



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



Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58
9 de mayo de 2024

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Nonagésima cuarta reunión
Montreal, 27 – 31 de mayo de 2024
Cuestión 10 del orden del día provisional¹

**DOCUMENTO SOBRE LA CUESTIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN LA FABRICACIÓN DE
ESPUMAS DE POLIURETANO**

(párrafo 127 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/93/105)

Antecedentes

1. En la 93ª reunión del Comité Ejecutivo, en la cuestión del orden del día «Reseña de las cuestiones identificadas durante el examen de proyectos», la Secretaría presentó la cuestión de los HFC contenidos en polioles premezclados importados en el sector de las espumas de poliuretano (PU) en la etapa I de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali para los HFC (KIP). Durante el debate subsiguiente, dos miembros hicieron hincapié en las dificultades a las que se enfrentan algunos países para obtener alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) a los HCFC en el sector de las espumas de poliuretano, incluidos los polioles premezclados, lo que provoca retrasos en la ejecución de los proyectos, y uno de ellos afirmó que las hidrofluoroolefinas (HFO) no eran una alternativa sostenible debido a su rápida descomposición, una consideración que debería reflejarse en una nota de la Secretaría sobre la cuestión. Los miembros acordaron que la cuestión de las alternativas en la fabricación de espumas de poliuretano debería debatirse en la 94ª reunión, y que la Secretaría debería preparar un documento aparte para su consideración en dicha reunión, presentando las experiencias relacionadas, las mejores prácticas y la información recopilada hasta la fecha

2. En respuesta a esta solicitud, la Secretaría ha llevado a cabo una revisión de los datos disponibles sobre los proyectos del sector de espumas de poliuretano ejecutados dentro de los planes de gestión de eliminación de los HCFC en curso, ha consultado con los organismos bilaterales y de ejecución durante la Reunión de coordinación interinstitucional de marzo de 2024, ha solicitado aportaciones por escrito del PNUD, la ONUDI y el Banco Mundial sobre los proyectos pertinentes, y ha consultado los informes del Grupo de trabajo de composición abierta (GTCA), la Reunión de las Partes (RP) en el Protocolo de Montreal

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/1

y el informe de evaluación del Comité de Opciones Técnicas sobre Espumas (COTE) de 2022. El presente documento se ha elaborado teniendo en cuenta la información obtenida de las fuentes mencionadas.

3. Un miembro del Comité Ejecutivo, el Gobierno de Argentina, también envió información a la Secretaría sobre la situación en la región de América Latina. La información sobre precios y plazos de entrega se incluye como información técnica en el presente documento y su anexo.

Proyectos de eliminación de los HCFC en el sector de la fabricación de espumas de poliuretano asistidos por el Fondo Multilateral

4. Hasta abril de 2024, el Comité Ejecutivo ha aprobado, como parte de 48 planes de gestión de eliminación de HCFC, proyectos individuales para la conversión de empresas de espumas de poliuretano que fabrican diversos tipos de productos de espuma² a hidrocarburos (HC) (ciclopentano, n-pentano, isopentano y polioles premezclados que contienen HC), formiato de metilo, metilal, tecnología a base de agua, HFO (es decir, HFO-1233zd(E), HFO-1336mzz(Z)) y, en dos casos durante la etapa I, HFC-245fa.

5. De ellos, los planes de gestión de la eliminación de los HCFC de varios países³ también han incluido proyectos para la adaptación de empresas de sistemas de propiedad local a la fabricación de sistemas de polioles premezclados sin HCFC-141b y, a través de ellos, la conversión de numerosas empresas transformadoras de espumas.

6. El consumo total de HCFC asociado a estos proyectos ascendió a 8 792 toneladas PAO o 79 932 toneladas métricas (tm) de HCFC-141b y 27 toneladas PAO (485 tm) de HCFC-22.

7. Además, el Comité Ejecutivo aprobó 13 proyectos para demostrar tecnologías de bajo PCA como alternativas a los HCFC en el sector de la fabricación de espumas de poliuretano, incluidos HC puros y premezclados en polioles, formiato de metilo, metilal, CO₂ supercrítico y HFO (HFO-1233zd(E), HFO-1336mzz(Z)).

8. En el contexto de la eliminación de los HFC, en la 82ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó un proyecto de inversión independiente para la conversión de ciclopentano mezclado con HFC-245fa (250 tm o 257 500 toneladas equivalentes de CO₂) a ciclopentano mezclado con HFO-1233zd(E) en la fabricación de paneles de espuma para refrigeradores domésticos en una empresa de China (de conformidad con la decisión 78/3 g); y en la 93ª reunión, como parte del KIP para México, el Comité aprobó el plan del sector de espumas de poliuretano para la eliminación total de los HFC (596 tm o 545 791 toneladas equivalentes de CO₂) con los HFO como la alternativa seleccionada.

