
El Protocolo de Montreal y las Espumas de Poliuretano (PU)

Miguel W. Quintero
Consultor del PNUD

Santiago, 19 de enero de 2023

HITOS HISTÓRICOS

- En 1974 Rowland & Molina demuestran la **relación del agotamiento de la capa de Ozono con los CFCs**
- En 1984/ 1985 el hueco de Ozono en la **Antártica** es descubierto
- En 1985 se adopta la **Convención de Viena** para la protección de la capa de Ozono
- En 1987 nace el **Protocolo de Montreal**
- En 2016 se aprueba **la Enmienda de Kigali**

¡Los 197 países del mundo han ratificado el Protocolo de Montreal!

Segmentos Industriales involucrados



Eliminación de CFC-HCFC - Legislación Global (1990)

- ✓ 1996 CFCs eliminados en los países desarrollados
- ✓ 2003 Reducción en el consumo de HCFCs
- ✓ 2010 Eliminación de CFCs en países en desarrollo
- ✓ 2016 Consumo de HCFCs congelado al nivel del 2015
- ✓ 2040 Total eliminación de los HCFCs

ESPUMA DE AISLAMIENTO TERMICO

- Refrigeración Doméstica
- Refrigeración Comercial (Botelleros, Vitrinas, etc.)
- Paneles Discontinuos
- Paneles Continuos
- Espuma en bloques
- Espuma en “Spray” y “PIP”

¡Pequeñas y Medianas
Empresas!

