



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



Distr.  
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/64/50  
9 de junio de 2011

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL  
PARA LA APLICACIÓN DEL  
PROTOCOLO DE MONTREAL  
Sexagésima cuarta Reunión  
Montreal, 25 – 29 de julio de 2011

**INFORME SOBRE EL INDICADOR DE IMPACTO CLIMÁTICO  
DEL FONDO MULTILATERAL  
(DECISIONES 59/45, 62/62 Y 63/62)**

## Introducción

1. En la 59ª Reunión, el Comité Ejecutivo adoptó la decisión 59/45, en la que pidió, en el inciso g), que se presentase a la 62ª Reunión un informe de la Secretaría sobre la experiencia adquirida en la aplicación de los otros dos incisos, c) y d), de dicha decisión. En el inciso c), se pidió a la Secretaría que hiciese “una demostración de la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral con algunas de las solicitudes para proyectos presentadas a partir de la 60ª Reunión que informe a los organismos y países acerca del impacto climático de las tecnologías alternativas”, y también se le pidió que “recopile otros datos sobre el uso del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral y los someta a la consideración del Comité Ejecutivo”. Además, en el inciso d) de la misma decisión, se le pidió a la Secretaría que termine de elaborar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral.

2. En la 62ª Reunión, el Comité Ejecutivo debatió brevemente sobre la cuestión del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral y adoptó la decisión 62/62, en la que aplazó la consideración del informe sobre la experiencia adquirida en la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral hasta su 63ª Reunión.

3. En la 63ª Reunión, se deliberó acerca de:

- a) La necesidad de que el Comité Ejecutivo aclare el objetivo y la finalidad exactos del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, dado que esto impartiría dirección al curso del desarrollo del modelo y, además, influiría en forma directa en el nivel de complejidad deseado;
- b) La propuesta de que, como paso siguiente, se organizase una reunión oficiosa que permitiese a los miembros del Comité Ejecutivo intercambiar ideas sobre el modelo en sí mismo y la posibilidad de formar un grupo de expertos integrado por representantes de la Secretaría, los organismos de ejecución y especialistas;
- c) La escasa participación de los organismos en las deliberaciones en línea que se llevaron a cabo a fines de 2010, por lo que se alentó una vez más a los organismos de ejecución a participar en los debates, incluidos los que el Fondo Multilateral organizaba en la Internet; y
- d) La posibilidad de desarrollar un indicador de impacto climático para el sector de servicio y mantenimiento y su uso para evaluar el efecto en el clima de los planes de gestión de eliminación de HCFC que se centraban únicamente en dicho sector; Al respecto, se sugirió que la Secretaría desarrollara primero una metodología, en estrecha consulta con miembros del Comité Ejecutivo y los organismos de ejecución, y con expertos si fuese necesario, antes de comenzar a trabajar en un indicador en sí mismo, si así lo decidiera el Comité Ejecutivo.

4. Sobre la base de estas deliberaciones, el Comité Ejecutivo adoptó la decisión 63/62, en la que tomó nota del informe sobre la experiencia adquirida con la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral presentado en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/63/58, y decidió continuar deliberando acerca del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en su 64ª Reunión.

5. Este documento se presenta en respuesta a las decisiones 59/45, 62/62 y 63/62, e incluye una actualización que refleja las deliberaciones que se mantuvieron en la 63ª Reunión y la decisión correspondiente. En vista de la decisión adoptada en la 63ª Reunión de continuar deliberando y de

permitir al Comité Ejecutivo considerar más a fondo la cuestión, la Secretaría no ha elaborado más detalladamente el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/63/58 presentado a dicha reunión.

### Antecedentes

6. En el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47, la Secretaría presentó un “Análisis revisado de las consideraciones de costos pertinentes respecto de la financiación de la eliminación de HCFC”; dicho documento también incluía una sección sobre cuestiones ambientales y un anexo en el que se describía una propuesta para un enfoque de unidad funcional para la evaluación de las emisiones importantes para el clima durante el ciclo de vida de un producto que contiene HCFC. El Comité Ejecutivo, en su decisión 55/43, pidió a la Secretaría que analice más a fondo si un enfoque del tipo descrito en el documento proporcionaba una base satisfactoria y transparente para determinar las prioridades entre las tecnologías de eliminación de HCFC para reducir al mínimo otros impactos en el medio ambiente, incluso en el clima, tal como se preveía originalmente en la decisión XIX/6 de la 19ª Reunión de las Partes.

7. En el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/57/59, la Secretaría presentó un informe de situación acerca del análisis más a fondo de la labor sobre los indicadores, que se reconoció que constituían una base satisfactoria y transparente para determinar las prioridades entre las tecnologías de eliminación de HCFC para reducir al mínimo los impactos en el clima. El Comité Ejecutivo tomó nota del informe de situación, y pidió a la Secretaría que preparase un documento en el que se expusiesen ejemplos de la aplicación a fin de facilitar la consideración más a fondo de la metodología, y decidió deliberar posteriormente sobre los asuntos relacionados con las categorías de incentivos que se asociarían a los indicadores que se estaban preparando, así como sobre otras cuestiones pertinentes (decisión 57/33).

8. En el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/59/51 se informó al Comité sobre cuestiones relacionadas con la “Determinación de las prioridades entre las tecnologías de eliminación de HCFC a fin de reducir al mínimo otros impactos en el medioambiente”. En ese documento, la Secretaría propuso una definición provisional del alcance del indicador que se aplicaría a la conversión de la capacidad de fabricación, su sustitución o el cierre de tal capacidad. El modelo se sometió a diversas simplificaciones, perfeccionamientos y diferenciaciones, y se intentó aumentar la transparencia y posibilidad de uso de los resultados. Como parte de estos ejercicios, el término “Indicador de impacto climático del Fondo Multilateral” sustituyó la expresión “enfoque de unidad funcional”.

### Desarrollo del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral desde la 59ª Reunión

9. Desde la 59ª Reunión del Comité Ejecutivo, se ha elaborado y ampliado el concepto del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. El objetivo del indicador es proporcionar un valor para el impacto de un proyecto sobre el clima, del mismo modo en que el indicador de “eliminación de SAO” determinaba un número que demostraba el impacto de un proyecto sobre la capa de ozono, y estandarizar los cálculos del impacto en el clima de una manera que ofreciese resultados justos y comparables entre diferentes sectores y países. Al mismo tiempo, la Secretaría ha centrado la labor de elaboración en utilizar únicamente datos recopilados durante el período de preparación de proyecto.

10. En comparación con el informe presentado a la 59ª Reunión, la Secretaría ha ampliado el alcance incluyendo a los sectores de solventes y servicio y mantenimiento, manteniendo el principio de tener en cuenta los cambios en el impacto climático relacionados directamente con actividades financiadas por el Fondo Multilateral. Las descripciones técnicas relacionadas en referencia a los sectores de refrigeración, aire acondicionado, espumas, solventes, agentes de proceso y servicio y mantenimiento de refrigeración figuran en el Anexo II.

### Demostración de la aplicación

11. En la preparación para la 59ª Reunión, se había diseñado y presentado en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/59/51/Add.1 un formato para ingresar datos y presentar datos. Sin embargo, en ese momento, y hasta ahora, los cálculos relacionados se hacían principalmente en forma manual, con grandes limitaciones de tiempo y una alta probabilidad de errores de cálculo. Solo cerca de los preparativos finales para la 62ª Reunión del Comité Ejecutivo se dispuso de un modelo mayormente automatizado para el cálculo del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para el sector de refrigeración, lo que permitió que los cálculos relacionados se hiciesen con el modelo recién desarrollado, que se incluye en el Anexo III.

12. Para el sector de espumas, se han realizado cálculos simplificados manualmente desde la 59ª Reunión, aplicando el supuesto del mismo tonelaje de espuma soplada antes y después de la conversión. Si bien esto no toma en cuenta las cuestiones relacionadas con la eficiencia energética, es un cálculo aproximado razonable. También se ha utilizado el supuesto de las emisiones totales del agente espumante durante la vida útil del producto.

### Situación actual

13. A la fecha, el indicador de impacto climático para el sector de refrigeración se ha programado completamente para el uso en Microsoft Excel (Excel), y actualmente se está verificando su exactitud. También se está terminando de preparar para Excel el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para el sector de espumas, así como para los sectores de solventes y agentes de procesos. Se ha elaborado el concepto del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para el sector de servicio y mantenimiento. La labor restante que debe emprender la Secretaría se relaciona con la definición y calidad de la entrada de datos para la presentación de los planes de gestión de eliminación de HCFC grandes.

14. La primera versión del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para refrigeración y aire acondicionado, programada como una herramienta de Excel, está disponible en la página Web de la Secretaría desde la 62ª Reunión. Se darán a conocer otras versiones conforme a los progresos logrados en la labor de definición de conceptos y programación. Los organismos y los miembros del Comité Ejecutivo podrán descargar en cualquier momento la versión más reciente de la página Web de la Secretaría. La herramienta brindará apoyo a la Secretaría y al Comité Ejecutivo para comprender el impacto climático de las actividades propuestas, basándose en una evaluación comparable y justa, y para hacer un seguimiento del impacto de las actividades de eliminación de HCFC del Fondo Multilateral en el clima.

15. Una vez que se haya finalizado la preparación del modelo en Excel, se requerirá un examen más amplio del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral de parte de los expertos a fin de que esta herramienta se pueda usar como una matriz para incorporar los mismos cálculos en la base de datos de los acuerdos plurianuales. Este requisito se ha tenido plenamente en cuenta al elaborar el concepto de los cuadros de los acuerdos plurianuales para los planes de gestión de eliminación de HCFC. Este último paso reducirá en gran medida la necesidad de ingresar datos y permitirá llevar a cabo una supervisión más cercana y un análisis continuo de los datos. Considerando que se desconoce cuánto tiempo le requerirá a la Secretaría la preparación de las reuniones venideras del Comité Ejecutivo, y la gran cantidad de planes de gestión de eliminación de HCFC que aún deben examinarse, no se puede ofrecer en este momento una indicación firme sobre el plazo para finalizar el modelo de Excel y los cuadros para los acuerdos plurianuales.

16. La intención original que condujo al desarrollo del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral había sido proporcionar una herramienta que:

- a) Brindase apoyo a los países durante la elaboración de los planes de gestión de eliminación de HCFC en la selección de tecnologías, al considerar qué alternativa a los HCFC utilizar para diferentes aplicaciones;
- b) Permitir al Comité Ejecutivo considerar si aplica incentivos para el uso de alternativas a los HCFC favorables al clima, y alentar nuevas fuentes de financiación de alternativa para apoyar las actividades relacionadas con el clima, tales como las actividades relativas a la eficiencia energética;
- c) Brindar tanto a la Secretaría como al Comité Ejecutivo la posibilidad de medir objetivamente y comparar el impacto climático de las opciones tecnológicas que se presentan en las ponencias; y
- d) Permitir al Comité Ejecutivo supervisar y contabilizar el impacto climático de los proyectos apoyados por el Fondo Multilateral.