Experiencia en la ejecución de proyectos, mejores prácticas e información sobre alternativas con bajo potencial de calentamiento atmosférico en el sector de espumas de poliuretano

9. Los organismos bilaterales y de ejecución han compartido información sobre su participación en la asistencia a los países que operan al amparo del Artículo 5 en el sector de espumas de poliuretano, incluida la experiencia adquirida, los principales retos encontrados y las mejores prácticas seguidas por los gobiernos y empresas asistidos para garantizar la adopción sostenida de las tecnologías de bajo potencial de calentamiento atmosférico.

10. Además de garantizar el compromiso, y en algunos casos la cofinanciación, de las empresas beneficiarias para la conversión a las tecnologías seleccionadas, la asistencia prestada a los países que operan al amparo del Artículo 5 para la adopción de alternativas de bajo PCA en el sector de espumas de

² Por ejemplo, espuma aislante para aparatos de refrigeración, paneles, aislamiento para calentadores de agua, bloques y revestimiento resistente de doble capa.

³ Arabia Saudí, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Egipto, Indonesia, República Islámica del Irán, México, Nigeria y Sudáfrica.

poliuretano incluyó asistencia técnica y capacitación sobre el uso de la alternativa seleccionada, transferencia de tecnología y demostraciones en otras empresas locales o extranjeras.

11. Un factor crucial que ha permitido la transición de numerosas pequeñas y medianas empresas (PYME) en los países que operan al amparo del Artículo 5 ha sido el apoyo prestado a los proveedores de sistemas locales para desarrollar formulaciones basadas en tecnologías de bajo PCA. Estos proveedores de sistemas han desempeñado un papel fundamental a la hora de ofrecer orientación técnica a las PYME para la adopción de dichas tecnologías.

12. Una práctica eficaz para garantizar la sostenibilidad de la eliminación de los HCFC en el sector sigue siendo la promulgación de medidas reglamentarias para apoyar las conversiones de las empresas locales a alternativas de bajo PCA, generalmente en forma de prohibiciones de importación y/o uso de sustancias controladas en la aplicación o sector de espumas de poliuretano. En varios casos, estas medidas se han retrasado si no se disponía de alternativas adecuadas de bajo PCA para aplicaciones específicas (es decir, sustancias no inflamables con propiedades aislantes aceptables en aplicaciones de espumas en aerosoles). En algunos países, como China y Tailandia, se han promulgado medidas que cubren aplicaciones específicas, dejando otras para más adelante; en otros, la prohibición del HCFC 141b en forma pura ha precedido a la prohibición del HCFC-141b contenido en polioles premezclados importados para dar más tiempo a la adopción de alternativas, especialmente por parte de las PYME.

13. La selección de alternativas ha dependido de los requisitos de rendimiento de la aplicación específica (por ejemplo, el rendimiento del aislamiento), la infraestructura y la capacidad de las empresas para adoptar tecnologías de bajo PCA, los costos operativos de la tecnología, la ubicación de la empresa y las políticas locales relacionadas con la salud y la seguridad en el trabajo. A continuación, se presenta un breve resumen de la experiencia de los organismos en relación con la adopción de diferentes tecnologías de bajo PCA.

Tecnología basada en hidrocarburos

14. La tecnología a base de HC sigue siendo la opción preferida por las grandes empresas, debido a factores como la calidad del producto y los costos de explotación. La conversión a la tecnología basada en HC conlleva unos costos de capital incrementales relativamente elevados para las adaptaciones necesarias para operar con agentes espumógenos inflamables. En algunos casos, las empresas tuvieron que aportar cofinanciación. A pesar de que, en general, la ejecución del proyecto se ha desarrollado sin problemas, se han producido retrasos relacionados principalmente con la finalización de las adaptaciones de la planta relacionadas con la seguridad y la obtención de permisos para operar con sustancias inflamables en lugares específicos.

15. También se ha informado de que esta tecnología sigue siendo en gran medida inaccesible para las pequeñas empresas que carecen de los conocimientos técnicos y los recursos necesarios. Los HC y los polioles premezclados a base de HC, que siguen siendo muy inflamables, no son adecuados para las espumas en aerosol por motivos de seguridad. Aunque los polioles premezclados a base de HC pueden representar una alternativa potencial para algunas empresas en determinadas aplicaciones, sus ventas pueden verse limitadas debido a los estrictos requisitos de seguridad.

Formiato de metilo y metilal

16. Los organismos de ejecución han compartido sus experiencias con el formiato de metilo y el metilal con resultados positivos en algunas aplicaciones, aunque con retos técnicos notificados en ciertas formulaciones y preocupaciones sobre el rendimiento en términos de comportamiento térmico y otros parámetros. Los problemas de corrosión asociados al formiato de metilo se han abordado mediante cambios en los materiales. Ambos agentes espumantes son inflamables y se han utilizado en formulaciones

combinadas con otros agentes espumantes para reducir el costo de los sistemas de espuma de poliuretano. Sin embargo, su adopción ha sido generalmente limitada.

