



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

Distr.  
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/59/51/Add.1  
23 de octubre de 2009

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL  
PARA LA APLICACIÓN DEL  
PROTOCOLO DE MONTREAL  
Quincuagésima novena Reunión  
Puerto Ghalib, Egipto, 10 al 14 de noviembre de 2009

**DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE ELIMINACIÓN  
DE HCFC A FIN DE REDUCIR AL MÍNIMO OTROS IMPACTOS EN EL MEDIOAMBIENTE  
(DECISIÓN 57/33 Y PÁRRAFO 147 DEL INFORME DE LA 58ª REUNIÓN  
DEL COMITÉ EJECUTIVO)**

**Addendum**

Este addendum se emite para:

- **Añadir** el Anexo I al documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/59/51, que contiene ejemplos para el uso del indicador de impacto climático del FML.



## Anexo I

### EJEMPLOS PARA EL USO DEL INDICADOR DE IMPACTO CLIMÁTICO DEL FML

#### Observaciones preliminares

1. Tal como se pide en la decisión 57/53, este anexo al documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/59/51 incluye cuatro ejemplos para el uso del modelo de indicador.
2. Los ejemplos muestran los datos de entrada y los resultados del modelo. Los datos de entrada constan de datos que se han solicitado con proyectos de inversión y actividades de inversión anteriores en planes de eliminación y proyectos generales, así como nombre de la compañía, HCFC por sustituir, cantidad de unidades producidas, cantidad de HCFC utilizado, etc. La única información nueva es la proporción de exportaciones.
3. Los resultados consisten en dos conjuntos de información:
  - a) Uno es una lista de alternativas, en secuencia ascendente según el impacto climático, con información adicional acerca de la diferencia relativa en comparación con el HCFC por sustituir. En un proceso de adopción de decisiones, esta lista permitiría usar la tecnología que figure en el lugar más alto de la lista que siga siendo aplicable al problema. La Secretaría decidió continuar mostrando todas las tecnologías, incluso aunque no se pudiesen poner en práctica, a fin de evitar definir de manera arbitraria qué tecnologías pueden aplicarse o no; y
  - b) El segundo conjunto de información se relaciona con los resultados del cálculo de diversas alternativas que se pueden seleccionar en la entrada de datos. Para estas alternativas, se proporciona una mayor cantidad de datos para cada sustancia de alternativa considerada.
4. Los modelos tanto para refrigeración como para espumas dependen de los datos disponibles en los antecedentes y relacionados con la opción del país. Estos datos se refieren a la frecuencia de diferentes temperaturas en el país durante un año y el CO<sub>2</sub> emitido debido a la generación de electricidad.
5. Ambos modelos calculan el impacto climático de la cantidad de bienes fabricados en un año durante toda la vida útil de los bienes. Generalmente, se presupone que la sustancia no se recupera al final de la vida útil; estos supuestos se pueden actualizar a medida que continúen produciéndose adelantos respecto a la destrucción de las SAO.
6. Ambos modelos prevén la posibilidad de mejorar el producto fabricado, con el objetivo de disminuir su impacto climático. No se proporcionan ejemplos en el presente, pero se podría lograr una importante reducción en el impacto climático indirecto calculado. Las partes relacionadas de los cuadros de entrada están actualmente sombreadas.
7. Las tecnologías seleccionadas como “Refrigerante de alternativa” o “Agente espumante de alternativa” se seleccionaron aleatoriamente y no expresan ningún tipo de preferencia, sino que se citan a fin de explicar el modelo y sus resultados. Los nombres de compañías y supuestos también son ficticios.

**MODELO PARA REFRIGERACIÓN – EJEMPLO 1**

<b>Entrada</b>		
<b>Genérico</b>		
País	[-]	<b>Nigeria</b>
Datos de la compañía (nombre, lugar)	[-]	<b>Model C Inc., Abijian</b>
Seleccionar el tipo de sistema	[lista]	Enfriamiento comercial - montaje en fábrica
<b>Información general de refrigeración</b>		
HCFC por sustituir	[-]	HCFC-22
Cant. de refrigerante por unidad	[kg]	0.8
N° de unidades	[-]	9,000
Capacidad de refrigeración	[kW]	4
<b>Selección de alternativa con el impacto ambiental mínimo</b>		
Proporción de exportación (todos los países)	[%]	10
<b>Cálculo del impacto climático</b>		
Refrigerante de alternativa (puede ser más de uno)	[lista]	HFC-407C, HFC-134a
Si se desea una mejora técnica:		
Clasificación de eficiencia energética actual	[lista]	
Aumento de tamaño/valores de intercambiador de calor	[%]	
Aumento en calidad de compresor	[lista - %]	

**NOTA**

Todos los datos indicados son específicos para el caso investigado y no son genéricos respecto al rendimiento de una alternativa; el rendimiento puede tener grandes variaciones según el caso.