17. En los dos años que han transcurrido desde la 55ª Reunión del Comité Ejecutivo, cuando se planteó la cuestión por primera vez, se ha producido un cambio en las condiciones generales en las que se está usando el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, dado que:

- a) El Comité Ejecutivo convino, en la 60ª Reunión, por medio de la decisión 60/44, diversos incentivos para sustituir los HCFC con sustancias de alternativa más favorables al clima, independientemente del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. Si bien los incisos v), viii) y ix) de dicha decisión redujeron el incentivo indirecto para utilizar sustancias de alto potencial de calentamiento de la atmósfera (PCA) por medio de la financiación de los costos adicionales de explotación, los incisos iv) y vii) incluyen claros incentivos para utilizar tecnología de bajo PCA.
- b) No han finalizado las deliberaciones acerca de la creación de un instrumento que permitiría proporcionar financiación adicional más allá de la admisibilidad por medio de proyectos del Fondo Multilateral, y no resulta cierto cuándo y cómo finalizarán.
- c) Resultan bien conocidas las dificultades para movilizar de manera general, y en un plazo breve, financiación para actividades relacionadas con la eficiencia energética de fuentes tales como el FMAM; estas limitan las perspectivas de proporcionar incentivos para las actividades relacionadas con la reducción de las emisiones pertinentes para el clima. De otro modo, dichos incentivos añadirían un componente de cambio climático adicional a las actividades admisibles financiadas por el Fondo Multilateral.
- d) El cambio de paradigma en el Fondo Multilateral respecto de los proyectos de eliminación anteriores, que se habían centrado ya sea en actividades autónomas o en el consumo residual, después de que se hubieran llevado a cabo grandes actividades específicas, ha desarrollado su propia dinámica y necesidad de recursos. Debido a limitaciones de tiempo entre las reuniones del Comité Ejecutivo, no ha sido posible asignar tiempo suficiente a las cuestiones relacionadas con el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral con la suficiente antelación para que se lograsen progresos con la celeridad que se había deseado originalmente.

18. En los últimos 18 meses, resultó cada vez más claro que el supuesto de un proceso de selección de tecnología guiado de manera central no guardaría conformidad con la realidad de la adopción de decisiones en los países que operan al amparo del Artículo 5. Sobre la base de las presentaciones de proyectos recibidas hasta ahora, resulta claro que algunos países seleccionaron una alternativa favorable al clima avanzada disponible incluso sin que se hubiesen aclarado todas las cuestiones (tales como la disponibilidad de componentes), mientras que otros países se mostraron reticentes a exigir que su industria utilice tecnologías que no son corrientes, lo que en muchos casos llevó a que se seleccionasen alternativas con un alto impacto sobre el clima. Es poco probable que el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral hubiera tenido un efecto importante en estas decisiones, que parecen basarse en una consideración mucho más fundamental acerca de si se tienen en cuenta o no las cuestiones relacionadas con el cambio climático al seleccionar una nueva tecnología y cómo evaluar los riesgos y oportunidades económicos relacionados. El grado de impacto en el cambio climático, que puede determinarse por medio del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, parece jugar un rol solo secundario. La situación se profundiza aún más por el hecho de que, dentro del apoyo admisible del Fondo Multilateral, algunas cuestiones relacionadas con el cambio climático se han tenido en cuenta, de manera directa o indirecta, y que el Comité Ejecutivo ha dado señales claras respecto a las preferencias en los proyectos, mientras que la financiación relacionada con actividades más allá de aquellas admisibles para el Fondo Multilateral rara vez se convierte en realidad. Además, la financiación futura de las actividades de mitigación en los países en desarrollo continúa siendo muy incierta.

### Conclusión

19. La intención original era elaborar el indicador de impacto climático para brindar apoyo a la labor de los países, los organismos y la Secretaría de cuatro maneras diferentes; a saber:

- a) En la adopción de decisiones para la selección de alternativas;
- b) La posibilidad de proporcionar incentivos en el marco del FML, permitiendo también que se procuren fuentes de financiación de alternativa, basándose en un impacto climático cuantificable;
- c) La comprensión de los impactos climáticos de las propuestas de proyectos presentadas al Comité Ejecutivo; y
- d) En la supervisión continua del impacto a la labor del Fondo Multilateral sobre el clima.

20. Debido a los motivos explicados en el párrafo 18 anterior, es probable que en este momento los fines principales del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral sean los dos últimos, es decir, informar al Comité acerca de las consecuencias de financiar las diversas alternativas a los HCFC, y la supervisión del impacto de la labor del Fondo Multilateral en el clima. Para la preparación de la segunda etapa, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral permitirá proporcionar todo el apoyo que se previó originalmente, en especial para ayudar a los países a evaluar las diferentes opciones de alternativa al inicio del proceso de adopción de decisiones. La experiencia adquirida por los países y organismos durante la primera etapa de los planes de gestión de eliminación de HCFC facilitará la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral.

21. Los datos requeridos guardarán conformidad con aquellos necesarios para la evaluación de la admisibilidad y adicionalidad, incluidos los formatos relacionados de recopilación de datos. Se preparará y desarrollará un concepto para el cálculo del impacto climático para el sector de lucha contra incendios. Una vez que se haya desarrollado completamente y esté funcionando el modelo para Excel, se transferirá la herramienta del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral a los cuadros de los acuerdos

plurianuales. Su integración en dichos cuadros simplificará en gran medida la aplicación de esta herramienta para los organismos y la Secretaría, dado que los datos deberán ingresarse solo una vez para calcular la admisibilidad, el valor de PAO y el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, y para proporcionar información totalizada sobre el país. La Secretaría informará al Comité Ejecutivo acerca de la situación y del esfuerzo necesario para transferir el modelo a más tardar para la 65ª Reunión.

### Recomendación

22. El Comité Ejecutivo pudiera:

- a) Tomar nota del informe sobre la experiencia adquirida en la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral;
- b) Pedir a la Secretaría que termine de elaborar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para los diferentes sectores, como se describe en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/64/50;
- c) Pedir a la Secretaría que informe al Comité Ejecutivo acerca de los progresos logrados y la experiencia adquirida en la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en los proyectos presentados a más tardar para la 67ª Reunión;
- d) Pedir a la Secretaría que aplique el indicador climático a los proyectos y subproyectos presentados pertinentes para permitir que se mida el impacto climático de las opciones tecnológicas presentadas en las ponencias; y
- e) Pedir a la Secretaría que presente una versión completamente elaborada del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral al Comité Ejecutivo a más tardar en la 66ª Reunión, a los efectos de evaluar su aplicación como una herramienta completamente integrada para preparar y evaluar los proyectos presentados, a fin de calcular el impacto climático de los proyectos sobre consumo de HCFC del Fondo Multilateral.

## Anexo I

### **RETROALIMENTACIÓN DEL COMITÉ EJECUTIVO ACERCA DEL INDICADOR DE IMPACTO CLIMÁTICO DEL FONDO MULTILATERAL (DOCUMENTOS 62/56 Y ADD.1)** (Extraída del foro de debate en Internet de la Secretaría)

#### Observaciones del Gobierno de Australia

Documento 62/56

1. En el párrafo 11 se menciona el concepto de examen de expertos. Agradeceríamos más información acerca de qué se ha planificado para dicho examen. ¿Se relaciona únicamente con los cálculos?

#### Respuesta de la Secretaría del Fondo:

La Secretaría del Fondo considera que es importante lograr un amplio consenso en cuanto a que los cálculos estipulados en el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral son una herramienta adecuada para evaluar el impacto climático de las actividades financiadas por el Comité Ejecutivo. Asimismo, considera que, a fin de lograr una amplia aceptación, resultaría útil aumentar al máximo la transparencia, y desearía sugerir que se ofrezca la oportunidad de que los interesados directos y los expertos contribuyan a la elaboración final del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. No obstante, parecería indicado diferenciar entre los debates respecto a las características fundamentales del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral y los detalles técnicos que influyen en los cálculos.

En cuanto a las cuestiones técnicas, la Secretaría considera que un diálogo basado sobre sugerencias concretas de cambios sería el mejor modo de agilizar las comunicaciones y facilitar la aceptación de la herramienta. La Secretaría considera actualmente con carácter primordial la recopilación de respuestas por escrito, que podría llevarse a cabo reuniendo la información necesaria en un paquete adecuado para el examen y pidiendo a los miembros del Comité Ejecutivo que formulen observaciones y/o proporcionando a la Secretaría las direcciones de expertos apropiados, a los que la Secretaría podría remitir dicho paquete. La Secretaría luego debería cotejar las respuestas y abordar las cuestiones que surjan.

El examen de expertos, si bien sería probablemente más amplio que si sólo se revisasen los cálculos, continuaría de todos modos concentrándose fundamentalmente en ellos. Cubriría las siguientes cuestiones:

- Observaciones relacionadas con la definición del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral
- Concepto de los cálculos
- Alcance del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en cuanto a las alternativas
- Algoritmo
- Datos subyacentes
- Incertidumbres

No parecería útil ampliar la base para el debate, ya que las cuestiones relacionadas con el objetivo, las definiciones generales, la aplicabilidad y las consecuencias parecen ser cuestiones que no son técnicas que deberán ser examinadas por el Comité Ejecutivo.



2. El párrafo 14 sugiere quizá que no se requiere el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral como una herramienta, dado que los países que operan al amparo del Artículo 5 están seleccionando tecnologías independientemente de la información que aporta el indicador, y las directrices sobre los HCFC han definido las condiciones en las que se otorgaría financiación por encima de los umbrales de relación de costo a eficacia a fin de promover beneficios colaterales para el clima. Sin embargo, una de las funciones clave del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral es informar de manera más adecuada acerca de las repercusiones para el clima de las decisiones de carácter tecnológico; si logra esta finalidad de manera adecuada, la información resultará útil cuando se convenga acerca de los proyectos y planes de gestión de eliminación de HCFC el año próximo. También resultará útil para determinar en qué medida las directrices sobre financiación están cumpliendo con la meta de alentar el uso de tecnologías de alternativa que resulten favorables al clima. Finalmente, la información sobre los posibles beneficios climáticos de las diversas tecnologías de alternativa, y si las alternativas de costos se encontrarán o no dentro de los parámetros estipulados por las directrices sobre los HCFC, podría contribuir a los esfuerzos para movilizar financiación adicional para proyectos individuales.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

La Secretaría comparte las observaciones formuladas en el párrafo precedente, y se ha incluido una conclusión similar (es decir, la necesidad de especificar y supervisar el impacto en el clima) en el anterior párrafo 16 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/62/56. También resultaría posible utilizar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para evaluar si otros mecanismos de financiación podrían estar interesados en la cofinanciación. Considerando el plazo requerido para el desarrollo de este o cualquier otro indicador, resulta beneficioso que la labor ya haya comenzado, y podría de hecho resultar útil para movilizar financiación adicional en el futuro. La Secretaría considera que una de las funciones del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral podría ser brindar asistencia para evaluar las posibilidades de financiación durante la preparación de la etapa II de un plan de gestión de eliminación de HCFC.

