction facilities continue to be operated. It is not clear whether that would mean that operating costs would be eligible under the Multilateral Fund. For the funding requirement calculated in this report it has been assumed that they would.

There may also be a sixth facility in India (not taken into consideration) producing HCFC-22 for feedstock.

### 7.2.5 *Other Article 5 parties*

The HCFC-22 production facilities in the DPR Korea and the Bolivarian Republic of Venezuela (one each) have never had a CDM project and did never build destruction facilities. It can therefore be assumed that HFC-23 is vented at those two facilities at a 3% level of the HCFC-22 production. There is also production in the Republic of Korea but this has not been further considered here.

### 7.3 **HFC-23 by incineration; investment and operating costs**

It will be difficult to give accurate numbers for future years, i.e., after the year 2020 (the first year in the Kigali Amendment), for capital and operating costs for HFC-23 mitigation.

This because:

- It is unclear what the HCFC-22 total production will be in the year 2020 and the years beyond, which very much depend on the increase (decrease) in production for feedstock, if any;
- It may be useful for certain existing plants to consider collection of HFC-23 rather than continuous destruction in an integrated system and transport to an incineration facility on- or off-site, however, costs for this operation are unknown as capital investment to improve the ability to collect HFC-23 may be needed to reduce emissions rates;
- It is unclear whether and when certain Article 5 production plants would consider closure, if they would become eligible for closure funds under the Protocol;
- Costs for investments for and operating costs of an incineration (thermal decomposition) plant vary widely;
- Neutralization and disposal costs or income generated by the acid waste stream will vary depending on local markets and the ultimate fate of the acid;
- Reduced HFC-23 generation through optimisation could further reduce operating costs for incineration and neutralisation.

An estimate of capital and operational costs is therefore given on the basis of the HFC destruction plants installed and the HFC-23 generated in 2015. This implies that it would concern 3 destruction facilities, and furthermore transport costs of HFC-23 to a destruction facility for two small production plants, as well as about 15.5 ktonnes HFC-23 generated per year (based on 575 ktonnes of HCFC-22).

Process optimisation is normally done to minimize the HFC-23 emissions; this is related to temperature, pressure, feed rates, catalyst concentration and catalyst renewal, where the latter is a very important factor in the production of HFC-23 as a percentage of HCFC-22. Non-Article 5 country producers are assumed to all have implemented either process optimization and/or thermal destruction to mitigate HFC-23 emissions. Process optimization will reduce generation rates to below 1.6 per cent of HCFC-22 production, but may require modifications to existing equipment and capital expenditure, as well as additional operating costs.

A report on an optimization project in China implemented under the stage I HPPMP is expected at the 79<sup>th</sup> Executive Committee meeting. Specifically, implementation of the HPPMP for China includes technical assistance related to HFC-23 by-product control, and in particular an investigation on the mechanisms and technical feasibility of reducing the HFC-23 production ratio in HCFC-22 production through best practices. This technical assistance intends to reduce the HFC-23 by-product ratio through policy and technical measures.

The USEPA (global mitigation report of 2013) estimated the costs for installing and operating a thermal oxidizer with a technical lifetime of 20 years: capital cost is estimated to be approximately US\$ 4.8 million to install at an existing plant and US\$ 3.7 million to install as part of constructing a new plant,

operating and maintenance costs are approximately 2.0 to 3.0 per cent of total capital costs. Based on these assumptions, operating costs would be approximately US\$ 0.22/kg (following ExCom document 78/9). Values in this range, even somewhat higher, have been mentioned in discussions with manufacturers in non-Article 5 parties. Higher estimates have been given by others sources consulted, varying between incremental capital costs of US\$ 2-10 million for plants with a HCFC-22 production capacity of 10-50 ktonnes of HCFC-22 (China CDM report, IPCC-TEAP, 2005, manufacturers data) and as high as US\$ 6/kg (see ExCom document 78/9).