Tecnología a base de agua

17. La tecnología a base de agua ha sido ampliamente utilizada por las PYME en aplicaciones en las que el rendimiento del aislamiento es de menor importancia o en las que los costos asociados a las medidas de seguridad son prohibitivos. Sin embargo, los sistemas de espumación acuosa presentan un rendimiento térmico inferior y algunos retos asociados a la adherencia y a una contracción significativa tras el enfriamiento de la espuma, lo que conlleva diversas complicaciones en el procesamiento de la espuma y en el uso de catalizadores. Para compensar las propiedades subóptimas de la espuma, se requieren mayores cantidades de MDI⁴, lo que hace que los sistemas con base acuosa sean más caros en comparación con el HCFC-141b. A pesar de estos retos, se ha informado de mejoras en los sistemas a base de agua a lo largo del tiempo, y la tecnología se sigue adoptando en diversas aplicaciones, aunque con limitaciones de rendimiento reconocidas. El agua también se ha utilizado como agente coexpansor junto con el formiato de metilo, el metilal o las HFO.

Hidrofluoroolefinas

18. Los organismos informaron de que la transición de los sistemas a base de HCFC-141b a los sistemas a base de HFO fue relativamente sencilla, con procesos operativos muy similares a los de los sistemas a base de HCFC. Los proyectos de demostración financiados por el Fondo Multilateral en varios países, como Colombia, Arabia Saudí y Tailandia, han dado resultados positivos en el uso de HFO, ya sean puros o mezclados con agua en proporciones específicas.⁵ Un reto identificado al utilizar HFO-1233zd(E) es su bajo punto de ebullición, que requiere un control cuidadoso de la temperatura durante la transferencia de la mezcla de polioliol del tambor al tanque de trabajo de la máquina espumadora, un reto también observado en las aplicaciones de espuma en aerosol. También se ha expresado preocupación por la menor vida útil de los sistemas a base de HFO que contienen cloro, lo que puede plantear problemas logísticos. No obstante, el principal problema identificado a la hora de adoptar la tecnología a base de HFO sigue siendo la disponibilidad y el precio del agente espumante, como se describe a continuación.

19. Durante la reunión de coordinación interinstitucional, un organismo de ejecución señaló que los debates sobre las repercusiones de las sustancias per y polifluoroalquiladas (PFAS) podrían haber causado inquietud en algunos países en relación con la viabilidad a largo plazo de la adopción de los HFO como alternativas a las espumas de poliuretano. A este respecto, en la 45ª reunión del GTCA, un representante expresó su preocupación por el creciente uso de PFAS, muchas de ellas como sustitutas de sustancias controladas en virtud del Protocolo de Montreal, e instó a las Partes a tener en cuenta las posibles consecuencias para el clima y el medio ambiente a la hora de evaluar el uso de alternativas a las sustancias controladas.⁶ En su presentación del informe sobre la marcha de las actividades en 2023 a la reunión, el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE) señaló que las PFAS han sido definidas de forma diferente por las jurisdicciones nacionales y subnacionales.⁷ En la 35ª Reunión de las Partes (octubre de 2023), el GETE indicó que la amplia normativa sobre las PFAS propuesta podría limitar el uso de HFO, afectando potencialmente a la reducción de los HFC.⁸

⁴ Metilendifenildiisocianato (MDI), agente químico utilizado en la fabricación de diversos productos de PU.

⁵ Los HFO mezclados con agua podrían ayudar a reducir los costos de producción, pero hay un límite a la proporción de agua que puede introducirse en la formulación sin afectar a las propiedades de la espuma.

⁶ Informe de la 45ª reunión del GTCA de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, párrafo 57.

⁷ En el informe de la 45ª reunión del GTCA de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, anexo II, página 67, figuran ejemplos de cómo distintas organizaciones y jurisdicciones están abordando la cuestión de las PFAS.

⁸ Informe de la Trigésima quinta Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal, párrafo 75.

Precios y disponibilidad de los agentes espumógenos

20. Los organismos de ejecución informaron de que varios países que operan al amparo del Artículo 5 habían diseñado sus planes para el sector de las espumas de poliuretano con el objetivo de adoptar tecnologías basadas en HFO, basándose en la expectativa de que los HFO estarían totalmente disponibles comercialmente en 2015, tal y como indicaron inicialmente los proveedores. Sin embargo, la disponibilidad de esas sustancias ha demostrado ser inconsistente, con precios que varían enormemente entre regiones y de un país a otro, desde 18 \$/kg en los Emiratos Árabes Unidos hasta 25 \$EUA/kg en Pakistán en Asia, y desde 17 \$EUA/kg hasta 35 \$EUA/kg en América Latina, con una disponibilidad que depende del país.

21. El informe de evaluación del Comité de Opciones Técnicas sobre Espumas Rígidas y Flexibles (FTOC) de 2022⁹ señaló la escasez de agentes espumantes con bajo PCA, tanto en las Partes que operan al amparo del Artículo 5 como en las que no operan al amparo de dicho artículo, aunque menos grave de lo que se había informado anteriormente. Los problemas de suministro surgieron en 2020 debido a la logística, la escasez de materias primas, los problemas de fabricación, el clima y el aumento de la demanda. Los problemas de fabricación no revelados de al menos un proveedor de HFO/HCFO dieron lugar a declaraciones de fuerza mayor, según varios fabricantes de espumas. También se ha informado de escasez de HC de pureza suficiente para el uso de espumas, como el ciclopentano. En consecuencia, algunas de las Partes que operan al amparo del Artículo 5 utilizan cada vez más mezclas de HFC365mfc/HFC-227ea o HFC 365mfc/HFC-245fa, mientras que las Partes no incluidas en el Artículo 5 recurren a las mezclas de HFC-365mfc y HFC-245fa debido a su disponibilidad. El informe también indicaba que al menos una planta de fabricación de agentes espumantes con HFC cerrará en 2024 y que se ha puesto en marcha capacidad de producción adicional de HFO/HCFO.