Documento 62/56/Add.1

3. Estamos de acuerdo, en general, con lo que se indica en el párrafo 6(a) (es decir, que las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de energía calculadas en el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral deberían presuponer esencialmente que no se produciría una mejora tecnológica más allá de aquella necesaria para permitir que se lleve a cabo la conversión); sin embargo, en algunos casos, también resultaría útil que el modelo indique cuál sería el impacto ambiental si parte de la mejora tecnológica se llevase a cabo durante el proceso de conversión, con miras a utilizar esta información para ayudar a movilizar cofinanciación. ¿Resultaría factible, por ejemplo, que el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral genere dos resultados en un proyecto propuesto, uno que indique el impacto climático sin mejoras de tecnología y otro que indique el impacto climático con una mejora claramente definida?

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Esta observación se relaciona con un enfoque con cuya preparación la Secretaría ya ha avanzado. Generalmente, el consumo de energía de los equipos de aire acondicionado se está mejorando por medio de cuatro medidas: intercambiadores de calor más grandes, un mejor compresor, un mando de velocidad variable y un mejor ajuste fino de las características de los componentes entre sí. En el caso de las primeras tres medidas, resulta relativamente sencillo formular un modelo y evaluar su impacto. Sin embargo, se aplica un nivel más alto de incertidumbre a estos cálculos en comparación con los cálculos en los que se sustituye un fluido por otro, dado que estos últimos se

basan en el supuesto de que las características de los componentes se mantienen constantes y sólo cambia el fluido. Este cálculo no es muy sensible a la calidad actual de los equipos y sus componentes, dado que se supone la misma calidad para ambos cálculos. Sin embargo, si se mejora la calidad, el software debería incluir supuestos respecto a determinado nivel de calidad (como es el caso actualmente) o bien se debería recopilar información respecto del nivel de calidad actual de manera estandarizada. La diferencia entre ambos enfoques es que los resultados son más indicativos y menos precisos si se utilizan supuestos dentro del software, mientras que el esfuerzo de recopilación de datos y los riesgos de que se manipulen los datos para lograr resultados específicos es más alto en el segundo caso. La Secretaría tiene previsto incluir la posibilidad de calcular las actualizaciones de tecnología sobre la base del enfoque de “nivel de calidad estándar”.

4. ¿Existen limitaciones al supuesto de se emiten “las emisiones totales del agente espumante”? (párrafo 8) Se sostiene que, cuando la espuma se deposita en vertederos, las emisiones del agente espumante son insignificantes incluso durante horizontes temporales más prolongados.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Esta pregunta abarca dos cuestiones conexas. Una de ellas se relaciona con los conocimientos acerca de cómo la utilización y, en este caso, la eliminación, afectan la liberación de gases, y con la medida en que las diferentes formas de utilización y eliminación prevalecen en los países en desarrollo. La segunda cuestión es cómo debería definirse el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral.

- Esencialmente, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral puede tomar fácilmente en cuenta las diferentes cantidades de emisiones en el cálculo, si se consideran dos principios: la situación actual en los países que operan al amparo del Artículo 5 y la menor cantidad de requisitos de información posible. En consecuencia, la pregunta que debemos formular sería qué proporción de la espuma que se produce en los países que operan al amparo del Artículo 5 se elimina realmente en vertederos que se gestionan de una manera que limita las emisiones.
- A su vez, esto debe considerarse en relación con una segunda pregunta: La definición del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en sí mismo es una aproximación de las emisiones totales durante la vida útil de los bienes fabricados en un año (incluidas las emisiones durante la fabricación y eliminación); es decir, las emisiones acumuladas durante muchos años para la cantidad de equipos producidos en un año. Otras definiciones del impacto climático (por ejemplo, el enfoque adoptado en el marco de la CMNUCC) analizan el impacto sobre la base de las emisiones anuales, en algunos casos acumuladas durante 7 o 10 años, pero calculan también el efecto acumulado de la producción durante varios años. En el caso del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, incluso una liberación lenta conduce eventualmente a la liberación completa. Esto resulta significativo, dado que, en una hipótesis de uso constante, si las emisiones demoran 50 años en producirse por completo, la emisión anual del banco de espumas después de 50 años (que son 50 años de producción de espumas) es equivalente al uso anual de la sustancia. En consecuencia, si se presupone que para el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral prevalecería la definición de vida útil actual, se debería considerar si la emisión de un vertedero realmente cesa después de una determinada cantidad de años con una cantidad de HCFC atrapados dentro del vertedero de manera sostenible o si las bacterias, por ejemplo, están transformando la proporción de HCFC de las espumas en otra cosa. En el caso de que dichos efectos estuviesen muy difundidos en países que operan al amparo del Artículo 5, se podrían adaptar fácilmente los cálculos.

5. ¿Podría aclarar en qué casos se toma en cuenta el factor de eficiencia energética de los proyectos de conversión de espumas en el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral y cómo se lo considera? Conforme al párrafo 9, parecería que los cambios en el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas causados por un cambio en el agente espumante se toman en cuenta solamente en el caso de las espumas de aislamiento utilizadas en espacios refrigerados confinados. ¿Es correcto? En ese caso, ¿podrían los resultados del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral ser erróneos en otros proyectos del sector de espumas, dado que no toma en cuenta las consideraciones relativas a la energía? ¿Se presupone que en la mayoría de los casos los cambios en el consumo de energía podrían no ser lo suficientemente significativos para requerir un análisis más detallado?

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

El impacto climático señalado en los documentos de examen de la Secretaría para los proyectos de espumas hasta ahora no parece tomar en cuenta ningún efecto relacionado con la energía. Consiste simplemente en la diferencia en el impacto climático, basada sobre el PCA calculado del agente espumante y la cantidad utilizada, entre el agente espumante utilizado para una cantidad de espumas sopladas con HCFC y el agente espumante de alternativa utilizado para la misma cantidad de espumas.

La Secretaría del Fondo ha intentado esbozar conceptos acerca de cómo abordar el aspecto de conservación de energía de las espumas. El principal obstáculo fue el hecho de que gran parte de la información acerca del uso real de la espuma no está disponible, y la información sobre utilización es esencial para comprender qué efecto tiene la espuma en la conservación de energía. La información sobre utilización es, por ejemplo, el espesor y la calidad del aislamiento, la diferencia de temperatura, y el efecto que tendría la emisión de gases de efecto invernadero en el consumo de energía, según el tipo de energía primaria utilizada para compensar la transferencia de energía a través del aislamiento. Finalmente, la información debe vincularse ya sea con un subconjunto idealmente muy reducido de opciones, que serían consideradas por el usuario del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, y/o con diversos supuestos significativos entre los antecedentes del programa.

En algunos casos, simplemente no hay ningún impacto en la energía cuando se realiza la conversión de un agente espumante a otro. Por ejemplo, muchos o quizá todos los usos de espuma de revestimiento integral tienen otros fines además del aislamiento y, en consecuencia, las características de aislamiento de las diferentes tecnologías resultan irrelevantes.

Las aplicaciones en las que la calidad del aislamiento resulta importante se dividen en dos grupos: aplicaciones en las que el espesor del aislamiento se puede cambiar para compensar el cambio en la calidad del aislamiento y aplicaciones en las que el espesor del aislamiento es un factor fijo. Estas últimas son por lo general aislamientos para refrigeradores domésticos y para transportes refrigerados. La Secretaría no conoce actualmente que haya otras aplicaciones de aislamiento en que un aumento generalmente pequeño en el espesor de las paredes plantee problemas técnicos importantes, y las deficiencias en la calidad del aislamiento no podrían compensarse por medio de un mayor espesor. Los puntos específicos son:

- El cálculo propuesto, pero aún no definido, calcularía, en aquellos casos en que se puede cambiar el espesor del aislamiento, el cambio de espesor necesario y, en consecuencia, el volumen de espuma para lograr la misma calidad de aislamiento; el aumento en volumen conduciría a un cambio proporcional en la utilización del agente espumante; y el impacto relacionado del agente espumante se utilizaría para calcular el valor para el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. El cambio en el espesor del aislamiento y el

cambio relacionado en la utilización de agente espumante calcularía, por lo tanto, el impacto de los esfuerzos para compensar el cambio en la calidad del aislamiento por medio de un cambio en el espesor de las paredes.

- Para los refrigeradores domésticos y transportes refrigerados, se realizará un cálculo de consumo de energía, y la diferencia entre el consumo de energía antes y después de la conversión se utilizará para calcular el valor para el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral.

6. En el párrafo 11 se sugiere que no deberían tomarse en cuenta los impactos climáticos resultantes de acuerdos políticos que conduzcan a la eliminación de los HCFC en el sector de servicio y mantenimiento dado que no están vinculados con actividades financiadas sino con un compromiso del país de eliminar los HCFC. Sin embargo, tal como en el caso de los CFC, los compromisos establecidos por los países de eliminar los HCFC en el sector de servicio y mantenimiento sin asistencia adicional del FML son un resultado directo de los planes de gestión de eliminación de HCFC aprobados por el FML. Por lo tanto, puede sostenerse que el impacto climático resultante de toda la eliminación de los HCFC en el sector de servicio y mantenimiento está vinculado con la labor del FML y debe, teóricamente, ser tenido en cuenta. En la práctica, no obstante, creemos que resultaría muy difícil predecir este impacto climático, dado que no resulta posible predecir qué tecnologías de alternativa y qué cantidades se seleccionarán en última instancia en los diversos subsectores de usuarios finales.

#### Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Resulta absolutamente correcto afirmar que los límites de qué se tiene en cuenta para el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral deben ser evaluados muy cuidadosamente; la Secretaría puede formular sugerencias al respecto, pero el Comité Ejecutivo deberá decidir acerca de una definición significativa.

