



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

Distr.
Limitada

UNEP/OzL.Pro/ExCom/41/65
9 de diciembre de 2003



ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Cuadragésima Primera Reunión
Montreal, 17 al 19 de diciembre de 2003

**TECNOLOGÍA DE DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO (LCD) Y DIRECTRICES
PARA LOS PROYECTOS DE DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO SEGUIMIENTO A
LAS DECISIONES 39/52 B) Y 40/17 G)**

Este documento consta de:

- I. Informe sobre el estudio de seguimiento de la tecnología de dióxido de carbono líquido: Visitas en el terreno a empresas seleccionadas que están usando satisfactoriamente la tecnología de dióxido de carbono líquido en los países que operan al amparo del Artículo 5 (Decisión 39/52 b)).
- II. Informe sobre el estudio de seguimiento de la tecnología de dióxido de carbono líquido: Visitas en el terreno a empresas fabricantes de espumas con proyectos aprobados de dióxido de carbono líquido en Marruecos (Decisión 40/17 g)). (Se emitirá en forma separada como un agregado a este documento)

INFORME SOBRE EL ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO

I: VISITAS EN EL TERRENO A EMPRESAS SELECCIONADAS QUE ESTÁN USANDO SATISFACTORIAMENTE LA TECNOLOGÍA DE DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO EN LOS PAÍSES QUE OPERAN AL AMPARO DEL ARTÍCULO 5 (DECISIÓN 39/52 b))

RESUMEN DE CONCLUSIONES

1. El estudio que realizó la Secretaría cubrió siete proyectos de dióxido de carbono líquido para espumas terminados que habían sido identificados como casos exitosos de uso de la tecnología a partir de la evaluación inicial del informe sobre la tecnología de dióxido de carbono líquido y de los informes de terminación de proyectos. El representante de la Secretaría visitó cuatro de las siete empresas y recopiló información de otras tres empresas por medio de un cuestionario. Un informe del Banco Mundial sobre ensayos con dióxido de carbono líquido para proyectos en China agregó útil información a este ejercicio. Del estudio de la Secretaría se derivan las siguientes conclusiones:

- a) En cuatro de las siete empresas, la contribución de la tecnología de dióxido de carbono líquido a la producción de espumas en las empresas es inferior a 20%. (En dos de estos casos, no hay contribución alguna.) En las tres restantes, la contribución fue de alrededor de 30, 80 y 100%.
- b) La tecnología de dióxido de carbono líquido fue aprobada para su aplicación dentro del contexto del Fondo Multilateral principalmente para la fabricación de espumas de baja densidad. Sin embargo, se ha determinado que todas las empresas cubiertas por el estudio han tenido dificultades para usar el dióxido de carbono líquido para fabricar espumas con una densidad menor que 14 kg/m^3 . La capacidad de aplicación de la tecnología de dióxido de carbono líquido en la industria de fabricación de espumas en los países que operan al amparo del Artículo 5 es, por lo tanto, limitada dado que la mayor parte de las espumas producidas en los países que operan al amparo del Artículo 5 pertenecen a esta especificación.
- c) En comparación con el cloruro de metileno, la introducción del dióxido de carbono líquido tiende a requerir una gran cantidad de ensayos y procesos de prueba y, en consecuencia, un costo más alto para los ensayos debido al mayor plazo fuera de servicio de las plantas y el costo más alto de los materiales. Su capacidad de aplicación limitada da origen a procesos de producción cortos y un aumento en el costo de producción por unidad.
- d) La capacidad de retroadaptar satisfactoriamente las máquinas de producción de espumas existentes usando la tecnología de dióxido de carbono líquido predominante seleccionada en los proyectos aprobados varía de manera notable según el tipo de máquina de espuma que utiliza la empresa.