<b>Resultados</b>	<i>Nota: El resultado se calcula como el impacto climático de los sistemas de refrigerantes durante su vida útil, en comparación con el HCFC-22, sobre la base de la cantidad producida en un año. Pueden obtenerse resultados adicionales/diferentes</i>	
País	<b>Nigeria</b>	
<b>Identificación de la tecnología alternativa con el impacto climático mínimo</b>		
Lista de alternativas para identificar alternativa con impacto climático mínimo	[Lista ordenada, mejor = primer lugar (% desviación de HCFC)]	HC-600a (-6%) HC-290 (-2%) HFC-134a (-1%) <b>HCFC-22</b> HFC-407C (3%) HFC-410A (6%) HFC-404A (10%)
<b>Cálculo del impacto climático de la conversión</b>		
<b>Refrigerante de alternativa 1</b>		<b>HFC-407C</b>
Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv t CO2]	-94
Impacto indirecto (país)**	[equiv t CO2]	18,116
Impacto indirecto (fuera del país)**	[equiv t CO2]	1,068
Impacto indirecto total	[equiv t CO2]	19,184
<b>Impacto total</b>	<b>[equiv t CO2]</b>	<b>19,090</b>
<b>Refrigerante de alternativa 2</b>		<b>HFC-134a</b>
Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv t CO2]	-3,557
Impacto indirecto total (país)**	[equiv t CO2]	-4,192
Impacto indirecto total (fuera del país)**	[equiv t CO2]	-153
Impacto indirecto total**	[equiv t CO2]	-4,345
<b>Impacto total</b>	<b>[equiv t CO2]</b>	<b>-7,902</b>

\*Impacto directo: Diferente impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones relacionadas con la sustancia.

\*\*Impacto indirecto: Diferencia en impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones de CO2 relacionadas con el consumo energético cuando se genera electricidad.

MODELO PARA REFRIGERACIÓN – EJEMPLO 2

<b>Entrada</b>	<b>Genérico</b>	
	País	[-] Egipto
	Datos de la compañía (nombre, lugar)	[-] Model D Inc., Port Ghalib
	Seleccionar el tipo de sistema	[lista] Equipos de aire acondicionado - montaje en fábrica
	<b>Información general de refrigeración</b>	
	HCFC por sustituir	[-] HCFC-22
	Cant. de refrigerante por unidad	[kg] 2
	N° de unidades	[-] 80,000
	Capacidad de refrigeración	[kW] 10
	<b>Selección de alternativa con el impacto ambiental mínimo</b>	
	Proporción de exportación (todos los países)	[%] 40
	<b>Cálculo del impacto climático</b>	
	Refrigerante de alternativa (puede ser más de uno)	[lista] HFC-410A, HC-290
	Si se desea una mejora técnica:	
	Clasificación de eficiencia energética actual	[lista]
Aumento de tamaño/valores de intercambiador de calor	[%]	
Aumento en calidad de compresor	[lista - %]	

NOTA

Todos los datos indicados son específicos para el caso investigado y no son genéricos respecto al rendimiento de una alternativa; el rendimiento puede tener grandes variaciones según el caso.