Based on the ranges given, this study estimates the cost of a new incinerator for existing facilities at US\$ 250,000-500,000 per year (based on a 20 years lifetime).

For the operating costs, a “best estimate” range of US\$ 0.5-1.5 per kg has been derived<sup>13</sup>. In this amount the costs for possible optimization of the process before HFC-23 mitigation would be included.

The above would imply (see above) a funding of US\$ 0.75-1.5 million for one year for three new facilities. For the operational costs (for 15.5 ktonnes of HFC-23 as mentioned in Table 8-2) a range of US\$ 7.75-23.3 million would apply. This amount takes into account all operating costs for all Article 5 parties with HCFC-22 production, including those where subsidy programs are currently applied (PR China) or where an order (or regulation) to mitigate HFC-23 emission has entered into force (India).

To this amount the possible costs for the mitigation of 35 tonnes of HFC-23 from the facilities in DPR Korea and Venezuela would have to be added, but this is assumed to be small compared to the numbers mentioned for the range above. Costs for transport and incineration elsewhere could be assumed at US\$ 2.5 per kg, which would bring the total to US\$ 87,000 per year.

However, it may not be correct to consider the same HCFC-22 production amounts for emissive uses and for feedstock. One could assume that the emissive use production would decrease by 25% between 2015 and 2020 (the Montreal Protocol mandated reduction) and that feedstock production would increase by 10% based on the 2015 production. Since both amounts are comparable in the case of Article 5 countries it would mean that the operational costs would be lower in 2020, where the range of US\$ 6.4-19.1 million can be determined (from the range of US\$ 7.75-23.3 million above). Together with the annual investment costs as well as transport and incineration costs this would yield a total of US\$ 7.2-20.7 million for HFC-23 mitigation.

In order to prepare for operation of a few facilities (not in operation) to incinerate HFC-23, enabling activities at a value of US\$ 0.8 million are estimated.

**Table 7-4 Funding for HFC-23 mitigation activities for the triennium 2018-2020 (US\$ million)**

<b>HFC-23 mitigation</b>	<b>2018-2020</b>
Enabling activities before 2020	0.8
Capital and operating costs (year 2020 only)	7.2-20.7
<b>Total</b>	<b>8.0-21.5</b>

<sup>13</sup> Based upon estimates from various studies, data from the ExCom 78/9 document, and information on investments and operational costs from several HCFC-22 manufacturers

## Appendix to Chapter 7

From the publication by Montzka (2010), one can take the following:

“HFC-23 (CHF<sub>3</sub>) is a potent greenhouse gas with a global warming potential (GWP) of 14,800 for a 100-year time horizon, that is an unavoidable by-product of HCFC-22 (CHClF<sub>2</sub>) production. HFC-23 is a relatively long-lived trace gas with a tropospheric lifetime of about 260–270 years. . . . . The production of HCFC-22 for use as feedstock, however, is unrestricted. These two latter aspects of HCFC-22 production regulation have implications for the future production of the by-product HFC-23.

In contrast to the widespread industrial uses of HCFC-22, HFC-23 has limited industrial uses. These include use as feedstock in Halon-1301 (CBrF<sub>3</sub>) production (nondispersive), in semiconductor fabrication (mostly non-dispersive), in very low temperature (VLT) refrigeration (dispersive) and in specialty fire suppressant systems (dispersive). Thus the bulk of the co-produced HFC-23 was historically considered a waste gas that has been and often continues to be vented to the atmosphere. Since the 1990s, some HCFC-22 producers in the developed countries have voluntarily reduced HFC-23 emissions by process optimization and/or incineration. Based on historical trends, McCulloch in 2004 concluded that “approximately half of the HFC-23 co-produced with HCFC-22 in the developed world is abated”. Under the Clean Development Mechanism (CDM) of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 19 HCFC-22 production plants in five developing countries were approved for participation as CDM projects. These countries have reportedly incinerated the HFC-23 co-produced during 2007–2008 from 43–48% of the developing world’s HCFC-22 production (Montzka, 2010). Typical HFC-23/HCFC-22 co-production ratios, often referred to as the waste gas generation ratio “w”, range from 0.014 in optimized processes to upwards of about 0.04. This co-production relationship of HFC-23 and HCFC-22 provides a unique constraint in evaluating their emission and production trends as HFC-23 may act as a tracer of HCFC-22 production while the fate of HCFC-22 involves a more convoluted path of various end-uses and different release rates. To the extent that HCFC-22 production, waste gas generation ratio and HFC-23 incineration are known, a bottom-up emission history for HFC-23 can be derived. This is not subject of this section, however, has been important in deriving emissions from atmospheric abundance measurements.