- e) Las dificultades para aplicar la tecnología observadas en la mayoría de los proyectos indican que no se ha probado completamente aún la madurez de la tecnología de dióxido de carbono líquido para su aplicación en el entorno industrial y de mercado de los países que operan al amparo del Artículo 5. Su aplicación en los países que operan al amparo del Artículo 5 parece requerir actualmente un apoyo técnico continuo de parte de los proveedores de la tecnología después de la puesta en marcha de los equipos y de que los organismos de ejecución han terminado el proyecto. La medida en que se puede contemplar este apoyo continuo en los arreglos contractuales de los proyectos aprobados, por ejemplo, a través de una garantía, no está clara.
- f) Sin financiación adicional del Fondo Multilateral, dicho apoyo debe ser brindado por el proveedor de equipos y por el PNUD para algunos de los proyectos en Marruecos, que están sujetos a los mismos problemas técnicos. Puede ser necesario hacer arreglos de la misma naturaleza en relación con los proyectos de dióxido de carbono líquido de otros países que aún no se han terminado de manera satisfactoria.
- g) Todos los proyectos futuros para la tecnología de dióxido de carbono líquido se deberían desarrollar considerando cabalmente lo siguiente:
 - i) la capacidad de la tecnología de dióxido de carbono líquido de producir las calidades de espuma específicas fabricadas por la empresa;
 - ii) la compatibilidad entre los equipos provistos por el proveedor de tecnología de dióxido de carbono líquido y el equipo ya instalado en la empresa;
 - iii) la necesidad de apoyo técnico a largo plazo más allá de la fecha de terminación del proyecto actualmente definida; y
 - iv) considerando estas restricciones técnicas, la capacidad de la tecnología de dióxido de carbono líquido de contribuir a reducir el consumo de CFC-11 lo suficientemente pronto como para cumplir con los calendarios indicados en los planes de eliminación de CFC nacionales pertinentes.

INFORMACIÓN DE ANTECEDENTES

1. En la 39ª Reunión se presentó al Comité Ejecutivo el estudio sobre la tecnología de dióxido de carbono líquido y directrices para los proyectos de dióxido de carbono líquido. La principal conclusión del informe fue que la tecnología de dióxido de carbono líquido había logrado un éxito limitado en los países que operan al amparo del Artículo 5 y que la mayoría de 21 de las 60 empresas en las que se habían puesto en marcha sistemas dióxido de carbono líquido y que los organismos de ejecución habían informado como terminados no había convertido satisfactoriamente su producción de espumas a la tecnología de dióxido de carbono líquido y estaban usando cloruro de metileno en lugar de dióxido de carbono líquido como agente espumante. Resultó evidente que las empresas no podían sostener la conversión a la nueva tecnología de dióxido de carbono líquido, lo que dio origen a la conclusión de que la gran inversión del Fondo Multilateral en la tecnología no ha resultado rentable.

2. Como resultado de las deliberaciones acerca del informe, el Comité Ejecutivo decidió:

“Pedir a la Secretaría que emprenda unas pocas visitas a emplazamientos de las empresas que estaban aplicando con éxito la tecnología dióxido de carbono líquido en países del Artículo 5 y presente a la 41ª reunión información adicional pertinente;

Denegar la aprobación de cualesquiera proyectos futuros en los que se utilice la tecnología dióxido de carbono líquido en espera de que se considere la información a que hace referencia el inciso b) precedente.”

METODOLOGÍA

3. Antes de emprender las visitas en el terreno a empresas en los países que operan al amparo del Artículo 5, se examinaron nuevamente las secciones pertinentes del estudio sobre la tecnología de dióxido de carbono líquido y las directrices para los proyectos de conversión a la tecnología de dióxido de carbono líquido, las secciones pertinentes del informe de evaluación del sector de espumas, así como los informes de terminación de proyectos comunicados por los organismos de ejecución. Se examinaron los documentos de proyecto de las empresas seleccionadas a fin de evaluar las condiciones básicas antes de la ejecución del proyecto. Además, se analizaron muestras de órdenes de compra e Informes de análisis de ofertas a efectos de lograr comprender cuál era la base para la elección de los equipos y el nivel de participación financiera de las compañías en la ejecución de sus proyectos. También se pidió a los organismos de ejecución que proporcionaran la información más actualizada, cuando estuviera disponible, acerca de los proyectos de dióxido de carbono líquido terminados después de la presentación del informe del consultor sobre la tecnología de dióxido de carbono líquido. El PNUD y la ONUDI respondieron, pero no proporcionaron nueva información; no obstante, el PNUD había proporcionado anteriormente, en sus comentarios al informe del consultor, información exhaustiva sobre el éxito logrado en sus proyectos en Argentina y Brasil. La ONUDI afirmó que los tres proveedores de tecnología de dióxido de carbono líquido habían realizado los esfuerzos necesarios para adaptar la calidad de la tecnología con dióxido de carbono como agente espumante a los requisitos de los mercados de los países en desarrollo y, por lo tanto, los

proyectos terminados recientemente se podían considerar más exitosos que los primeros proyectos de dióxido de carbono líquido. La ONUDI también indicó que, normalmente, al producirse el cierre financiero de los proyectos y la presentación del informe de terminación de proyectos con certificados de destrucción adjuntos, los organismos de ejecución no continúan supervisando el funcionamiento de las plantas. No se recibieron respuestas del Banco Mundial y GTZ (Organismo de Cooperación Técnica).