<b>Resultados</b>	<i>Nota: El resultado se calcula como el impacto climático de los sistemas de refrigerantes durante su vida útil, en comparación con el HCFC-22, sobre la base de la cantidad producida en un año. Pueden obtenerse resultados adicionales/diferentes</i>	
	País	Egipto
	<b>Identificación de la tecnología alternativa con el impacto climático mínimo</b>	
	Lista de alternativas para identificar alternativa con impacto climático mínimo	[Lista ordenada, mejor = primer lugar (% desviación de HCFC)] HC-600a (-6%) HC-290 (-2%) HFC-134a (-1%) HFC-407C (0%) <b>HCFC-22</b> HFC-410A (12%) HFC-404A (75%)
	<b>Cálculo del impacto climático de la conversión</b>	
	<b>Refrigerante de alternativa 1</b> HFC-410A	
	Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv t CO2] 60,320
	Impacto indirecto (país)**	[equiv t CO2] 8,683
	Impacto indirecto (fuera del país)**	[equiv t CO2] 54,569
	Impacto indirecto total	[equiv t CO2] 63,252
	<b>Impacto total</b>	<b>[equiv t CO2] 123,572</b>
	<b>Refrigerante de alternativa 2</b> HC-290	
	Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv t CO2] -372,320
	Impacto indirecto total (país)**	[equiv t CO2] 1,072
	Impacto indirecto total (fuera del país)**	[equiv t CO2] 2,288
Impacto indirecto total**	[equiv t CO2] 3,360	
<b>Impacto total</b>	<b>[equiv t CO2] -368,960</b>	

\*Impacto directo: Diferente impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones relacionadas con la sustancia.

\*\*Impacto indirecto: Diferencia en impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones de CO2 relacionadas con el consumo energético cuando se genera electricidad.

### Resultados del cálculo – Modelo de refrigeración

8. El primer ejemplo seleccionado se relaciona con la refrigeración comercial, y una compañía ficticia en Nigeria. Se trataría de una instalación pequeña, que fabrica alrededor de 30 unidades por día, que podrían ser por ejemplo neveras conservadoras pequeñas para gaseosas. La segunda compañía, una compañía también ficticia de Egipto, produce 300 000 acondicionadores de aire por año.

9. El modelo calcula el consumo energético de los ciclos de refrigeración con cierto detalle. Comienza determinando ciertas características, tales como el tamaño del intercambiador de calor y el compresor, en el punto de diseño para el HCFC usado, seleccionados por el país. Para las alternativas, los intercambiadores de calor permanecen constantes, las dimensiones de los compresores se calculan según la tecnología de alternativa requerida y el punto de diseño, y se realiza un cálculo proporcionando el consumo energético; con el factor de conversión kWh/CO<sub>2</sub> específico de la electricidad del país, el consumo se convierte en consumo de CO<sub>2</sub>. Para la proporción de exportación en el cálculo del impacto de la conversión, se usa un patrón de clima medio mundial y un factor de conversión kWh/CO<sub>2</sub>. Los resultados, multiplicados por la cantidad de unidades restantes en el país o que se exportan, proporcionan el impacto climático indirecto.

10. El impacto climático de las diferentes soluciones no presenta grandes variaciones. El HC-600a es un candidato poco probable para esta aplicación por motivos puramente técnicos, al igual que el HFC-404A. La intención del modelo es que un fabricante analice posiblemente primero el HC-290 (propano) como una alternativa. Después de tomar en cuenta diversas cuestiones, tales como disponibilidad de componentes, y normas de seguridad para el equipo que pueden resultar más fáciles o difíciles de cumplir, el fabricante y el organismo pueden elegir este refrigerante, o pasar al refrigerante siguiente de la lista, etc. Es probable que el proceso real de selección de una alternativa no siga este ideal. Sin embargo, el Comité Ejecutivo podría proporcionar incentivos para seguir esta lista en la mayor medida posible; por ejemplo, imponiendo requisitos de documentación estrictos según en qué lugar de la lista se encuentre la solución seleccionada.

11. Si bien la lista anterior proporcionó datos cuantitativos basados en la comparación con los datos del HCFC, el impacto climático se calcula sobre la base de un incremento en comparación con el statu quo. En el ejemplo proporcionado, el HFC-407C tiene un consumo energético más elevado que el HFC-134a. La diferencia es relativamente pequeña; sin embargo, dado que el resultado muestra solamente el incremento en relación con el HCFC-22, la diferencia parece muy importante. No obstante, si se observa la “Lista de alternativas para identificar la alternativa con el impacto climático mínimo” anterior, se nota que tanto el HFC-134a como el HFC-407C se encuentran en una banda de +/-3 por ciento alrededor de la tecnología actual, es decir, el HCFC-22. Una banda de 3 por ciento se encuentra ligeramente por encima del nivel de insignificancia.