La principal preocupación de la Secretaría respecto a una definición más amplia es que resultaría mucho más difícil lograr uniformidad dentro de los cálculos del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. Generalmente, cuanto más estrictas y más confinadas resulten las reglas, tanto más fácil es lograr uniformidad. A modo de ejemplo, deseáramos presentar dos consideraciones relativas a este punto específico:

- Los países lograrán reducciones en el consumo por medio de la importación de acondicionadores de aire sin HCFC de fabricantes que han recibido apoyo del Fondo Multilateral; estas importaciones conducirán posteriormente a una menor demanda de HCFC para servicio y mantenimiento. En el caso de que estas reducciones en el sector de servicio y mantenimiento se contabilicen como un impacto positivo, se debe encontrar un mecanismo para eliminar aquellas emisiones que ya se han contabilizado al momento de la conversión de la fábrica. Las emisiones durante toda la vida útil contabilizadas al nivel de la conversión de la fábrica (dado que la decisión técnica a favor de una tecnología sustitutiva al momento de la conversión determina las emisiones climáticas de los equipos utilizados durante su vida útil) y, en consecuencia, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, deberían estar relacionadas con el momento en que se realiza la selección.
- Existe, de hecho, una relación entre la reducción del consumo y el Protocolo de Montreal, pero esta no es la única explicación de las reducciones del consumo; las circunstancias económicas, por ejemplo, la adhesión a una Unión con leyes ambientales más estrictas u

otras actividades nacionales de lucha contra el cambio climático, pueden ser otros motivos por los que se reduce la utilización de SAO.

De esto se desprende también que, con una definición más amplia, podría disminuir la credibilidad de los resultados, por ejemplo debido a cuestiones de doble contabilización. Esto podría ir en detrimento del objetivo general del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral.

La Secretaría está de acuerdo en que es probable que los cálculos para el sector de servicio y mantenimiento estén relacionados con una mayor incertidumbre que los cálculos para los sectores de fabricación. Podría ser posible concentrarse en los ahorros relacionados con mejores prácticas (reutilización y reciclaje de refrigerantes, buenas prácticas...), pero la Secretaría no se aventuraría a decidir si esto resulta eficiente si se comparan los esfuerzos requeridos con la información recibida.

7. También resultaría muy difícil medir, o incluso estimar de manera general, el impacto climático de las actividades de recuperación y reciclaje y las buenas prácticas de refrigeración (párrafo 12, incisos a y b): las evaluaciones de los planes de gestión de refrigerantes y los planes de gestión de eliminación definitiva no han podido cuantificar los CFC eliminados en forma directa por medio de estas actividades. En los casos en que se han calculado cuantificaciones (en los informes de terminación de proyecto u otras fuentes), parece haber diferencias muy importantes entre diferentes países, que podrían deberse a factores que no se pueden controlar fácilmente por medio de los proyectos, tales como el precio de las SAO, los niveles de sensibilización y compromiso de los interesados directos del sector de servicio y mantenimiento (asociaciones de técnicos, etc.), impulsores políticos, factores de mercado, etc.

En el caso de las actividades para sustituir equipos en el sector de servicio y mantenimiento, estamos de acuerdo en que puede calcularse el impacto climático (párrafo 12 c). Sin embargo, vemos dos posibles problemas: uno es cómo evitar el problema de la doble contabilización mencionada en el párrafo 12 c) ii); es decir, ¿cómo se podría conocer con antelación si los nuevos equipos incorporados serían fabricados o no por empresas que reciben asistencia a través del FML? En segundo lugar, el hecho de que la Secretaría considera que no sería posible tomar en cuenta la eficiencia energética parece ser una desventaja importante. La Secretaría observa que la diferencia en el consumo de energía entre el sistema antes de la conversión y después de esta es relativamente pequeño. Sin embargo, la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en el Anexo III sugiere que las variaciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía entre diferentes tecnologías son, de hecho, significativas. En el caso de la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral al plan sectorial para el sector de refrigeración y aire acondicionado industrial y comercial en China (anexo III), parecería que para la conversión de equipos a HFC-410a, el cambio en el impacto climático indirecto (es decir, el cambio en emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de energía) es en realidad más alto que el cambio en el impacto climático directo. Por lo tanto, si el factor del consumo de energía se omite en los proyectos de sustitución de equipos en el sector de servicio y mantenimiento, ¿continuaría el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral proporcionando una indicación significativa del beneficio climático de dichas actividades?

#### Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Estamos de acuerdo con los comentarios formulados por Australia respecto al grado de incertidumbre relacionado con cualquier intento de identificar un impacto climático para el sector de servicio y mantenimiento. Se trataría de una aproximación muy general. En dichas metodologías es relativamente común que, en caso de dudas, se reduzcan las estimaciones del impacto climático al nivel en que es casi seguro que se producirá dicho impacto. A modo de

ejemplo simplificado: un análisis podría informar que, en promedio, una máquina de reciclaje recicla 500 kg por año, pero que el 95 por ciento de las máquinas de reciclaje reciclan más de 100<sup>1</sup> kg por año. Si se usan los 100 kg como base, el cálculo del impacto climático podría no representar de manera suficiente el resultado en el terreno, pero conlleva un alto nivel de certeza en cuanto a que el impacto es por lo menos igual de elevado que el valor calculado.

Resulta muy problemático calcular la eficiencia energética de los sistemas retroadaptados. Además de las características inherentes a los refrigerantes, los siguientes efectos influirían en las diferencias en eficiencia energética entre un sistema antes y después de la conversión: el grado de diseño para un refrigerante específico y los márgenes de seguridad del sistema anteriores a la conversión para el caso del HCFC-22, si se lleva a cabo una optimización durante la conversión y si se aprovecha la oportunidad para una puesta a punto general de los sistemas. Estos efectos a menudo conducirán a una eficiencia energética menor, a veces a una eficiencia mejor. Además, los datos disponibles en la literatura respecto a las máquinas retroadaptadas en el terreno no siempre resultan adecuados para derivar afirmaciones generales, dado que existen falencias en cuanto a la cobertura de diferentes sistemas, precisión de las mediciones y capacidad para comparar resultados previos y posteriores a la conversión debido a las diferentes condiciones de funcionamiento. No resulta posible formular pronósticos suficientemente precisos si no se dispone de una cantidad sustancialmente mayor de datos respecto a la instalación; y los resultados dependerían en gran medida de la calidad de los datos proporcionados. Considerando el pequeño impacto de las instalaciones de refrigeración individuales convertidas en el impacto climático general, los resultados de dicho enfoque no parecen justificar los esfuerzos que habría que realizar.

8. En relación con los otros sectores en los que se podría aplicar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral, los sectores de solventes con HCFC y de lucha contra incendios parecen ser relativamente pequeños. Ampliar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral a estos sectores no parecería añadir gran valor. Tal vez, se podrían considerar en una etapa posterior. La Secretaría también menciona la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral al sector de agentes de proceso. Hasta la fecha, no se ha notificado al Comité Ejecutivo ningún consumo de HCFC para usos como agentes de proceso en países que operan al amparo del Artículo 5. ¿Se dispone de información que sugiera que este podría ser un sector de consumo de HCFC significativo o incluso pequeño?

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

No hay información concreta disponible que sugiera el uso de HCFC como agentes de proceso.

9. Con respecto a la aplicación del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para los planes sectoriales para China, podría aclarar lo siguiente:

- a) ¿por qué se excluyeron los dos planes sectoriales de espumas del análisis?
- b) ¿cómo se relacionan las cuatro categorías de “tipo de sistema” de la hoja de cálculo del Plan para el sector de refrigeración y aire acondicionado industrial y comercial (tres denominadas “Aire acondicionado, montaje en fábrica” y una “congelación comercial, montaje”) con el subsector identificado en el plan, a saber: compresores, acondicionadores de aire unitarios, acondicionadores de aire/bombas de calor multiconectados, enfriadores/bombas de calor industriales y comerciales, enfriadores de

---

<sup>1</sup> Estas cifras se han seleccionado de manera arbitraria sólo a los fines de la ilustración.

agua/bombas de calor pequeños, bombas de calor/calderas, ‘unidades de condensación, congeladores y almacenamiento en frío’?

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

En relación con el punto a), la evaluación de ambos planes para el sector de espumas incluyó párrafos sobre el clima, en la documentación tanto para la 62ª Reunión como para la 63ª Reunión; no obstante, la información se incluyó en la documentación para los proyectos (documentos UNEP/OzL.Pro/ExCom/62/26/Add.1 y UNEP/OzL.Pro/ExCom/63/26). Para el sector de espumas de poliestireno extruido, el documento 63/26 proporciona la información en el párrafo 99; para el subsector de espumas de poliuretano, la información figura en el párrafo 84 y en el cuadro 12 del mismo documento.

En relación con el punto b), el concepto del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral es permitir la elección entre diferentes sistemas de refrigeración y aire acondicionado basados en seis tipos diferentes. Cada uno de estos tipos tienen sus propios supuestos subyacentes respecto a condiciones de funcionamiento (temperaturas,...), características de diseño (calidad del compresor,...) e índices de pérdida. Los tipos entre los que se pueden seleccionar son Enfriamiento para refrigeración comercial, Congelamiento para refrigeración comercial y aire acondicionado; todos estos, diferencian entre montaje en el sitio y montaje en fábrica, de donde se derivan los seis tipos en total.

Los compresores y unidades de condensación no son sistemas, sino que se cuentan como componentes y, en consecuencia, no están representados. Los acondicionadores de aire unitarios, acondicionadores de aire/bombas de calor multiconectados, enfriadores/bombas de calor industriales y comerciales, enfriadores de agua/bombas de calor pequeños están cubiertos en Aire acondicionado. Dentro de Aire acondicionado, las categorías Acondicionadores de aire unitarios y acondicionadores de aire/bombas de calor multiconectados son montados en el sitio; las restantes categorías mencionadas en el plan para el sector de refrigeración y aire acondicionado industrial y comercial para China son montados en la fábrica. Las bombas de calor/calderas pertenecen a la categoría de aire acondicionado/montado en fábrica, los congeladores pertenecen a congelación comercial, montados en fábrica, y el almacenamiento en frío a enfriamiento comercial, montaje en el sitio. La Secretaría reconoce que una selección más simple o una guía para ayudar a seleccionar el tipo de sistema correcto podrían resultar útiles.

Observaciones del Gobierno de la Argentina

10. En el cálculo de las emisiones de refrigerante para el impacto directo, ¿presupone el modelo que se perderá toda la carga durante la vida útil?