4. Según los exámenes y la información actualizada proporcionada por el PNUD, ocho de las 21 empresas cuyos proyectos se habían informado como terminados se identificaron como empresas que era probable que hicieran un uso satisfactorio de la tecnología de dióxido de carbono líquido. La evaluación se realizó de acuerdo con los siguientes criterios:

- El organismo de ejecución pertinente había informado que el proyecto se había terminado.
- El organismo de ejecución había presentado el informe de terminación de proyecto.
- La producción comercial (en forma continua) de por lo menos una calidad de espuma con dióxido de carbono líquido en la empresa parece probable o se ha informado en el informe sobre espumas u otros informes.

5. El examen más detallado de las empresas identificadas según las comunicaciones con las dependencias del ozono y algunas de las empresas, cuando fue posible, redujeron la cantidad de empresas a ser visitadas a seis, cuatro en Argentina, una en Brasil y una en Macedonia. Debido a dificultades de programación, no se pudo visitar la empresa de Macedonia, mientras que se eliminó la visita a la empresa de Brasil, que utilizaba tecnología y equipos similares y cuyo proyecto había sido ejecutado por el mismo organismo de ejecución (PNUD) que los proyectos ejecutados en Argentina, como medida para ahorrar costos y tiempo.

6. Se remitió a las empresas a ser visitadas en Argentina una versión modificada del cuestionario utilizado para el estudio anterior. Tres de las cuatro empresas completaron y devolvieron el cuestionario. No se recibió ninguna respuesta de la cuarta empresa (Suavestar). El cuestionario constituyó la base para las deliberaciones con la gerencia durante las visitas. También se proporcionaron cuestionarios a las restantes empresas de Macedonia y Turquía que no se visitaron, a modo de información adicional (véase la Tabla 6). Las tres compañías, de las cuales dos recibieron una unidad de dióxido de carbono líquido Beamech y una recibió una unidad Hennecke, proporcionaron respuestas o información acerca de la situación del uso de sus equipos de dióxido de carbono líquido.

7. A continuación se listan las empresas que se visitaron en la Argentina. El Oficial superior de gestión de proyectos para los proyectos del sector de espumas realizó las visitas en el terreno a las empresas entre el 17 y el 19 de septiembre de 2003. Durante las visitas, fue acompañado por un oficial de la dependencia nacional del ozono (OPROZ) y el consultor local del PNUD. Cada visita comprendió las siguientes actividades:

- Inspección de las instalaciones de la planta, con especial atención a las instalaciones de dióxido de carbono líquido.
- Inspección de las instalaciones de almacenaje de productos químicos y materia prima.

- Observación de la producción de espumas realizada, cuando fuera posible.
- Inspección de las existencias de espumas producidas.
- Deliberaciones con la gerencia.

Lista de empresas de espumas visitadas en la Argentina

Empresa	Lugar	Fecha de la visita
Limansky	Rafaela, Santa Fe	17 de septiembre de 2003
Simmons de Argentina S.A.I.C. (Belmo) (Buenos Aires)	Buenos Aires	18 De septiembre de 2003
Piero	Buenos Aires	19 de septiembre de 2003
Suavestar	Buenos Aires	19 de septiembre de 2003

8. Después de las visitas a las empresas, se realizó una reunión en la dependencia nacional del ozono (OPROZ) en la que se discutieron cuestiones pertinentes relativas a la ejecución del proyecto.

HALLAZGOS

9. Las Tablas 1 a 5 proporcionan un resumen de los hallazgos del estudio de seguimiento. Además de las compañías de Argentina, estos hallazgos cubren el uso de la tecnología de dióxido de carbono líquido en otras tres compañías de Macedonia y Turquía.