22. En la 44ª reunión del GTCA (julio de 2022), en su informe sobre la marcha de las actividades de 2022, el GETE informó de los problemas de producción y suministro químico de agentes espumantes HCFO y HFO de bajo PCA relacionados con varios factores, entre ellos las limitaciones de producción, las patentes restrictivas, los altos precios en relación con el HCFC-141b y los agentes espumantes HFC, y la escasez regional de CTC utilizado como materia prima en el proceso de fabricación de HCFO/HFO. Se esperaba que la nueva capacidad de producción de HCFO/HFO estuviera disponible en 2023.¹⁰

23. En la 34ª Reunión de las Partes, el GETE informó de que seguían existiendo retos, especialmente para las PYME y los sistemas aplicados sobre el terreno, incluidos los precios más elevados de los HFO/HCFO, la inversión de capital potencialmente prohibitiva de los HC para abordar los retos de seguridad para las empresas más pequeñas y las consideraciones de seguridad para las espumas aplicadas sobre el terreno, que limitan las alternativas. El suministro insuficiente de agentes espumógenos HFO/HCFO había provocado retrasos en las conversiones de algunas partes o la reversión a los HFC de algunas empresas.¹¹

24. En la 45ª reunión del GTCA (julio de 2023), el FTOC había informado de que, para las alternativas, incluidos los HFO y los HC, específicamente el ciclopentano, el suministro era insuficiente para satisfacer la demanda, basándose en informes de varias empresas. Sin embargo, en los últimos años se ha puesto en marcha una mayor capacidad, y las mismas empresas han informado ahora de que la situación se ha aliviado un poco y la oferta ha aumentado.¹²

⁹ [Flexible and Rigid Foams Technical Options Committee 2022 Assessment Report](#)

¹⁰ Informe sobre la marcha de las actividades de 2022, GETE, disponible en <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP%20Progress%20Report%2044th%20OEWG.pdf>

¹¹ Informe de la Trigésima cuarta Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, Anexo I, párrafos 22, 25.

¹² Informe de la Cuadragésima quinta reunión del GTCA de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, párrafo 47.

Retos adicionales identificados

25. Además del impacto ampliamente comunicado de la pandemia de COVID-19 en todos los sectores consumidores en los últimos años, un reto importante comunicado en la aplicación de los planes del sector de espumas de poliuretano, especialmente en América Latina, ha sido la continua disponibilidad de HFC de bajo precio (es decir, HFC-365mfc y la mezcla HFC 365mfc/HFC 227ea) combinada con la falta de disponibilidad de HFO y sus altos precios cuando están disponibles. Como consecuencia de ello, muchos fabricantes de espumas, especialmente PYME usuarias intermedias suministradas por proveedores de sistemas, se han mostrado reacias a comprometerse a no utilizar nunca HFC, mientras éstos estén disponibles en el mercado. Esta situación ha causado dificultades a la hora de conseguir que las empresas sustituyan el HCFC-141b por alternativas de bajo PCA y retrasos en la ejecución de los proyectos, como se observó en anteriores solicitudes de presentación de tramos del plan de gestión de eliminación de los HCFC presentadas por Brasil.¹³

26. Algunos proveedores de sistemas que suministran polioles premezclados con HFO también ofrecen sistemas basados en HFC 245fa y HFC-365mfc a un coste significativamente inferior al de los sistemas HFO. Por lo tanto, es difícil controlar el uso constante de polioles premezclados a base de HFO en las plantas reconvertidas. Los proveedores de sistemas locales siguen explorando nuevas opciones, y ofrecen asistencia técnica a sus usuarios intermedios para facilitar la transición a otras alternativas de bajo PCA, siempre que sea factible.

27. El cierre de la producción de HFC-365 puede aliviar este problema, aunque sigue siendo incierto si el HFC 245fa sustituirá al HFC-365mfc.

Observaciones de las regiones

28. Las subsecciones siguientes proporcionan información sobre la situación de la ejecución y adopción de alternativas referentes a los proyectos de espumas de poliuretano en las etapas II de los PGEH de varios países. Esta información se ha obtenido de diferentes fuentes, incluidas aportaciones proporcionadas por la ONUDI y el Banco Mundial, información sobre informes sobre la marcha de las actividades disponible en la Secretaría para todas las regiones, así como aportaciones adicionales para América Latina del Gobierno de Argentina. La información presentada en estas subsecciones y en el anexo al presente documento no incluye a todos los países con proyectos en el sector de espumas de poliuretano.