12. El caso del fabricante de acondicionadores de aire de Egipto presenta un resultado más sorprendente. La lista muestra diferencias muy importantes entre las diferentes alternativas. El motivo es el patrón de clima específico de Egipto, un país con un clima predominantemente mediterráneo, donde el período de funcionamiento anual de los equipos de aire acondicionado es moderado. En consecuencia, el consumo energético tiene un efecto menor en el impacto climático general, y el efecto directo del refrigerante se convierte en el factor determinante; esto se reduce en cierta medida en el cálculo del impacto climático tomando en cuenta la proporción de exportaciones, que da origen a más horas por año a temperaturas más elevadas.

**MODELO PARA ESPUMAS – EJEMPLO 1**

<b>Entrada</b>		
<b>Genérico</b>		
País	[-]	<b>Pakistán</b>
Datos de la compañía (nombre, lugar)	[-]	<b>Model A Inc., Islamabad</b>
Seleccionar el tipo de sistema	[lista]	Aislamiento general
<b>Información general de espumas</b>		
HCFC por sustituir	[-]	HCFC-141b
Tipo de producto	[-]	Thermoware
Cant. de espuma por unidad	[m3]	0.0235
Nº de unidades	[-]	1,000,000
<b>Selección de alternativa con el impacto ambiental mínimo</b>		
Proporción de exportación (todos los países)	[%]	0
<b>Cálculo del impacto climático</b>		
Agente espumante de alternativa (puede ser más de uno)	[lista]	CO2, HFC-245fa red
Si se desea una mejora técnica:		
Cambio en densidad	[kg/w3]	
En espacio aislado	[grados C]	
Espesor aislamiento actual	[mm]	
Espesor aislamiento nuevo	[mm]	

**NOTA**

Todos los datos indicados son específicos para el caso investigado y no son genéricos respecto al rendimiento de una alternativa; el rendimiento puede tener grandes variaciones según el caso.

<b>Resultados</b>		
País		<b>Pakistán</b>
<b>Identificación de la tecnología alternativa con el impacto climático mínimo</b>		
Lista de alternativas para identificar alternativa con impacto climático mínimo	[Lista ordenada por % desviación de línea de base]	CO2 (-100%) Pentano (-99%) HFC-245fa red (-19%) <b>HCFC-141b</b>
<b>Cálculo del impacto climático de la conversión</b>		
<b>Agente espumante de alternativa 1</b>		CO2
<i>Impacto directo total (post conversión – línea de base)*</i>	[equiv kg CO2]	-4,534
<i>Impacto indirecto (país)**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<i>Impacto indirecto (fuera del país)**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<i>Impacto indirecto total**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<b>Impacto total</b>	<b>[equiv kg CO2]</b>	<b>-4,534</b>
<b>Agente espumante de alternativa 2</b>		HFC -245
<i>Impacto directo total (post conversión – línea de base)*</i>	[equiv kg CO2]	-858
<i>Impacto indirecto total (país)**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<i>Impacto indirecto total (fuera del país)**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<i>Impacto indirecto total**</i>	[equiv kg CO2]	n.c.
<b>Impacto total</b>	<b>[equiv kg CO2]</b>	<b>-858</b>

\*Impacto directo: Diferente impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones relacionadas con la sustancia.

\*\*Impacto indirecto: Diferencia en impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones de CO2 relacionadas con el consumo energético cuando se genera electricidad.

### MODELO PARA ESPUMAS – EJEMPLO 2

<b>Entrada</b>	<b>Genérico</b>	
	País	[-] Chile
	Datos de la compañía (nombre, lugar)	[-] Model B Inc., Santiago
	Seleccionar el tipo de sistema	[lista] Refrigeradores
	<b>Información general de espumas</b>	
	HCFC por sustituir	[-] HCFC-141b
	Tipo de producto	[-] Refrigerador
	Cant. de espuma por unidad	[m3] 0.133
	N° de unidades	[-] 300,000
	<b>Selección de alternativa con el impacto ambiental mínimo</b>	
	Proporción de exportación (todos los países)	[%] 0
	<b>Cálculo del impacto climático</b>	
	Agente espumante de alternativa (puede ser más de uno)	[lista] HFC-245fa red, CO2
	Si se desea una mejora técnica:	
	Cambio en densidad	[kg/w3]
	En espacio aislado	[grados C]
	Espesor aislamiento actual	[mm]
	Espesor aislamiento nuevo	[mm]

#### NOTA

Todos los datos indicados son específicos para el caso investigado y no son genéricos respecto al rendimiento de una alternativa; el rendimiento puede tener grandes variaciones según el caso.