Antecedentes de las empresas

10. Todas las compañías usan una línea de espumas única. Piero utilizaba anteriormente una segunda línea para bloques redondos pero, como parte del proyecto, ésta fue puesta fuera de servicio y reemplazada por una máquina peladora de bloques que se usa para pelar bloques cuadrados para obtener las planchas que antes se obtenían de los bloques redondos. Las compañías Limansky y Simmons de Argentina utilizan máquinas Maxfoam de baja presión de Cannon Viking, mientras que las compañías Piero y Suavestar utilizan máquinas de alta presión UBT de Hennecke UBT (Piero y Suavestar ahora pertenecen al mismo grupo de compañías). En 2002, la producción de espumas en las cuatro empresas varió entre 1 200 y más de 1 700 toneladas. Al momento de la preparación de los proyectos de dióxido de carbono líquido para estas compañías en 1996, todas producían espumas con densidades entre 15 y 65 kg/m³, con calidades de baja densidad “estándar” con densidades de entre 15 y 22 kg/m³. Actualmente, como resultado de las dificultades económicas, se informa que la demanda ha cambiado a espumas de densidades menores que 15 kg/m³. Por lo tanto, para todas las empresas que actualmente se encuentran en producción, las espumas de densidades entre 10 y 14 kg/m³, comunes en la mayoría de los países en desarrollo, se han convertido en una parte sustancial de su producción.

11. Todas las empresas cuentan con instalaciones para fabricar colchones. Por lo tanto, parte de la espuma producida en cada empresa se fabrica en forma interna, mientras que una parte se vende en forma de bloques o planchas a otros usuarios. Una compañía vende hasta 50% de su producción en forma de bloques. Otra compañía exporta espuma a países vecinos (Brasil, Chile y Uruguay). El alcance de la exportación o venta a otros fabricantes y usuarios de la espuma producida parece haber influido en el nivel de uso de CO₂ líquido como agente espumante. Las espumas utilizadas en forma interna para fabricar productos tales como colchones de resortes, en los que los defectos tales como orificios, cubierta superior y otros defectos no tendrían un impacto importante en la calidad del producto final, se producen con dióxido de carbono líquido como agente espumante. Todas las espumas utilizadas para productos en los que las características intrínsecas de la espuma de dióxido de carbono líquido, tales como la suavidad, podrían ser una ventaja, se podrían producir con dióxido de carbono líquido como agente espumante. Sin embargo, las espumas que deben ser cortadas o peladas para obtener planchas, o se utilizan para la producción de productos en los que la estructura celular uniforme o la estética del producto cumplen una función importante, se producen exclusivamente con cloruro de metileno como agente espumante.

Elección de la tecnología

12. Los informes de análisis de ofertas realizados por los expertos en espumas del PNUD mostraron que, a ese momento, había sólo cuatro potenciales fabricantes de equipos, a saber Beamech, Cannon, Hennecke y Laader Berg, que podrían proporcionar equipos y tecnología de dióxido de carbono líquido. De estas cuatro compañías, sólo Cannon y Beamech presentaron ofertas para los proyectos. De estos dos proveedores, la oferta de Cannon's se consideró la más calificada por diversos motivos, entre los cuales se encontraba que Cannon tenía más experiencia con su tecnología Cardio, que ya se había utilizado en diversas compañías fabricantes de espumas de Europa y Estados Unidos para fabricar espumas; la tecnología Cardio podría producir espumas con una densidad mínima de 10 kg/m³ mientras que la tecnología de CO₂ Beamech podría ofrecer una densidad mínima de 14 kg/m³; la tecnología Cardio contaba con capacidad para procesar polioles polímeros, mientras que la tecnología de CO₂ no podía procesarlos, y que la tecnología Cardio podía procesar fórmulas que incluyen rellenos de carbonato de calcio, mientras que la tecnología de CO₂ no podía procesarlos. Estas características específicas y la competitividad de la tecnología Cardio parecieron ser el factor decisivo de la elección de la tecnología Cardio de parte del PNUD. Además de la información presentada en el informe de análisis de ofertas, algunas de las compañías visitaron por sí mismas las instalaciones de los proveedores de tecnología y recorrieron plantas de fabricación de espumas que utilizaban la tecnología de dióxido de carbono líquido en Europa.

Ejecución de los proyectos y aplicación de la tecnología de dióxido de carbono líquido en Argentina

13. Cannon Viking proporcionó los equipos de dióxido de carbono líquido para los proyectos de todos los fabricantes de espumas flexibles en planchas continuas (ocho compañías, cuatro de las cuales producen actualmente) de conformidad con los informes de análisis de ofertas. Por lo tanto, se retroadaptaron las máquinas existentes de todas las compañías de Argentina a las que se brindó apoyo para la conversión a la tecnología de dióxido de carbono con el sistema Cardio de

Cannon. La retroadaptación de las compañías que utilizaban máquinas Maxfoam de baja presión fue indirecta, mientras que la de aquellas que utilizan máquinas de alta presión fue una retroadaptación directa.