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

El modelo se basa en emisiones durante la vida útil, es decir, incluidas las emisiones tras la eliminación. En este momento, las actividades de eliminación de los países que operan al amparo del Artículo 5 no recuperan, en su mayor parte, las SAO de los equipos o espumas. Si bien el modelo ofrece la posibilidad de usar diferentes ajustes para la eliminación al fin de la vida útil, actualmente los parámetros están configurados para las emisiones de todas las SAO contenidas en los equipos a la atmósfera. No obstante, para las aplicaciones de refrigeración/aire acondicionado con altos índices de pérdida (p. ej., refrigeración comercial montada en el sitio), los índices de pérdida son tan altos que los equipos tienen solamente el 40% del contenido de refrigerante remanente cuando llegan a su final de la vida útil. En ese caso, se presupone que los equipos

serán recargados con hasta el 100% de la carga de refrigerante, y la cantidad de esta recarga se añade al uso total de refrigerante durante la vida útil. En consecuencia, en este momento, las emisiones de refrigerante durante la vida útil son siempre por lo menos del 100 por ciento de la carga inicial y, en varios casos, incluso más altas. Esto también demuestra que el modelo cuenta también con capacidad para calcular el efecto de diferentes índices de recuperación al fin de la vida útil, si se desea.

11. En el caso del R-410a, hemos notado que se representa un aumento del 5 por ciento de emisiones; sin embargo, el impacto climático total de los artefactos que funcionan con este refrigerante debería ser más bajo, considerando su eficiencia más elevada y la cantidad más baja de refrigerante contenido en comparación con el HCFC-22.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Es correcto afirmar que el impacto calculado por el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral para el HFC-410A es en muchos casos mayor que para el HCFC-22. Esto se debe, por un lado, a un PCA más alto, pero también a un consumo de energía mayor, según las definiciones utilizadas para el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral. Independientemente, su observación acerca del “consumo de energía más bajo” también es relativamente cierta. El motivo es que cuando se realiza la conversión de HCFC-22 a HFC-410A, se llevan a cabo diversas optimizaciones, tales como, a menudo, un cambio en la tecnología del compresor y un aumento en la superficie de los intercambiadores de calor, así como el rediseño general, que conlleva un ajuste fino de las características de los componentes. En otras palabras, los sistemas de HFC-410A a menudo presentan un alto grado de sofisticación que, si se usara también para el HCFC-22, mejoraría sustancialmente la eficiencia energética del sistema de HCFC-22. En consecuencia, resulta difícil determinar una norma acerca de cómo lograr una comparación justa para un modelo de acondicionador de aire antes y después de la conversión.

La norma seleccionada fue presuponer la misma calidad de componentes. Actualmente, se calcula usando una eficiencia isentrópica constante para el compresor y un valor constante para el producto en cuanto a superficie del intercambiador de calor y coeficiente de transferencia de calor para el intercambiador de calor<sup>2</sup>.

12. También, los datos sugieren que los cálculos no han tomado en cuenta mejoras en el diseño de los equipos con R410a, solamente un cambio de compresor, pero ninguna otra mejora tal como un cambio en los intercambiadores de calor.

13. Por ejemplo, en nuestro caso (Argentina), los juegos ofrecidos a nuestros fabricantes cuentan con una mayor eficiencia energética para las temperaturas medias de la Argentina; por lo tanto, el sector de fabricación los ha adoptado para cumplir con las nuevas leyes sobre eficiencia energética de nuestro país.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

La Secretaría considera que esta pregunta plantea dos cuestiones; la definición general del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral y las características adicionales que debería ofrecer.

---

<sup>2</sup> El modelo realiza el cálculo presuponiendo intercambiadores de calor aire a refrigerante, muy predominantes; para los intercambiadores de calor de líquido a refrigerante, la exactitud sería un poco más baja utilizando el modelo explicado



En el párrafo 11 anterior, ya nos referimos al problema que se plantea para comparar diferentes niveles de sofisticación de una manera justa. El indicador de impacto climático del Fondo Multilateral ha definido la conversión de una manera algo simple, como si el fabricante fuese a llevar a cabo, por sí mismo, la conversión más eficaz en relación con los costos. Esta norma de comparación cuenta con las siguientes ventajas:

- Puede definirse de manera relativamente simple;
- Es justa en el sentido de que se comparan niveles similares de sofisticación;
- Guarda completa conformidad con las Directrices del Comité Ejecutivo para los costos admisibles.

Sin embargo, puede resultar engañoso si, tal como podría ser en este caso, el gobierno desea documentar la opción real elegida incluidos los adelantos en sofisticación de los equipos, como parece tratarse aquí. Para estos casos, se espera poder actualizar diversos parámetros del sistema en el modelo (superficie del intercambiador de calor, eficiencia isentrópica del compresor y, posiblemente, la sustitución de un mando de velocidad fija por un mando de velocidad variable) respecto a la conversión original; esto conducirá a una reducción sustancial en el consumo de energía. No obstante, la pregunta de la Argentina indica que varios de los productos que utilizaban SAO tenían una eficiencia energética inferior a los valores de referencia reglamentarios. La conversión no estaba destinada a abandonar los HCFC, sino que se superpuso con un cambio hacia productos con mayor eficiencia energética. Con las opciones actualmente disponibles, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral separaría ambos pasos y calcularía solamente uno de ellos, la conversión para dejar de lado las SAO; se puede introducir una mejora de componentes y, por lo tanto, de eficiencia energética, además de la conversión. Si el Comité Ejecutivo así lo desea, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral podría, por ejemplo, adaptarse para calcular la contribución del cambio de refrigerante y la mejora de componentes/eficiencia energética en forma separada y visible en los resultados.

La Secretaría desearía aprovechar esta oportunidad para señalar que resulta absolutamente fundamental llegar a una inteligencia común acerca de qué debe compararse por medio del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral a fin de llegar a un conjunto de supuestos para la comparación posiblemente diferente.

14. Dicho esto, consideramos que este indicador arroja un impacto climático que puede considerarse únicamente genérico, y no ha tomado en cuenta la eficiencia de la tecnología de alternativa. El rendimiento de los artefactos puede tener grandes variaciones según el diseño.

15. Como se dijo antes, el impacto adicional causado por el PCA más alto del R410A se puede compensar con la menor carga requerida, la mejora en el diseño de los equipos y la eficiencia más elevada del refrigerante.

#### Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Es correcto que el indicador solo puede ser una indicación y no proporciona resultados exactos; esta no debería ser realmente su finalidad. Más precisamente, el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral puede no ser el instrumento ideal de comparación para una evaluación climática exacta una vez que se conozcan los datos específicos exactos de los equipos antes y después de la conversión. La evaluación climática durante todo el ciclo de vida podría ser una herramienta adecuada para aquellos casos en que se conoce gran parte de la información.

Sin embargo, estos casos serían una excepción más que la regla. El caso de la Argentina es particular y no es típico, dado que en la Argentina los fabricantes conocen la eficiencia energética de los equipos por fabricar en el futuro e incluso pueden seleccionarla. Esto se debe a que los fabricantes tienen la posibilidad de elegir el más adecuado entre varios juegos prefabricados con características de rendimiento especificadas que los fabricantes pueden evaluar antes de haber siquiera armado una unidad. En la mayoría de las conversiones en el contexto del Fondo Multilateral, este no es el caso; los fabricantes a menudo no tienen información y, en muchos casos, no tienen ningún interés en particular acerca del consumo de energía de los equipos futuros; en una gran cantidad de casos, no se conoce siquiera la eficiencia energética actual. La Secretaría desearía, por lo tanto, pedir cautela cuando se infieran conclusiones acerca de esta pregunta específica, dado que el caso presentado aquí por la Argentina no puede aplicarse en general.

El indicador de impacto climático del Fondo Multilateral permite hacer un pronóstico con un conjunto muy reducido de datos de entrada, y tiene por finalidad presentar una comparación justa de las alternativas dentro de los límites dados. No puede competir con los datos medidos, que son la base de las características de rendimiento para los juegos prefabricados, y no está destinado a tomar en cuenta aumentos en la sofisticación, entre otros motivos importantes, porque la mejora técnica no resulta admisible, específicamente, para el Fondo Multilateral. Resulta crítico limitar las expectativas respecto del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral a una tarea que pueda llevarse a cabo sobre la base de los esfuerzos que, en general, puede pedirse que apliquen las dependencias nacionales del ozono y los organismos bilaterales y de ejecución.

La Secretaría desearía señalar que, actualmente, la literatura existente no parece indicar con firmeza que el refrigerante tenga una eficiencia energética inherentemente más alta; los organismos de ejecución del Fondo Multilateral también sostienen, a menudo, que la eficiencia es en realidad más baja y, por lo tanto, los componentes requieren mejora. Sin embargo, existen firmes indicaciones de que los nuevos modelos que usan HFC-410A a menudo tienen una eficiencia energética similar o más alta que los modelos con HCFC-22 que sustituyen. Estos dos hechos no son mutuamente exclusivos.

16. Respecto de la última columna, “indicador de impacto”, consideramos que podría modificarse la redacción a fin de destacar mejor los impactos; por ejemplo, si se considera que una disminución del 11% en las emisiones es “significativa”, una disminución del 50% podría considerarse “altamente significativa” y una disminución del 3% podría considerarse moderada.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

En la selección actual existe un intervalo definido como “sin consecuencias respecto del clima”, que representa la banda de error supuesta a la derecha y a la izquierda del “cero”. Los límites de otras desviaciones se seleccionaron conforme a la frecuencia aparente de los diferentes resultados. Si bien esto ofrece una calificación relativa aceptable, no es por ciento perfecto, y de hecho los márgenes determinados con otros enfoques también son posibles. Nos complace aceptar las sugerencias de la Argentina u otros participantes.

17. Como comentario general, desearíamos añadir que ha resultado un tanto difícil seguir la metodología de desarrollo para este índice, dado que implica un enfoque altamente técnico que puede ser seguido únicamente por expertos.

Respuesta de la Secretaría del Fondo:

Estamos de acuerdo en que el modelo distribuido necesita otras mejoras para facilitar su utilización. La idea principal, actualmente, era ofrecer la posibilidad de que los miembros del Comité Ejecutivo lograsen comprender cómo funcionaría y proporcionasen opiniones para dar una mayor orientación al desarrollo final cuando fuese necesario. Al usar el indicador de impacto climático del Fondo Multilateral en varias de las ponencias, ya se han identificado diversas mejoras posibles.

La Secretaría ha enfrentado también la dificultad de asegurar que el enfoque sea transparente, por un lado, y de que pudiese comprenderse con facilidad, por otro. Lamentablemente, ambos son prácticamente mutuamente exclusivos. La Secretaría ha intentado, por lo tanto, mover una gran parte de la información meramente técnica a los anexos. Como antes se explicó, también nos esforzamos por hacer otras simplificaciones para los usuarios, especialmente respecto a la clasificación de sus equipos. También comprendemos que los resultados se beneficiarían con una mayor simplificación y estamos considerando cómo lograrlo; la clasificación de los resultados como se menciona en el párrafo 16 anterior puede ser una de las medidas por tomar.