Asia y el Pacífico

29. Se ha incluido un componente de espuma de poliuretano en las etapas II del PGEH de varios países, entre otros:

- a) En China, las grandes empresas de espumas de poliuretano se han reconvertido a la tecnología a base de ciclopentano y agua, mientras que los proveedores de sistemas ayudaban a las empresas de espumas en aerosol a pasar al HFO 1233zd(E); el HFO-1336mzzd sólo se utilizaba en aplicaciones especializadas y era más caro;
- b) En la República Islámica del Irán, las grandes empresas de espumas de poliuretano se reconvirtieron al ciclopentano, mientras que las PYME se reconvirtieron a sistemas de HC premezclados o a tecnología de base acuosa. El número de empresas asistidas se redujo con el tiempo debido a problemas relacionados con la elegibilidad, el cese de la producción o las conversiones autofinanciadas. Quince PYME solicitaron un cambio de tecnología de HC de base acuosa a HC premezclados debido a problemas relacionados con el rendimiento;¹⁴

¹³ UNEP/OzL.Pro/ExCom/88/39

¹⁴ Decisión 84/74 b) i)

- c) En India, se ayudó a 158 empresas de espumas de poliuretano a reconvertirse a una serie de alternativas de bajo PCA. En la 91ª reunión, 92 de ellas eran plenamente operativas con la nueva tecnología seleccionada, mientras que los 66 restantes estaban completando los ensayos y la certificación;
- d) Jordania recibió ayuda para que 31 grandes empresas de espumas de poliuretano se pasaran al ciclopentano y para que 43 PYME y seis empresas de espumas en aerosol se pasaran a los HFO. Entre las reuniones 83ª y 87ª,¹⁵ seis empresas cambiaron la tecnología del HFO inicialmente seleccionado al ciclopentano, y otras cinco cambiaron a la tecnología a base de agua, ya que los proveedores de sistemas regionales no disponían de tecnología a base de HFO;
- e) Malasia recibió ayuda para la conversión de 10 grandes empresas de espumas de poliuretano y 57 PYME a alternativas de bajo PCA (HC, HC premezclados y HFO). Las empresas más grandes y muchas de las medianas se convirtieron a los HC, pero algunas PYME tuvieron dificultades para encontrar una alternativa debido a la gran inversión asociada a los HC, al precio y la disponibilidad de los HFO, o al rendimiento inferior a las expectativas del formiato de metilo y el metilal. Quince de las PYME se retiraron del proyecto para convertirse a HFC en polioles premezclados (principalmente a base de HFC 365mfc), otras 11 se retiraron del proyecto debido a dificultades financieras y se convirtieron a HFC premezclados. Todas las empresas activas de espumas de poliuretano completaron sus conversiones a HC, HC premezclados, metilal (2) y sistemas a base de agua, y ninguna a formiato de metilo, dada la limitada cadena de suministro de ese agente espumógeno y la preocupación por los cánones de los sistemas premezclados de formiato de metilo. Otra preocupación expresada por la industria de la espuma de poliuretano en Malasia se refiere a las posibles emisiones y controles de PFAS que se están debatiendo en diversos foros;
- f) En Vietnam, la mayoría de las empresas dejaron de utilizar HCFC por su cuenta debido a un cambio en el mercado, a la prohibición de HCFC-141b a granel y a una política del sector de la construcción sobre techos aislados. Las empresas se pasaron a la tecnología de espumación acuosa, más barata y la alternativa más popular, sobre todo para los paneles de tejados;
- g) En Tailandia, la mayoría de las empresas de espuma de poliuretano que podían permitirse grandes inversiones de capital se pasaron al ciclopentano. Las empresas más pequeñas han estado utilizando el HFC-245fa para productos que requieren una elevada propiedad aislante y tecnología a base de agua para productos en los que la propiedad aislante no es crítica. En el caso de las aplicaciones de espuma en aerosol, gran parte del mercado se ha desplazado hacia los paneles aislantes de espuma de PU para tejados. Algunas empresas de espuma de PU que no cumplían los requisitos para recibir financiación y las que decidieron no participar en las actividades apoyadas por el Fondo han optado por el HFC 365mfc/HFC-227ea debido a su punto de ebullición más elevado. Aunque los HFO están disponibles, sus precios son sustancialmente más altos que los de otros agentes espumantes. Con la eliminación progresiva de la producción de HFC 365mfc, varias empresas volvieron a utilizar HFC 245fa.

¹⁵ Decisión 83/24(b), 86/25 b) y 87/12 b)

África

30. Varios países de la región africana incluyeron proyectos de espumas de poliuretano en la etapa II de sus planes de gestión de eliminación de los HCFC (Egipto, Nigeria, Sudán y Túnez). Los organismos de ejecución facilitaron información sobre Túnez, donde dos empresas de espumas de poliuretano cambiaron la tecnología de ciclopentano a HFO, dada la gran inversión inicial que necesitaban las empresas para adoptar un agente espumógeno inflamable y la disponibilidad de sistemas de polioliol a base de HFO suministrados por un proveedor de sistemas local.