14. Según la información proporcionada por las compañías, la entrega de todos los equipos y piezas necesarias de la unidad Cardio (de dióxido de carbono líquido) fueron recibidas en todas las plantas como un paquete, y para aquellas compañías que utilizaban máquinas Maxfoam en sus equipos básicos, la retroadaptación con las unidades Cardio y los ensayos y la puesta en marcha de las máquinas de espumas equipadas con el sistema Cardio habían sido satisfactorios y había sufrido pocas demoras. Si bien el informe de terminación de proyectos indicó demoras debidas en parte al retraso del proveedor, lo que a su vez, demoró la entrega de los equipos, el plazo de entrega de los equipos fue generalmente aceptable desde el punto de vista de las empresas.

15. Se realizaron ensayos para espumas con densidades entre 15 y 22 kg/m³. Esto es similar a los ensayos y la puesta en marcha realizados por Cannon entre abril de 1995 y julio de 1996 en nueve plantas de Europa y América del Norte (EE.UU.) Se realizaron ensayos para las tres primeras calidades estándar de espuma, que se encontraban dentro de la gama de densidades utilizada en la Argentina (entre 15 y 22 kg/m³). En seis plantas, la terminación de los ensayos y la puesta en marcha requirió entre 12 y 20 días (con un promedio de 15 días), mientras que en otras tres plantas requirió entre 30 y 69 días. Cannon informó que las visitas técnicas subsiguientes a las plantas demostraron que las compañías habían convertido otras calidades a la tecnología Cardio. También informó que seis meses después de la puesta en marcha, nueve compañías producían entre 20 y 80 por ciento (un promedio de 43 por ciento) de su producción total con la tecnología Cardio.

16. Como se ilustra en la Tabla 2, en Limansky y Simmons, las dos compañías que utilizan máquinas Maxfoam, la terminación de la retroadaptación al equipo de dióxido de carbono líquido demoró alrededor de 15 y 16 meses después de la aprobación de los proyectos, mientras que los ensayos requirieron 1 ó 2 meses después de la instalación de los equipos. La producción de espumas con dióxido de carbono líquido a escala comercial demoró entre 16 y 18 meses después de la aprobación del proyecto. Sin embargo, la compañía Piero, que utiliza una máquina de espuma UBT de Hennecke, tuvo problemas mecánicos y eléctricos importantes cuando intentó convertir la máquina con el sistema de Cannon. Estos ocasionaron dos ensayos de puesta en marcha fallidos en 1998 y 1999. El resultado de los ensayos era la producción de una espuma de estructura no homogénea y calidad no uniforme. Después del segundo ensayo de puesta en marcha fallido, se realizaron algunos cambios en el equipo que redujeron los problemas mecánicos. En el tercer ensayo de puesta en marcha, se continuaban produciendo espumas de calidad inaceptable, lo que requirió más cambios mecánicos. La puesta en marcha definitiva se realizó en septiembre de 2001. Desde entonces, la compañía ha estado trabajando con sus fórmulas, a fin de lograr uniformidad en la calidad de la espuma producida con dióxido de carbono líquido, es decir, espumas de densidades entre 15 y 18 kg/m³. No ha logrado producir espumas con densidades inferiores a 15 kg/m³.

17. Por lo tanto, Piero demoró 3 años y 3 meses en realizar ensayos satisfactorios, y casi 4 años en desarrollar una unidad de producción con dióxido de carbono líquido funcional y para comenzar la producción de espumas con dióxido de carbono líquido como agente espumante a

escala comercial. Por este motivo, la compañía tomó la decisión estratégica de demorar la ejecución de la conversión a dióxido de carbono líquido en Suavestar, una compañía que ahora pertenece al mismo grupo que Piero, a fin de aprender de la experiencia de Piero y evitar ensayos costosos.

Calidad del producto

18. Ninguna de las empresas visitadas expresó su total satisfacción con la calidad de la espuma con dióxido de carbono líquido. Algunos de los problemas de calidad mencionados fueron pequeños orificios y rajaduras en la espuma, una mayor estructura celular y mayor deformación remanente por compresión. Estos problemas dan origen a un mayor índice de desechos y, en consecuencia, aumentan los costos de producción. Cuanto más corta es la duración del proceso, más alto es el índice de desechos. Sin embargo, algunas compañías informaron que, con el correr del tiempo, algunos defectos tales como rajaduras son cada vez menos frecuentes, aunque siguen siendo importantes para algunas aplicaciones.