El concepto del indicador de impacto climático del Fondo Multilateral como herramienta es, en última instancia, que el usuario realice unas entradas muy simples, confíe en los cálculos de la herramienta y reciba una realimentación relativamente directa, con la posibilidad de analizar más a fondo los datos subyacentes si es necesario. Para lograr este objetivo, pueden requerirse algunos pasos adicionales.

## Annex II

### MULTILATERAL FUND CLIMATE IMPACT INDICATOR TECHNICAL DESCRIPTIONS OF DIFFERENT CONSUMPTION SECTORS

1. Decision XIX/6 of the Meeting of the Parties requested the impact of energy consumption on the climate to be taken into account. The Secretariat focussed its work on achieving progress with the MCII for the refrigeration and air-conditioning manufacturing sectors first, since it is assumed that in these two sectors the effects of energy consumption on the climate are more prevalent than in other sectors.

#### MCII for refrigeration and air-conditioning manufacture conversion activities

2. The MCII has been developed to allow an indication of the effect on the climate of future conversion projects to be funded by the Multilateral Fund. The MCII is therefore a tool operating on the basis of data available during the preparation and/or review of Multilateral Fund project submissions. Consequently, data related to the characteristics of products using the current technology is often only sketchily documented, information about the conversion and the characteristics of the converted project are not available at all. On this basis, the MCII is meant to help indicating the climate impact of the activities. It is not meant to replace any possibly desired subsequent analysis undertaken on the basis of more detailed data, and maybe detailed performance information of specific models for baseline and alternative, such as a life cycle climate performance (LCCP) or a life cycle analysis (LCA).

3. The MCII for refrigeration and air-conditioning activities takes into account:

- (a) the emissions of refrigerant during manufacturing, operation and at the end of life, called the direct emissions; as well as
- (b) the energy consumption of products using HCFC and their alternatives as refrigerants, called the indirect emissions.

4. In a first step the model used calculates the emission of one refrigeration or air-conditioning unit over its lifetime as a sum of direct and indirect effects, and multiplies the result with the amount of units produced in one year. This interim result represents the climate impact of the annual production for a given technology. For a qualitative comparison of different alternatives, the ratio between the baseline (HCFC) and the alternative is used (percentage values). For aggregated, sector-or country-wide figures, the difference between the two is being used (absolute values in tonnes of CO<sub>2</sub> equiv.). Negative values for the MCII denote a reduction in the climate impact as compared to the baseline, positive values an increase,

5. The direct emissions of HCFCs and alternatives take into account a large number of factors related to the lifetime of each unit manufactured, and aims to use general assumptions to quantify them. This quantification is carried out for the lifetime of the equipment and relates to:

- (a) The HCFC charge, being an input value, and the potentially different charge of the alternatives<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> Charge differences are generalized assuming same inner volume of the components, and using the ratio of the liquid densities of the different refrigerants in reference to the baseline (e.g. HCFC-22). The liquid density is assumed as the mean of the values for 42°C and, depending on the application, for -32°C, -4°C and 0°C.

- (b) A 2 per cent emission at the time of manufacturing for systems assembled and charged in a factory;
- (c) Typical annual emissions for an average unit, depending on the type of refrigeration or air-conditioning equipment and on assembly in a factory or on site, as shown in Table 1;
- (d) An average lifetime for each unit depending on the various types of refrigeration and air-conditioning equipment as well as on assembly in a factory or on site, as shown in Table 1;
- (e) Recovery at the end of life, currently, in line with practices typical for Article 5 countries assumed to be zero, as shown in Table 1; and
- (f) The climate impact of the substance, calculated on the basis of the substances Greenhouse Warming Potential (GWP) for a 100-year time horizon.

Table 1: Values used as assumptions for annual emissions and lifetime

Type of application	AC, factory assembly	AC, on site assembly	Commercial Cooling, factory assembly	Commercial Cooling, on site assembly	Commercial Frozen, factory assembly	Commercial Frozen, on site assembly
Baseline refrigerant	R22	R22	R22	R22	R22	R22
Product lifespan	10	10	10	14	10	14
Leakage at manufacturing	2%	0%	2%	0%	2%	0%
Annual leakage	2%	5%	2%	25%	2%	25%
Recharge level	55%	55%	55%	55%	55%	55%
Recovery fraction	0%	0%	0%	0%	0%	0%

6. The carbon dioxide emissions related to energy consumption of refrigeration equipment depends on the size, quality of the components, quality of design, application and the operating conditions (chiefly the ambient temperature), and, finally, the CO<sub>2</sub> emission related to the production of electricity. In order to take the different factors into account, a number of assumptions were made and procedures were developed:

- (a) It is assumed that the principle quality of components and quality of the design remain constant; reflecting the content of decision 61/44 of the Executive Committee, asking the Secretariat to “maintain the established practice when evaluating component upgrades in HCFC conversion projects for the refrigeration and air-conditioning sectors, such that after conversion the defining characteristics of the components would remain largely unchanged or, when no similar component was available, would only be improved to the extent necessary to allow the conversion to take place [...]”<sup>2</sup>;

<sup>2</sup> For heat exchangers decision 61/44 was reflected assuming constant product of heat exchange surface and heat transfer coefficient, based on the values calculated for an HCFC baseline system at the design temperature of the system. For compressors, decision 61/44 of the Executive Committee was reflected by using a constant isentropic efficiency while adapting the swept volume to the compressor to provide the specified capacity at the design temperature of the system. The design temperature of the system is either 32°C or 40°C, the selection of which depends on the country of production and, for export, a generalised figure of 32°C.

- (b) The parameters entered as input values are also assumed to remain constant; in particular the capacity of the system, the application and whether a unit is factory assembled or assembled in the field, as well as the country and the share of export;
- (c) The load of the system is estimated depending on the design load = capacity of the unit, and an estimated deviation for different temperatures. A more detailed description can be found in Annex III;
- (d) The energy efficiency varies, depending on the refrigerant used, for different outdoor temperatures; two refrigerants having the same energy efficiency at one outdoor temperature and otherwise identical operating conditions will show a difference in energy consumption at other conditions. In order to reflect this important effect, the Secretariat has attempted to collect the frequency of occurrence of temperatures for each Article 5 country in steps of 2 deg C. The energy efficiency is accordingly calculated for these outdoor temperatures and multiplied with the occurrence and the number of hours per year. In case of countries with several climate zones, the occurrence has been calculated by weighting the different climate zones according to the population living in them, as a proxy to the number of refrigeration systems used<sup>3</sup>;
- (e) The emission of carbon dioxide are published for a number of Article 5 countries and have been estimated for the remainder according to information found in literature; however, for most countries with refrigeration manufacturing capacity, i.e. larger Article 5 countries, information has been published<sup>4</sup>.

7. Major challenges encountered by the Secretariat were related to the lack of precedent as to how countries and implementing and bilateral agencies would address the issue of data collection for refrigeration and air-conditioning equipment, due to a significant amount of submissions for projects covering more than one enterprise coming forward only to the 61<sup>st</sup> and 62<sup>nd</sup> Meetings of the Executive Committee. The formats used by the agencies to collect data lead to the need for significant changes in data management as compared to the original concept. It is assumed that these challenges faced by the Secretariat can be largely reduced in the next round of submissions by providing sufficiently detailed yet still practical data formats for submission.

#### MCII for foam manufacture conversion activities

8. For products manufactured in the foam sector, the direct effect caused by the foam blowing agent used over the lifetime of the product is relatively easily determined for the current use of HCFCs, since the entire foam blowing agent is emitted<sup>5</sup>. For post conversion emission, the case is more complex, since the amount of foam blowing agent used to produce a pre-defined quantity of foam will change; in addition, in some cases this quantity is defined based on mass of foam, in others on the volume of the foam. Additional variations are possible by using more than one blowing agent, e.g. in case of the common practice of adding water to HFC-245fa. Finally, in the case of insulation foams, the thickness of the insulation foam might be changed to accommodate changes in the insulation properties of the foam; a different foam thickness would be equivalent to a higher volume of foam, leading to a respective increase in foam blowing agent used.

---

<sup>3</sup> For example, Algeria shows both Mediterranean climate as well as hot and arid climate. However, the population is predominantly concentrated at the more temperate coast; consequently the coastal conditions have a higher relative weight than the conditions in the centre of the country.

<sup>4</sup> The Secretariat is still in the process of assessing the quality of the related data and improving it, where necessary.

<sup>5</sup> While the indicator is being set-up in a way which allows accounting for collection and destruction of the substance at the end of life of the product, at this time there is little indication to assume that in Article 5 or non-Article 5 countries a significant portion of foam blowing agent will be collected from products containing such foam.

9. Based on these considerations, a concept was developed on how to incorporate energy efficiency in the calculation of the MCII. After consultation with experts, the current concept is to distinguish between several different scenarios:

- (a) Use of polyurethane foam for applications which require constant insulation effect. The related calculation model is meant to use some basic information and standardized properties of polyurethane foam to determine the change in wall thickness necessary to provide the same insulation effect when changing the foam blowing agent from an HCFC to an alternative technology from a pre-defined list. The change in wall thickness, in combination with the different amount of blowing agent per volume of foam needed and the change in density, will allow a calculation of the amount of alternative foam blowing agent needed. Typical applications would be all types of insulation with a defined insulation effect: e.g. based on regulatory requirements;
- (b) Applications requiring the same volume of polyurethane foam, calculating the different amounts of blowing agent for the various technologies needed to produce a given volume of foam. This would be for example applicable to integral skin foam products for automotive use;
- (c) Insulation foam used in confined refrigerated spaces, where the wall thickness cannot be changed to accommodate different insulation properties and where the insulated space is refrigerated. This option can be used for the insulation of refrigerators, commercial refrigeration equipment etc. where an increase in insulation thickness is often not possible due to space constraints<sup>6</sup>;
- (d) Use of extruded polystyrene foam for applications which require constant insulation effect. The calculations are performed similar those in the case indicated in sub-paragraph (a) above for the manufacture of polyurethane foam. This is a likely occurrence in the building industry;
- (e) Use of extruded polystyrene foam in confined spaces, for applications where the wall thickness cannot be changed. The calculations are carried out similar to those in sub-paragraph (c) above manufacture of polyurethane foam.

#### MCII for conversion activities in other manufacturing sectors

10. In preparation for the 62<sup>nd</sup> Meeting, the Secretariat has also received projects and activities in the solvent and fire fighting sectors. The concept of the MCII can be extended to those sectors by assuming a certain release pattern. For solvent as well as for process agent uses, an assumption of a complete release in a short period of time after consumption is certainly meaningful. For the fire fighting sector, a more differentiated approach is necessary, since large quantities of fire fighting agents are simply stored and typically not released or released only after many decades of storage in fire fighting systems. The Secretariat has not yet developed a methodology for the MCII for the fire fighting sector.