31. En el caso de Nigeria, donde se está ayudando a una empresa, 37 PYME y cuatro empresas comerciales de refrigeración a reconvertirse a ciclopentano, formiato de metilo, HFO o agua en función de la empresa y la aplicación, no se ha informado de ningún problema específico. Las cuatro empresas de refrigeración comercial se convirtieron a productos químicos a base de HFO para producir espuma aislante para cámaras frigoríficas, mientras que las demás conversiones siguen en curso.¹⁶

América Latina

32. Varios planes de gestión de eliminación de los HCFC en la región de América Latina con consumo de HCFC en el sector de espumas han propuesto reducciones de HCFC que superan los límites del Protocolo de Montreal, con actividades que incluían la conversión de componentes de espumas de poliuretano de HCFC-141b a HFO. Estas propuestas se basaban en los precios previstos y en la disponibilidad comunicada por los proveedores de agentes espumógenos en el momento de la preparación del proyecto e incluían prohibiciones de importación y uso de HCFC-141b puro o contenido en polioles premezclados que se impondrían entre 2018 y 2022, basándose en el tiempo previsto de ejecución de los planes del sector de espumas de poliuretano.

33. La mayoría de estos proyectos se enfrentan actualmente a problemas relacionados con el suministro y los precios de las HFO, lo que ha retrasado su aplicación y, en algunos casos, ha llevado a los Gobiernos a posponer las prohibiciones previstas¹⁷. Las conversiones en las PYME y las empresas que trabajan en aplicaciones como la espuma de PU en aerosol se han visto afectadas por la falta de disponibilidad, los largos plazos de aprovisionamiento y los elevados precios de las HFO puras o contenidas en polioles premezclados. A continuación, se resumen los datos específicos de algunos países:

- a) Argentina debía eliminar por completo el uso de HCFC 141b antes del 1 de enero de 2022, fecha en la que estaba prevista la prohibición de HCFC-141b. Sin embargo, debido a la falta de disponibilidad y a los precios más altos de lo previsto de las HFO, el proyecto sufrió retrasos, y la prohibición tuvo que posponerse.¹⁸ En su 92ª reunión, el Comité Ejecutivo, al examinar el plan de gestión de la eliminación de los HCFC (etapa II, tercer tramo) para el país, reconoció los considerables retos a los que se enfrentaban Argentina y otros países de la región debido a la falta de disponibilidad de alternativas de bajo PCA en el sector de espumas y acordó que sería útil estudiar algunas de las cuestiones planteadas en el documento al margen de la presente reunión.¹⁹ En las 93ª y 94ª reuniones, Argentina ha presentado informes sobre las condiciones de la disponibilidad de HFO que indican que no se han producido cambios importantes en la situación. Basándose en la información recibida por el Gobierno, la empresa Arkema declaró una reducción de sus precios, pero aún no ha empezado a suministrar a Argentina. Por su parte, la empresa Chemours informó que sus productos aún no estaban disponibles localmente, ya que no era posible prever la demanda, y que su producto se vendía a 32 \$EUA/kg. Aunque Honeywell ha tenido que hacer frente a la escasez de suministro, indicó que cuenta con un programa de «primeros

¹⁶ UNEP/OzL.Pro/ExCom/93/77

¹⁷ Véase en el anexo al presente documento la información sobre las fechas de las prohibiciones previstas.

¹⁸ UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/21 párrafo 11

¹⁹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/56, párrafo 137

adoptantes», por el que puede ofrecer HFO a proveedores de sistemas seleccionados a un precio de unos 15 \$EUA/kg. La empresa no ha difundido este programa en la región de América Latina;

- b) En Brasil, en 2022, una empresa y un proveedor de sistemas se retiraron del proyecto debido a la falta de disponibilidad de HFO en el mercado nacional, junto con la disponibilidad de la mezcla HFC-365mfc/HFC-227ea a precios competitivos. Además, tres proveedores de sistemas que ya se habían convertido a alternativas de bajo PCA solicitaron la autorización del Gobierno de Brasil para suministrar temporalmente a algunos de sus clientes la mezcla HFC-365mfc/HFC-227ea.²⁰ Posteriormente informaron de que habían dejado de utilizar la mezcla de HFC, mientras que el PNUD informó de las dificultades para implicar a las PYME en el proyecto, ya que preferían no comprometerse a no utilizar nunca HFC, debido a la preocupación por el desequilibrio en el suministro de HFO. Otro proveedor de sistemas que utilizaba temporalmente HFC debido al elevado precio de las HFO gaseosas para una aplicación especializada se retiró recientemente del proyecto;
- c) En el caso de Uruguay, como se describe en un informe sobre la marcha de las actividades presentado a la presente reunión,²¹ los elevados precios y la falta de disponibilidad de cantidades comerciales de HFO en el país han impulsado a una empresa a cambiar al ciclopentano con un costo adicional, y a otras empresas a probar la tecnología a base de agua. Como las pruebas no tuvieron éxito, decidieron retirarse del proyecto. En total, de las 21 empresas incluidas en el plan, una se pasó al ciclopentano, tres a las HFO y 17 no completaron sus conversiones debido a la falta de disponibilidad de los sistemas basados en HFO y están devolviendo los fondos no utilizados; y
- d) Otros países latinoamericanos que han experimentado retrasos en la finalización de sus proyectos debido a problemas similares son Chile, Colombia y Costa Rica.