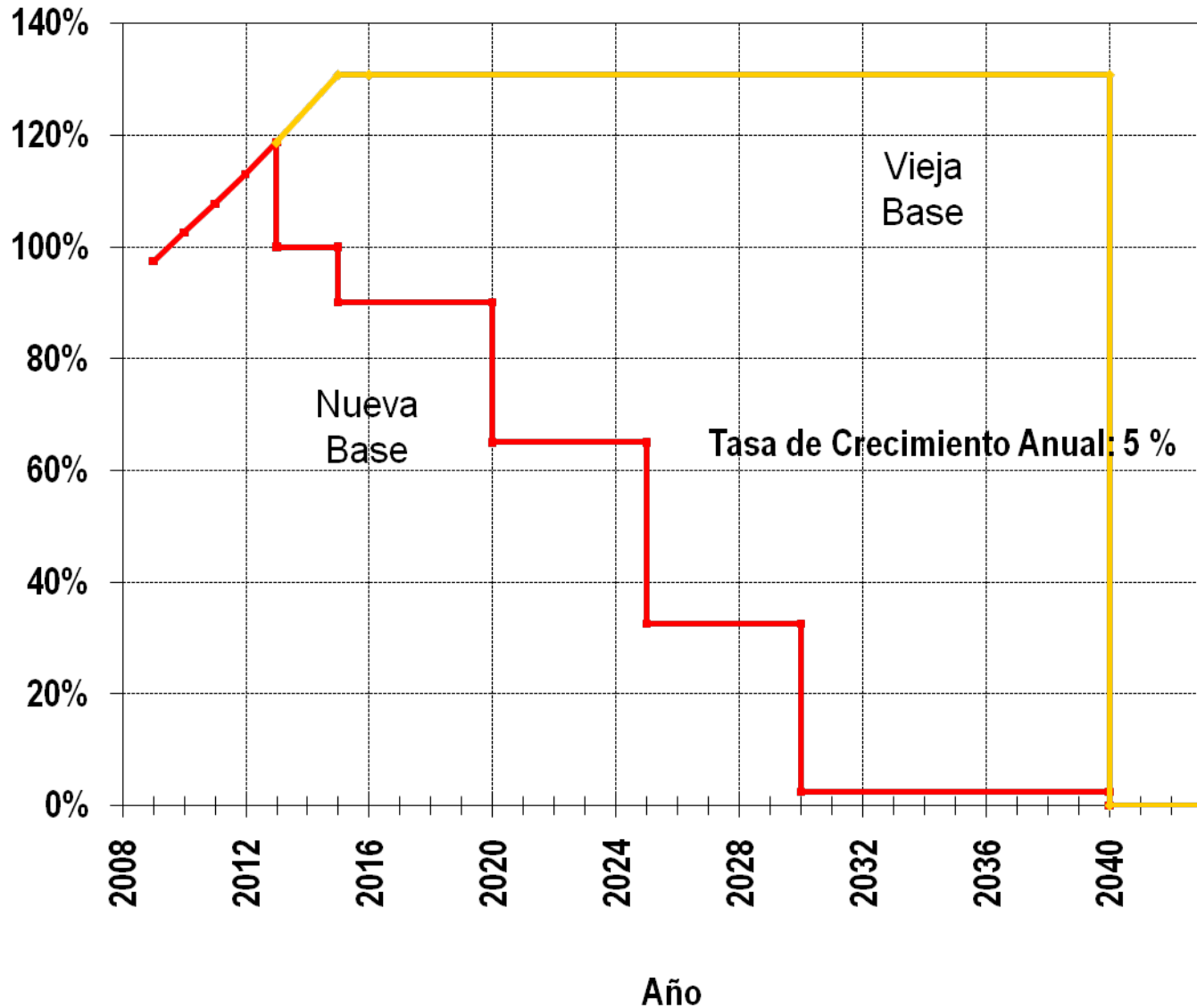


Espuma Rígida de Poliretano

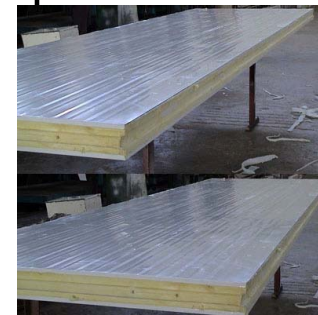
Celdas cerradas



Medidas de Control de HCFCs, Países Artículo 5



- **La espuma rígida de Poliuretano** es el sector de espuma que utiliza el mayor volumen de HCFCs
- Segmento crítico...**pequeñas y medianas empresas**
 - ✓ Dependientes de las **casas de sistemas**
 - ✓ Miles de “micro-empresas” (menos de 5 ton. de HCFC-141b por año) en países en vías de desarrollo
- El agente soplante es menos del 12% del peso total de espuma
 - ✓ Polioles, agentes tenso-activos, catalizadores...son críticos
 - ✓ **Función crucial de las casas de sistemas...Ellas son los “chefs”!**
 - ✓ No existe una correlación directa entre las propiedades del agente soplante y las de la espuma
 - ✓ **¡No existe un reemplazo “drop-in”!**



OPCIONES INFLAMABLES



	<i>Ciclo-Pentano</i>	<i>n-Pentano</i>	<i>Iso-Pentano</i>	<i>Formiato de Metilo</i>	<i>Metilal</i>
Fórmula	$(CH_2)_5$	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$	$CH_3(HCOO)$	$CH_3OCH_2OCH_3$
Peso Molecular	70,1	72,1	72,1	60	76,1
Punto Ebullición(° C)	49,3	36	28	31,5	42
Propiedades de la Espuma	Buenas	Buenas	Buenas	Aceptables	Aceptables
Límites de inflamabilidad (vol.%)	1,4 - 8,0	1,4 - 8,0	1,4 - 7,6	5,0 – 2,0	2,2 – 19,9
PCG (100 años)	<25*	<25*	<25*	“Cero”	“Cero”
Comentarios	Alto costo incremental de capital (CIC). Polioles con hidrocarburos pre-mezclados			Mezclas de polioles pueden “no ser inflamables”. Corrosión	Alto CIC, alto poder solvente

OPCIONES NO INFLAMABLES



	<i>CO₂ (water)</i>	<i>Opteon® 1100</i>	<i>Solstice™ Liquid BA</i>	<i>Forane™ 1233zd</i>
		1336mzz(Z)	1233zd(E)	1233zd(E)
Fórmula	CO ₂	Cis-CF ₃ -CH=CH-CF ₃	Trans-CICH=CH-CF ₃	Trans-CICH=CH-CF ₃
Peso Molecular	44	164	130,5	130,5
Punto Ebullición(° C)	Reacción in-situ	33	19	19
Propiedades de la Espuma	Aceptables	Muy buenas	Muy buenas	Muy buenas
PCG (100 años)	1	2	1	1
Comentarios	Altos CIO	Altos CIO, Disponibilidad Global		

Los HFCs saturados usados como Agentes Soplantes

alto potencial de calentamiento global...!

	HFC-245fa	HFC-365mfc/HFC-227ea (93/7)
Fórmula Química	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CHF}_2$	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CH}_3 / \text{CF}_3\text{CHF CF}_3$
Peso Molecular	134,0	149,4
Punto Ebullición, ° C	15,3	30
Cond. Term. Gas (mW/m.K)	12,0 (20° C)	10,7 (25° C)
Límit. Inflam. en aire (vol.%)	No	No punto de llama
PCG (100 años)	858	982