To investigate the response of HFC-23 emissions to HCFC-22 production and recent HFC-23 emission abatement measures, a bottom-up HFC-23 emission history was constructed for comparison with our top-down HFC-23 emission history. The bottom-up history relies on HCFC-22 data provided by UNEP up to 2008, on HFC-23 data provided by UNFCCC for developed countries emissions to 2008, on CDM HFC-23 incineration monitoring reports for 2003–2009 and on annual HFC-23/HCFC-22 co-production ratios for developing countries deduced from these CDM reports. The top down versus bottom-up HFC-23 emission history comparison shows agreement within stated uncertainties for all years, with particularly close agreement during 1995–2005. The bottom-up history shows small, statistically insignificant departures to lower values in 2006 and 2008. Overall, this level of agreement supports a reasonable confidence in the HFC-23 emission data reported to the UNFCCC for developed countries and for HFC-23 incineration data reported by CDM projects, and for data reported to UNEP under Article 7 of the Montreal Protocol. In the 1990s, HFC-23 emissions from developed countries dominated all other factors controlling emissions, and thereafter they began to decline to an eventual six-year plateau. From the beginning of that plateau, the major factor controlling the annual dynamics of global HFC-23 emissions became the historical rise of HCFC-22 production for dispersive uses in developing countries to a peak in 2007. But incineration via CDM projects became a larger component during 2007–2009, reducing global HFC-23 emissions despite both a high HCFC-22 dispersive production and a rapidly rising feedstock production, both in the developing world. In the near future, the controlling factor determining whether

there is resurgence or continued decline in HFC-23 emissions may be the extent to which incineration can keep pace to counteract potential growth in feedstock production.”

This was the result of investigations reported up to 2010<sup>14</sup>. At that stage the future of any CDM project related to HFC-23 incineration was uncertain based upon the discussions that had started in 2006 within the UNFCCC framework. A further publication by Miller and Kuijpers (2011) investigated future global scenarios for HFC-23 abundances in the atmosphere, dependent on assumed CDM supported mitigation, feedstock production growth and emissive use production phase-down in Article 5 parties (Miller and Kuijpers, 2011). Fang (2014) published a study, which specifically develops HFC-23 emission scenarios through 2050 for China.

However, in the period 2010-2016 various developments have taken place where it concerns HFC-23 mitigation activities in various Article 5 parties. In the early versions of the approved baseline and monitoring methodology “Decomposition of fluoroform (HFC-23) waste streams” under the CDM, the waste generation rate was capped at 3.0 per cent. The most recent version of the methodology uses a waste generation rate of 1 per cent. Information provided in ExCom document 78/9 mentions that “one producer in the United States of America has developed technology that could improve the yield of HCFC-22, reduce the HFC-23 by-product generation rate to as low as 1.0 percent, and improve the collection efficiency of HFC-23 that is generated”.

---

<sup>14</sup> In 2009 the MLF Secretariat had described the situation with regards to CERs, carbon credits via Certified Emission Reductions in UNEP/OzL.Pro/ExCom/57/62 (February 2009), Summary of Information publicly available on relevant elements of the operation of the Clean Development Mechanism and the amounts of HCFC-22 production available for credits