Cambios de tecnología, uso temporal de alternativas con alto potencial de calentamiento atmosférico y ampliación de la duración de los planes de gestión de eliminación de los HCFC

34. En varias reuniones del Comité Ejecutivo, los países que operan al amparo del Artículo 5 han expresado su preocupación por la falta de disponibilidad de alternativas a las HFO y han solicitado el cambio de tecnología para algunas de las empresas asistidas, prórrogas de la duración de sus planes de gestión de eliminación de los PGEH, o permiso para utilizar temporalmente alternativas de alto PCA hasta que pudiera adoptarse adecuadamente la alternativa de bajo PCA seleccionada para el proyecto. El Comité Ejecutivo estudió estos expedientes caso por caso, aplicando un criterio de flexibilidad acorde con las políticas vigentes y los términos de los acuerdos de los planes de gestión de la eliminación de los HCFC, a fin de permitir estos ajustes y prórrogas y garantizar la correcta finalización de dichos proyectos.²²

35. En particular, en los casos de uso temporal de alternativas de alto PCA, el Comité Ejecutivo solicita a los organismos de ejecución pertinentes que continúen ayudando a los gobiernos a garantizar el suministro de tecnologías alternativas de bajo PCA, en el entendimiento de que cualquier costo operativo incremental relacionado con las conversiones (cuando corresponda) no se pagará hasta que se haya introducido plenamente la tecnología seleccionada originalmente u otra tecnología de bajo PCA, y a presentar, en cada reunión hasta que la tecnología originalmente seleccionada u otra tecnología de bajo PCA haya sido plenamente introducida, un informe sobre el plan de uso temporal de alternativas de alto PCA, junto con

²⁰ UNEP/OzL.Pro/ExCom/91/18 y decisión 91/2 a) iii) y c)

²¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/9

²² Entre los países que solicitaron el cambio de tecnología, la prolongación de la duración del proyecto o el uso temporal de alternativas con alto potencial de calentamiento global en el sector de espumas de poliuretano se encuentran Argentina, Brasil, Chile, Egipto, Jordania, Líbano, Malasia y Uruguay.

una actualización de los proveedores sobre los progresos realizados para garantizar que las tecnologías seleccionadas, incluidos los componentes asociados, estén disponibles comercialmente en el país.

RECOMENDACIÓN

36. El Comité Ejecutivo podría considerar oportuno tomar nota del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 sobre la cuestión de las alternativas en el sector de la fabricación de espumas de poliuretano y examinar la información contenida en el mismo al debatir la cuestión de las alternativas en el sector de las espumas de PU.

Anexo I

Detalles sobre la ejecución de proyectos de espumas de poliuretano y disponibilidad de alternativas en varios países que operan al amparo del Artículo 5

País	Precios locales del agente espumógeno (\$EUA/kg)	Observaciones sobre la disponibilidad de alternativas	Observaciones sobre los retrasos experimentados por la falta de alternativas
Argentina	HFO: 20-35 (plazo de entrega 90-120 días)	Chemours aún no ha previsto la compra de HFO en ese volumen. Honeywell no vende directamente a Argentina.	Casi todos los proveedores de sistemas realizaron pruebas y ensayos con clientes; los productores no pueden suministrar las cantidades necesarias para la conversión completa; no se pueden hacer provisiones con precios superiores a 25 \$EUA/kg. El proyecto aún no ha finalizado (fecha de prohibición de HCFC pertinente: 2022, pero se ha pospuesto).
Bahrein	HFO: n/d	Disponible en los EAU a través de Honeywell. Suministrado por Huntsman como polioliol premezclado.	Proyecto en curso sin retrasos.
Brasil	HFO: 18 (plazo de entrega 90 días)	Alternativas disponibles.	La escasez de suministros provocó retrasos en la ejecución de los proyectos. Varias empresas retiraron su participación en el proyecto. El país espera que con la normalización del suministro, los controles de los HFC y el cierre de la producción de HFC-365mfc, las empresas quieran participar en el proyecto (fecha pertinente de prohibición de los HCFC: 2020).
Chile	HFO: 20 (plazo de entrega 45 días)	Tras algunos retrasos, los sistemas alternativos (HFO) ya están disponibles en España o Panamá.	En 2021-2023, los proveedores no disponían de la sustancia, y el precio de uno de ellos duplicaba el del otro. La falta de catalizadores asequibles afectó a la calidad de la espuma. Dos empresas se negaron a participar en las conversiones debido a los elevados precios y a la escasa disponibilidad de HFO (fecha pertinente de prohibición de HCFC: 2020).
China	C-pentano: 1.54 HFO-1233zd(E): 12-18 HFO-1336mzz(Z): 18-35 Espumógeno a base de agua: 1.95-2.00	Alternativas disponibles a escala comercial.	Proyecto en curso sin retrasos.
Colombia	HFO: 17-19 (plazo de entrega 15-45 días)	Tras algunos retrasos, las alternativas (HFO) ya están disponibles, pero los precios del agente espumógeno, los catalizadores y los aditivos siguen siendo preocupantes.	Retrasos en los proyectos generales hasta 2020 debido a la falta de HFO; actualmente los altos precios de los HFO, catalizadores y otros aditivos son problemáticos (fecha relevante de prohibición de HCFC: 2017).
Costa Rica	HFO: 17 (plazo de entrega 45-60 días)	Alternativa disponible.	La conversión estaba prevista para 2022 y en ese momento no se disponía de HFO. Conversión finalizada en 2023.
Egipto	C-pentano: 2,50	Alternativa disponible.	La falta de C-pentano no provocó ningún retraso en la aplicación was no delay in implementation as a result to the lack of C-pentane.
Ecuador	Polioliol a base de agua: 5,80 Polioliol a base de HFO: 8,82 (plazo de entrega 180 días)	Disponible: Sólo puede obtenerse de un distribuidor de productos químicos.	Debido a la falta de alternativas, especialmente HFO, la prueba se retrasó. Las pruebas con sistemas a base de agua y HFO dieron como resultado algunas deficiencias para una formulación final que podría mejorarse en cuanto a densidad, tiempo de reacción y mejora de la adherencia, pero requerirá más investigación, desarrollo y pruebas. Las empresas han pasado del HCFC al HFC debido a la falta de alternativas.