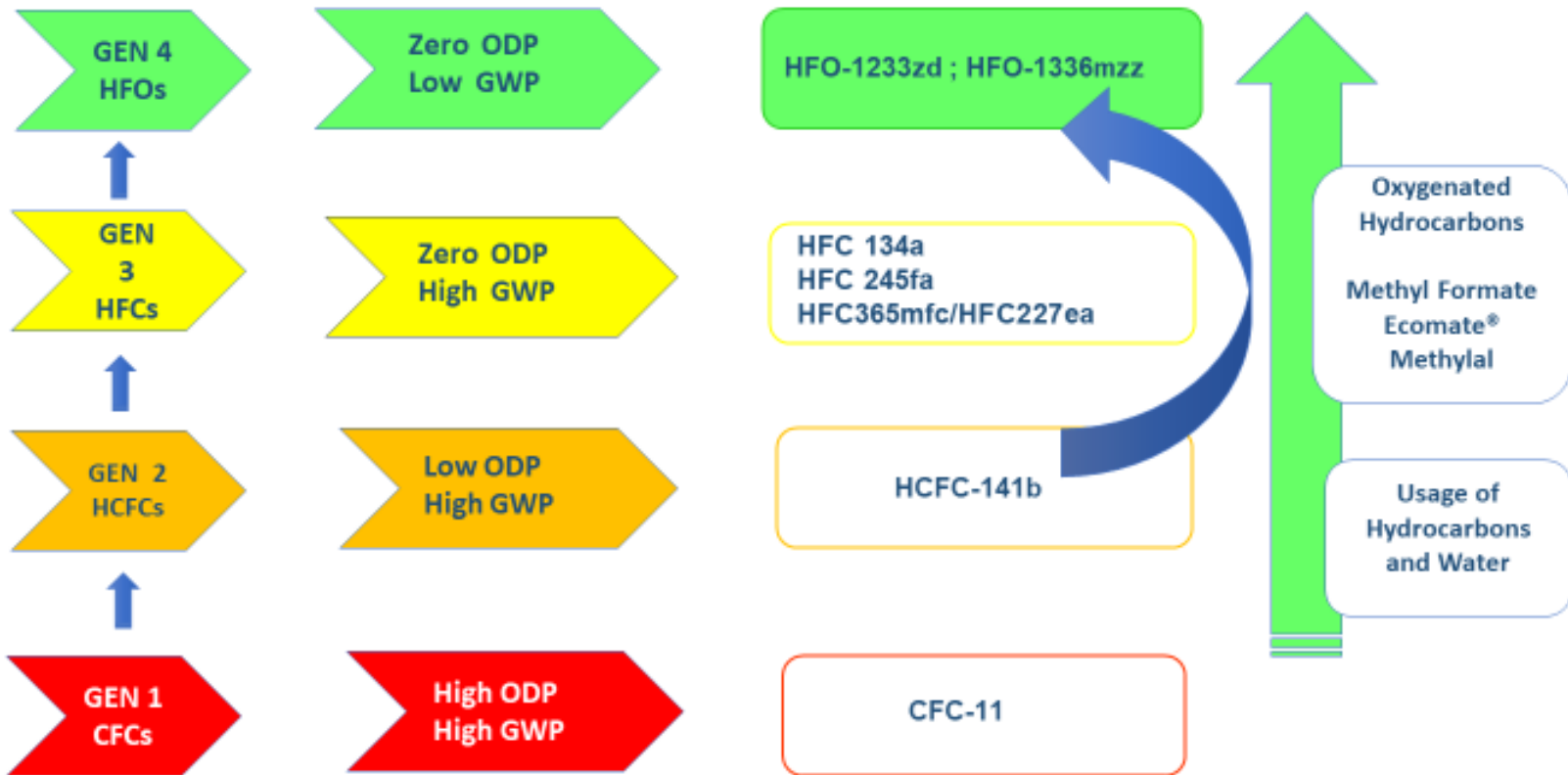
SITUACIÓN DE HFCs EN ESPUMAS

En **Estados Unidos** los HFCs cambiaron de status de “acceptables” a “inacceptables” en los años 2017 a 2020

En **Europa**:

- ✓ Prohibidos en refrigeradores desde 2015
- ✓ Prohibidos en todas las aplicaciones **desde enero/2023**
- ✓ En noviembre/2022 Solvay anuncia cierre de la planta de **HFC-365mfc/HFC 277ea**

Main blowing agents evolution – Polyurethane foam applications



ELIMINACION DEL HCFC-141b EN AMERICA LATINA

LAA Top 10 Economies	HCFC-141b Phase out dates *
Argentina	1 January 2022
Brazil	1 January 2020
Chile	1 January 2020
Colombia	1 January 2021
Dominican Republic	1 January 2017
Ecuador	1 January 2021
Guatemala	October 2020
Mexico	31 December 2016
Peru	1 January 2017
Venezuela	1 January 2020

Top 10 economies in LAA (Source IMF 2019- Alphabetical Order)

* MLF ExCom meetings

LOS AGENTES ESPUMANTES EN AMÉRICA LATINA

- Los sectores de alto consumo de HCFC-141b fueron convertidos a **hidrocarburos** (pentanos): Refrigeración, doméstica, paneles continuos, grandes empresas en refrigeración comercial y paneles discontinuos
- Uso limitado de **formiato de metilo** y **metilal**, particularmente en Brasil
- Uso muy limitado de **hidrocarburos premezclados** (México)
- Gran mayoría de pequeñas y medianas empresas (paneles discontinuos, refrigeración comercial, “spray”) convertidas a los **HFO** y a **agua**
- Conversión retardada por uso continuado de **HFCs** (HFC-365mfc) ...escasez de HFO (Brasil)...cierre de la planta de Solvay