---

<sup>6</sup> The cycle calculation model and country-specific data from the refrigeration model is meant to be used to calculate a change in energy consumption and related emissions of CO<sub>2</sub> related to electricity generation, which is added to the climate impact of the blowing agents. The reason for the calculation of energy related emissions only in cases where the energy use is refrigeration, and not for heating is that the difference is in energy used for heating, from sun powered over electricity, gas, oil, and coal as well as heat pumps is so diverse that no meaningful assumptions can be made for the emissions of carbon dioxide related to the additional heating needs of e.g. a building caused by a change in the insulation properties used.

### MCII for the servicing sector

11. The Secretariat has attempted to extend the concept of the MCII to the servicing sector by addressing specific activities that are undertaken as part of the funded service sector activities in HPMPs. The basis for a methodology considered for submissions is that only those emission reductions are taken into account which are directly and quantifiably linked to activities funded by the Multilateral Fund, and that double counting with manufacturing sector activities is avoided. Consequently, changes in the climate impact caused by political agreements, for example the phase-out of HCFCs, are not covered since they are not linked to funded activities but to a commitment of the country to phase-out HCFCs. Accordingly, activities such as awareness and customs training will not contribute positively to the climate impact, since they are supporting compliance with a political agreement and are not directly causing reductions in climate relevant emissions. The remaining activities have in common that they are meant to reduce the consumption of HCFCs through reducing inefficient use of refrigerant. However, should the demand for HCFCs in the country be larger than the supply, any HCFC saved by reducing inefficient use of refrigerant would be used to satisfy the demand. The likely reasons why the supply would be smaller than the demand are import restrictions caused by the need to comply with the reduction schedule of the Montreal Protocol. If the activity leads to a better distribution of refrigerant away from inefficient use towards servicing more existing refrigeration systems, this would help the country to remain in compliance with the provisions of the Montreal Protocol. It would, however, not reduce the absolute amount of HCFC refrigerant used. Consequently, it would be difficult to assign under these circumstances a reduction in climate-relevant emissions directly related to the activity. However, the effect of this provision is likely to be very small, since according to reported data most countries consume less than their compliance target.

12. The attempt to calculate the value for the MCII for the servicing sector focuses on three types of activities in the servicing sector:

- (a) Activities related to recovery can reduce the amount of refrigerant used by recovering, possibly recycling and reclaiming refrigerant during service and end-of-life of the equipment. For recovery, recovery and recycling and reclamation equipment, the existing experience of the Multilateral Fund allows for some broad assumptions regarding the amount of substance recovered, recycled, or reclaimed per year. The amount of refrigerant recovered, recycled or reclaimed will reduce the amount of new HCFCs to be used, and will consequently have a climate impact for those cases where otherwise new HCFC could have been used. The available data will allow this climate impact to be quantified depending on the number of machines to be used. A problem yet unresolved is how to determine a maximum meaningful number of machines for a given country in order to take into account the law of diminishing returns for increasing effort to recover refrigerant from existing systems.
- (b) Servicing practices can be improved to some extent through training and provision of better tools for servicing. It is possible to assume that training of a refrigeration technician (as compared to no training) has some impact in terms of a reduction in refrigerant consumption. However small the effect might be for each technician, the relatively large training programmes supported by the Multilateral Fund are likely to show a noticeable positive effect in reduction of use of refrigerant during the service of refrigeration and air-conditioning equipment. Since every kilogramme of reduced consumption is reducing the impact on the climate accordingly, a figure for the climate impact of these measures can be calculated for those cases where otherwise new HCFCs could have been used.



- (c) Activities related to replace HCFC-22 in existing refrigeration systems:
- (i) The precondition of a positive impact on the climate for any replacement of HCFC-22 in existing systems is the recovery of the remaining refrigerant and its destruction or, for those countries with HCFC consumption below the compliance requirements, possibly its recycling. In all other cases, the impact of a replacement on the climate is most probably negative;
  - (ii) The replacement of existing HCFC-22 systems in refrigeration or air-conditioning with new systems using an alternative technology might lead to an impact on the climate. In order to avoid double-counting, such replacements would only be accounted for under the MCII for systems which would not be covered by a manufacturing sector phase-out project under the Multilateral Fund, i.e. the impact would only be calculated for custom-made systems, typically assembled, installed and charged at the owners location; an example would be a supermarket system. The implementing agency would have to provide the number of systems to be replaced, their approximate refrigeration capacity<sup>7</sup>, whether the system is assembled and charged locally, and the alternative technology. The impact indicator would use this data to estimate the charge of HCFC-22 per refrigeration system, and extend this information to all systems covered by this specific activity. Based on an average remaining charge of HCFC-22 in the system at the time of replacement, and the design charge for the replacement, the difference in climate impact between the two can be determined. In those cases, the energy efficiency is not taken into account since the specific conditions of systems assembled on site do not allow the meaningful use of the relatively small differentiation in energy consumption between the system before conversion and afterwards.
  - (iii) After some consideration, the Secretariat has decided not to propose retrofit of existing systems in the activities which lead to a climate impact. The reason is that for existing systems, the typical retrofit technology would be the refrigerant with the closest match in thermodynamic and thermophysical properties, i.e. HFC-407C. Other than certain efforts related to exchanging the refrigeration oil and possibly replacing some controls, chiefly the expansion valve, the retrofit would be very simple to undertake. The difference in GWP between HCFC-22 and HFC-407C is fairly small (2.0 per cent) with HFC-407C having the lower GWP, further amplified by the density difference leading to a difference in climate impact based on the amount of fluid within the system of 5.43 per cent. However, the energy consumption in an existing system is more likely to increase than decrease with a conversion to HFC-407C. In combination, the climate impact is likely to be marginal, and should be assumed zero. While in terms of refrigeration characteristics HC-290 (propane) could be used in a similar way as HFC-407C, the flammability of HC-290 should in the vast majority of cases prevent HC-290 from being used for retrofits. Should a large retrofit programme be submitted to address this particular issue in an attempt to overcome the barrier for using HC-290 safely in systems designed for non-flammable refrigerants, the related calculations could be established based on principles explained above.

---

<sup>7</sup> The refrigeration capacity would be used to calculate the likely charge of these systems, since at the time of project submission such an approach might be the most accurate one.

13. The Secretariat is presently in the conceptual phase and wanted to present the above considerations regarding the service sector to the Executive Committee and the bilateral and implementing agencies; the Secretariat welcomes any feedback on these considerations. Some modelling calculations done by the Secretariat have shown that even using conservative assumptions and despite the limitations spelled out above, the effect that the activities in the servicing sector have on the climate might in some cases be significant.

### Annex III

## BACKGROUND INFORMATION REGARDING THE CALCULATION OF THE MCII (REFRIGERATION PART)

### Introduction

1. The refrigeration model described in this document is part of the Multilateral Fund Climate Indicator (MCII) developed by the Multilateral Fund Secretariat; this model has been developed by Re/gent, a Research & Development centre in The Netherlands specialised in refrigeration, air conditioning and heat pumps. It has been integrated into a Microsoft Excel shell for data entry and, in particular, data management by Mr. Anton Driesse from Canada. The model can at this time be used to assess the environmental impact of HCFC-22 and its alternatives under different climatic conditions. It is still in a state of development, and therefore details described in this annex might be subsequently changed and documented accordingly. This annex concentrates mainly on the description of the model used for the calculation of the refrigeration cycle.

2. This version of the model is entirely developed as a spreadsheet tool, which is able to calculate refrigeration and AC system performances under a variety of ambient conditions and compare the results with an HCFC-22 base case. This comparison does include both energy consumption as well as the related CO<sub>2</sub> emissions for which regional data is included in the model.

3. The spreadsheet model is structured as follows:

- (a) A main sheet which contains the user input data (such as refrigeration system to be studied, country of application, etc.). Also the main output data is shown here, such as annual energy consumption and CO<sub>2</sub> emission for all the HCFC-22 alternatives included. The results are shown in tabular format;
- (b) A transfer sheet into the actual refrigeration model, which is contained in a separate Excel file. This second Excel file contains also the other refrigeration-relevant information, such as
  - (i) A detail sheet which contains some of the main results calculated. It shows the system performance at the design point as well as a diagram of system efficiencies and compressor run time over the various ambient temperatures;
  - (ii) A set of cycle x sheets containing the refrigeration cycle calculations<sup>1</sup>, based on ideal loop calculations extended with isentropic efficiencies of the compression process. The cycle calculations are automatically performed for all relevant ambient temperatures (using a bin approach with temperature intervals);
  - (iii) A settings sheet which contains predefined data for the refrigeration/AC systems which can be assessed; and
  - (iv) A work area sheet where some background calculations, intermediate results etc. are placed.

---

<sup>1</sup> With "x" representing the name of the refrigerant.

- (v) The spreadsheet model further contains some code modules (using VBA programming language), which is used for the necessary user interfacing.
- (c) The spreadsheet model does require refrigerant property data. The data included in the model has been derived from the refrigeration property software (Refprop 6) from the National Institute for Standards and Technology in Boulder, United States of America. The Refprop data is included in the model by using tabular data and using interpolation methods to find intermediate data points. This avoids that a real property model needs to be installed along with the spreadsheet model, in order to be able to distribute the spreadsheet model without issues related to intellectual property.

#### Model description

4. Within the cycle model the refrigeration system is calculated using various refrigerants and for various ambient conditions. The ambient conditions are taken from the country specific occurrence of temperatures, which is for the purpose of the calculation converted to 20 different ambient temperatures where for each temperature the number of hours is known.

5. In a first step, a calculation of the base system is performed using HCFC-22 in the design condition. This generates some system data which is then used to calculate the cycle in the various ambient conditions in the off-design point calculations. For each of the operating temperatures this results in a system cooling capacity and the energy consumption. By multiplying the consumption with the number of hours in each temperature interval, it is possible to establish the total annual energy consumption of the system.

6. There are some special cases in the cycle calculations:

- (a) If the compressor run time exceeds 100 per cent in general the system will not maintain the product temperature any more (e.g. the cooling unit will start to increase in temperature). In the model this is not compensated for, i.e. it is assumed that the compressor runs 100 per cent of the time, and the product or room is actually increasing in temperature. However, this is only the case at temperatures very significantly higher than the design temperature, and has not been reached in the simulations carried out;
- (b) At very low ambient temperatures the condensation temperature may drop below the evaporation temperature (e.g. for the cooling application). This is prevented in the programme by setting a minimum temperature differential between condenser and evaporator and assuming for all temperatures below 10°C constant conditions similar to 10°C outdoor temperature. This is the simulation equivalent of the reality of a condenser fan control or a condensation pressure regulator; and
- (c) The model has been extensively tested and rewritten to improve both running times and convergence of the result.