País	Precios locales del agente espumógeno (\$EUA/kg)	Observaciones sobre la disponibilidad de alternativas	Observaciones sobre los retrasos experimentados por la falta de alternativas
Indonesia	HFO-1336mzz(Z): 38,00	Disponible a escala comercial, pero no es popular debido a su costo.	Retrasos durante el periodo COVID-19 y problemas en la cadena de suministro.
República Islámica del Irán	C-Pentano: 3,00 N-Pentano: 1,50	HFOs no disponible.	Retrasos para las PYME debido a los peligros asociados a la mezcla in situ y a la ausencia de otras soluciones alternativas. Las PYME esperan el suministro de un proveedor de sistemas, que aún no está completamente operativa y no puede satisfacer la demanda de los consumidores. La inflación y el tipo de cambio afectan a las importaciones de materias primas. (Fecha de prohibición pertinente de los HCFC: 2023, pero se ha aplazado un año).
Jordania	n/d	Las HFO se aplican en el sector de espumas en aerosol.	
Marruecos	C-pentano: 4,00	HFO no disponibles a granel.	Project ongoing with no delays.
Pakistán	n/d	HFO disponibles como polioli premezclado procedente de Tailandia.	El sector del termoproducto se enfrenta a retrasos debidos a formulaciones de espuma inadecuadas ensayadas con agua soplada y, posteriormente, con HFO y formiato de metilo. Los sistemas de co-soplado con HFO/agua, así como los sistemas de formiato de metilo/soplado con agua, se acercan a los requisitos de calidad. Otros sectores están totalmente terminados.
Sudán	C-pentane: 4,00		El proyecto ha sufrido retrasos debido a conflictos internos.
Tailandia	HFO-1233zd: 24,00+ HFO1336mzz(Z): 45,00+	HFO disponibles comercialmente para grandes usuarios; los usuarios más pequeños de espumas en aerosol son abastecidos por un proveedor de sistemas local, con disponibilidad comercial de HFO-1233zd prevista para mayo de 2024.	El proyecto ha sufrido retrasos debido a conflictos internos. El proveedor de sistemas ha sufrido retrasos debido a la falta de disponibilidad de catalizador para el HFO-1233zd; las empresas de espumas en aerosol han completado las conversiones, pero esperan la formulación del proveedor de sistemas.
Uruguay	HFO: 20-21	Poliolos premezclados para espumas rígidas y calentadores disponibles. La tecnología para espumas en aerosol aún no está disponible.	La mayoría de los fondos tendrían que devolverse debido a la falta de interés de las empresas. La mayoría de las pequeñas empresas quedaron sin reconvertir, muchas ya no están en el mercado o pasaron de la producción parcial a la importación de productos con aislamiento incluido (fecha pertinente de prohibición de HCFC: 2024).
Viet Nam	HFO-1233zd: 25-35	No disponible a escala comercial.	No se han registrado retrasos. Es probable que las PYME cambien a poliols a base de agua o C-pentano hasta que se normalice la diferencia de costos con las HFO.
Túnez	C-pentane: 2,10 HFO: n/d	Los HC están disponibles. Se espera disponer de HFO de BASF. Se han producido retrasos a la hora de garantizar la disponibilidad del suministro de HFO a granel. Según los precios europeos disponibles, se prevé un precio en torno a los 20 \$EUA/kg.	La empresa matriz de Enterprise Le Panneau, SNCI, explota líneas de producción continua de paneles sándwich que utilizan N-pentano en el proceso de espumado