<b>Resultados</b>	País		Chile
	<b>Identificación de la tecnología alternativa con el impacto climático mínimo</b>		
	Lista de alternativas para identificar alternativa con impacto climático mínimo	[Lista ordenada por % desviación de línea de base]	Pentano (-52%) HFC-245fa red (-12%) CO2 (-35%) <b>HCFC-141b</b>
	<b>Cálculo del impacto climático de la conversión</b>		
	<b>Agente espumante de alternativa 1</b>		<b>HFC-245fa</b>
	Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv kg CO2]	-9,620
	Impacto indirecto (país)**	[equiv kg CO2]	-1,426
	Impacto indirecto (fuera del país)**	[equiv kg CO2]	0
	Impacto indirecto total**	[equiv kg CO2]	-1,426
	<b>Impacto total</b>	<b>[equiv kg CO2]</b>	<b>-11,046</b>
	<b>Agente espumante de alternativa 2</b>		<b>CO2</b>
	Impacto directo total (post conversión – línea de base)*	[equiv kg CO2]	-50,837
	Impacto indirecto total (país)**	[equiv kg CO2]	17,099
	Impacto indirecto total (fuera del país)**	[equiv kg CO2]	0
	Impacto indirecto total**	[equiv kg CO2]	17,099
	<b>Impacto total</b>	<b>[equiv kg CO2]</b>	<b>-33,738</b>

\*Impacto directo: Diferente impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones relacionadas con la sustancia.

\*\*Impacto indirecto: Diferencia en impacto entre la tecnología de alternativa y la tecnología de HCFC para las emisiones de CO2 relacionadas con el consumo energético cuando se genera electricidad.

Resultados del cálculo – Modelo de espumas

13. El primer ejemplo seleccionado se relaciona con el aislamiento en general, y una compañía ficticia en Pakistán. Produce un millón de unidades térmicas (*thermoware*); en este caso, pequeñas conservadoras para campamento. Una segunda compañía produce 300 000 refrigeradores en Chile, con aislamiento de espuma con HCFC-141b como agente espumante.

14. El modelo para espumas tiene un diseño muy similar al modelo para refrigeración. Esencialmente, se requiere el mismo tipo de datos como valores de entrada. El cálculo del impacto climático diferencia varios casos, pero lo más importante es que en algunos casos toma en cuenta las emisiones relacionadas con la energía, y en otros casos no. Si bien la espuma de poliuretano se usa a menudo para fines de aislamiento, no siempre resulta claro cómo se utiliza la espuma, y si resulta significativo para calcular el efecto en el consumo energético. Las unidades térmicas del primer ejemplo son una buena ilustración. Si bien la espuma se usa con fines de aislamiento, no habrá efecto en el consumo energético si el valor de aislamiento de la conservadora es ligeramente mejor o peor. En otros casos, el efecto producirá un cambio en el consumo energético, pero la cantidad de parámetros posibles, tales como fuente de energía u otras eficiencias, hará que resulte imposible determinar un valor para el consumo energético en un modelo teórico como éste.

15. En el ejemplo de las unidades térmicas, el impacto climático es solamente un cálculo basado en el PCA, tomando en cuenta qué proporción de agentes espumantes se usan en el equipo y multiplicando este valor por el PCA de la alternativa seleccionada; el resultado se compara con los valores para los HCFC. En el caso de los refrigeradores, el modelo para espumas usa el modelo para refrigeración para calcular un consumo energético para diferentes agentes espumantes, lo que arroja el componente de energía del impacto climático.

16. Al comparar ambos agentes espumantes para el cálculo del impacto climático para la fábrica de refrigeradores de Chile, resulta evidente que para el caso de Chile, que tiene un clima comparativamente moderado y bajas emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de electricidad generada, el consumo energético tiene un impacto climático relativamente bajo; de este modo, el agente espumante se convierte en la parte dominante del impacto climático, y el CO<sub>2</sub> como agente espumante, inclusive con una eficiencia energética deficiente del electrodoméstico, sigue ofreciendo el producto más respetuoso del ambiente.

-----