#### Design calculation

7. After the selection of the type of refrigeration or air-conditioning system, and the country with its climate data in the background, it is necessary to specify the required thermal load for which the system was designed (the amount of heat the cooling system must extract at design condition). This is equal to the capacity to be provided by the user. By the selection of the refrigeration and air-conditioning system and the country, a large number of parameters are preset; those are partially referred to already in Annex I

of this document. With these parameters being set the following calculation structure is applied for the base refrigerant HCFC-22:

- (a) First the main refrigerant loop parameters are calculated, condensation and evaporation temperatures and outlet conditions of the evaporator as well as the condenser;
- (b) From the system cooling capacity, an evaporator analysis is carried out leading to the evaporator conductance used for further calculations at off-design conditions;
- (c) The refrigerant mass flow is determined;
- (d) From the compression process the exit conditions at the compressor, which are equal to the inlet conditions of the condenser are derived; and
- (e) Finally a condenser analysis can be made leading to the condenser conductance and the condenser air flow rate.

8. After the analysis of the HCFC-22 system at design condition, the evaporator and condenser sizes (conductance or UA values) are known as well as the air flows through evaporator and condenser. In addition also the compressor size needed for HCFC-22 to match the thermal load supplied is calculated. The evaporator and condenser information (UA and flow rate) is then applied to calculate the operation of the selected system with all alternative refrigerants. For each of these refrigerants a compressor size is selected which matches the thermal load at the design condition. After these preliminary calculations the off-design point calculations can start.

#### Main circuit parameters

9. It is possible to derive the evaporation temperature from the air inlet temperature to the evaporator and the temperature differential given by the user. From the refrigerant properties the evaporation pressure can be calculated. As the evaporator superheat is defined by the system selection, it is possible to calculate the evaporator exit enthalpy using the appropriate refrigerant relations.

10. For the condenser side, the condensation temperature can be derived from the air temperature entering the condenser and the temperature differential given by the user. Also here the condensation pressure is derived from refrigerant properties. The condenser exit temperature can be found by subtracting the sub-cooling supplied by the system selection from the condensation temperature. Using the appropriate refrigerant relations it is possible to calculate the condenser exit enthalpy.

11. Assuming isenthalpic expansion in the throttling device in the circuit, the evaporator inlet enthalpy can be set equal to the condenser exit enthalpy.

#### Evaporator calculation at design

12. The cooling capacity of the system can be calculated from the thermal load given and the compressor run time:

$$Q_r = \frac{Q_L}{R_p}$$

13. For the evaporator air side, the temperature differential is specified during system selection. As the cooling capacity is known, it is possible to calculate the air mass flow (and hence also the air volumetric flow):

$$\dot{m}_{e,air} = \frac{Q_r}{c_{p,air}(T_{e,air,in} - T_{e,air,out})}$$

14. As all temperatures are defined it is further possible to calculate the logarithmic mean temperature difference for the evaporator. It is then simply possible to calculate the evaporator conductance by:

$$(UA)_e = \frac{Q_r}{LMTD_e}$$

This implies that the evaporator heat transfer characteristics at design conditions are fixed and can be used later for other temperature conditions.

#### Refrigerant mass flow at design

15. The refrigerant mass flow can be calculated from:

$$m_r = \frac{Q_r}{h_{e,out} - h_{e,in}}$$

#### Compression process at design

16. The compressor exit conditions can be calculated using the isentropic efficiency and the inlet conditions. These are typically taken equal to the exit conditions of the evaporator. This allows calculating in the next step the compressor exit enthalpy as follows:

$$h_{comp,out} = \frac{h_{isentropic} + h_{comp,in}(\eta_i - 1)}{\eta_i}$$

17. From the compressor volumetric relations it is possible to derive the compressor displacement volume.

#### Condenser calculation at design

18. For the warm side (the condenser) it is now possible to perform the heat transfer calculations. First it is assumed that the air entering the condenser coil is at ambient temperature (so the design ambient temperature). As the condensation temperature is known and the temperature efficiency is supplied by the user, it is possible to calculate the air exit temperature:

$$T_{c,air,out} = \eta_c(T_c - T_{c,air,in})$$

Knowing all temperatures also the logarithmic temperature difference can be calculated.

19. The condenser reject heat can be calculated as the refrigerant mass flow has already been established and the refrigerant state points at inlet and exit of the condenser are already known from the previous analysis:

$$Q_c = \dot{m}_r (h_{c,in} - h_{c,out})$$

Knowing the condenser heat flow, it is possible to calculate the condenser conductance:

$$(UA_c) = \frac{Q_c}{LMTD_c}$$

It is further possible to resolve the condenser air mass flow from:

$$\dot{m}_{c,air} = \frac{Q_c}{c_{p,air}(T_{c,air,out} - T_{c,air,in})}$$

### Compressor

20. The compressor mass flow can be calculated as follows:

$$\dot{m} = \rho_{comp,in} \eta_v \phi_v$$

With the compressor volumetric efficiency defined as follows (using the clearance volume ratio CL):

$$\eta_v = 1 - CL \left[ \left( \frac{p_c}{p_e} \right)^{1/k} - 1 \right]$$

and the compressor displacement is typically found as the product of the compressor swept volume and the operating frequency. In the model the compressor displacement is used rather than swept volume in order to make systems independent on operating frequency as this is generally linked to the main supply frequency.

The compressor outlet conditions can typically be found using the isentropic efficiency given by the selection of the system:

$$\eta_i = \frac{h_{isentropic} - h_{comp,in}}{h_{comp,out} - h_{comp,in}}$$

if the inlet enthalpy to the compressor is known. The isentropic enthalpy is typically found using the appropriate refrigerant property relations.

### Condenser

21. Basically three heat transfer relations are relevant for the condenser, for the air side, refrigerant side and the heat transfer between air and refrigerant, respectively:

$$\begin{aligned} Q &= \dot{m}_{c,air} c_{p,air} (T_{c,air,out} - T_{c,air,in}) \\ Q &= \dot{m}_r (h_{c,in} - h_{c,out}) \\ Q &= (UA)_c LMTD_c \end{aligned}$$

which must result in the same heat transfer in a stationary situation.

In this relation the logarithmic mean temperature difference is defined as:

$$LMTD_c = \frac{T_{c,air,in} - T_{c,air,out}}{\ln\left(\frac{T_c - T_{c,air,in}}{T_c - T_{c,air,out}}\right)}$$

To evaluate the heat transfer for a coil type of heat exchanger, it is possible to use the classical number of transfer units approach. This requires first the definition of the heat exchanger temperature efficiency:

$$\eta_c = \frac{T_c - T_{c,air,out}}{T_c - T_{c,air,in}}$$

It is possible to express the number of transfer units as the ratio of the conductance and the flow capacity:

$$NTU_c = \frac{(UA)_c}{\dot{m}_{c,air} c_{p,air}}$$

Assuming a cross flow heat exchanger, it is now possible to relate the number of transfer units and the heat exchanger efficiency with

$$\eta_c = 1 - e^{-NTU}$$

In total this is a set of seven equations, with the following 11 variables:

$$Q, \dot{m}_{c,air}, T_{c,air,in}, T_{c,air,out}, \dot{m}_r, h_{c,in}, h_{c,out}, (UA)_c, T_c, NTU_c, \eta_c$$

In general it requires therefore that four variables needs to be specified in order to solve the remaining parameters. Typically the mass flow of air is a given parameter as well as the air inlet temperature. If also the UA-value of the condenser coil is supplied and the refrigerant inlet enthalpy is supplied the remaining parameters can be calculated.

Note that the above only holds for the single fluid refrigerants. For the mixed refrigerants using a temperature glide, an extended model for the heat transfer effectiveness is integrated.



### Evaporator

22. Basically three heat transfer relations are relevant for the evaporator, for the air side, refrigerant side and the heat transfer between air and refrigerant, respectively:

$$\begin{aligned} Q &= \dot{m}_{e,air} c_{p,air} (T_{e,air,in} - T_{e,air,out}) \\ Q &= \dot{m}_r (h_{e,out} - h_{e,in}) \\ Q &= (UA)_e LMTD_e \end{aligned}$$

which must result in the same heat transfer in a stationary situation.

In this relation the logarithmic mean temperature difference is defined as:

$$LMTD_e = \frac{T_{e,air,out} - T_{e,air,in}}{\ln \left( \frac{T_{e,air,in} - T_e}{T_{e,air,out} - T_e} \right)}$$

To evaluate the heat transfer for a coil type of heat exchanger, it is possible to use the classical number of transfer units approach. This requires first the definition of the heat exchanger temperature efficiency:

$$\eta_e = \frac{T_{e,air,out} - T_e}{T_{e,air,in} - T_e}$$

It is possible to express the number of transfer units as the ratio of the conductance and the flow capacity:

$$NTU_e = \frac{(UA)_e}{\dot{m}_{e,air} c_{p,air}}$$

Assuming a cross flow heat exchanger, it is now possible to relate the number of transfer units and the heat exchanger efficiency with

$$\eta_e = 1 - e^{-NTU_e}$$

In total this is a set of seven equations, with the following 11 variables:

$$Q_r, \dot{m}_{e,air}, T_{e,air,in}, T_{e,air,out}, \dot{m}_r, h_{e,in}, h_{e,out}, (UA)_e, T_e, NTU_e, \eta_e$$

In general it requires therefore that four variables needs to be specified in order to solve the remaining parameters. Typically the mass flow of air is a given parameter as well as the air inlet temperature. If also the UA-value of the evaporator coil is supplied and the refrigerant inlet enthalpy is supplied the remaining parameters can be calculated.

Note that the above only holds for the single fluid refrigerants. For the mixed refrigerants using a glide, an extended model for the heat transfer effectiveness is integrated.

Off-design point calculation

23. Once the system has been selected and the calculation of the refrigeration system in the design point has been completed, it is possible to calculate the refrigeration cycle at other conditions. From the design point the air flow and thermal conductance (UA) of both the evaporator and condenser have been derived and are assumed to be the same in other operating conditions. Other parameters, such as superheat, sub-cooling and isentropic compressor efficiency are all supposed to remain constant when the operating conditions of the system changes.

24. With this given set of data an iterative calculation of the system is needed. This is due to the fact that only the air entrance temperatures are given for both the condenser and evaporator, but the condensation temperature and evaporation temperature are unknown. In fact the set of relations described under the compressor, condenser and evaporator topics are all applied and calculated. This requires first some assumptions for certain parameters, here the evaporation and condensation temperature are applied. Once assumed, it is possible to derive an error in the set of equation, which is used for revising the assumed evaporator and condenser temperature, this until convergence is achieved. In the cycle sheets, the off-design calculations are performed for different external ambient conditions, which generally impact the condenser performance.

-----