Limitaciones de la tecnología de dióxido de carbono líquido

19. La principal limitación es que, actualmente, la eficacia de la producción con dióxido de carbono líquido se limita a espumas con densidades entre 14 y 22 kg/m³. Como se puede observar en la Tabla 3, todas las compañías que han logrado usar con diferentes grados de éxito el dióxido de carbono líquido sólo pueden producir espumas con densidades de 14 kg/m³ o mayores. Una de las empresas indicó que el mejor rendimiento de la tecnología se encuentra en la gama de densidades de 15 a 18 kg/m³; a densidades más altas que 22 kg/m³ el resultado es deficiente, mientras que a densidades menores que 13 kg/m³ existe un riesgo grave de incendio. Algunas empresas intentaron realizar ensayos limitados para la producción de espumas de una densidad de 10 kg/m³, pero determinaron que resultaba imposible.

20. Desde una perspectiva comercial, la necesidad de contar con espumas duras de baja densidad hace que el uso de dióxido de carbono líquido resulte más complejo y costoso y, por lo tanto, menos atractivo en una situación en la que hay disponible una alternativa más simple, como el cloruro de metileno, para el uso con los equipos existentes, a pesar de las desventajas respecto de la salud ocupacional. Para las compañías que usan equipos como la máquina UBT de Hennecke existió además la limitación adicional de la incapacidad de cambiar la fórmula durante la producción. Todo cambio en la densidad mientras se estaba procesando espuma en este equipo requería un cambio en la configuración del equipo que obligaba a detener la producción, con las consecuentes demoras en la entrega del producto y un aumento del índice de desechos. Según la opinión de las compañías, la tecnología Cardio no había sido aparentemente diseñada y probada en una máquina UBT antes de la provisión a compañías que utilizan dichas máquinas.

Desarrollo de la tecnología de dióxido de carbono líquido

21. Las compañías consideraron que la tecnología se encuentra aún en proceso de desarrollo y esperaban que los proveedores continuaran su desarrollo y transmitieran la información sobre mejoras a sus clientes. Asimismo, están trabajando para mejorar la producción con la nueva tecnología y reducir los desechos. Sin embargo, no parece haber los incentivos o los recursos

adecuados para que las compañías desarrollen el proceso para superar las principales limitaciones de producción de las espumas duras de baja densidad utilizadas comúnmente en los países que operan al amparo del Artículo 5, y de las cuales depende la viabilidad comercial de algunas empresas productoras de espumas.

22. En vista de la necesidad de usar sustancias químicas adicionales y de los procesos generalmente más cortos de la espuma con dióxido de carbono líquido debido a sus usos limitados, se informó que los costos de producción eran más altos que con cloruro de metileno, que a su vez se informa que ofrece costos de producción más bajos que los CFC. Por lo tanto, el incentivo para desarrollar y ampliar el uso del dióxido de carbono líquido se ve disminuido.

Aplicación de la tecnología de dióxido de carbono líquido en la Antigua República Yugoslava de Macedonia y Turquía

23. Como se mencionó anteriormente, además de las visitas en el terreno, se solicitó a tres compañías, una de la Antigua República Yugoslava de Macedonia (Sileks) y dos de Turquía (Safas y Urosan Kimiya), que el informe de evaluación de proyectos de espumas identificó como empresas que estaban usando la tecnología de dióxido de carbono líquido, que proporcionaran una actualización de la aplicación de la tecnología en sus plantas por medio de cuestionarios. Se recibieron respuestas con datos de Sileks y Urosan Kimiya, mientras que se recibió un informe descriptivo de Safas.

24. La información recibida de estas tres compañías se puede resumir como sigue:

Sileks

- Si bien su producción ha disminuido drásticamente debido a motivos económicos, usa exclusivamente dióxido de carbono líquido para la producción de espumas de baja densidad dentro de una gama de 14 a 20 kg/m³.
- A diferencia de otras compañías que producen espumas de baja densidad que requieren el agregado de un polioliol polímero al polioliol convencional, Sileks utiliza sólo polioliol convencional.
- Se informó que sus costos medios de producción de espumas con dióxido de carbono fueron ligeramente más bajos que para la espuma con CFC.

Safas

- La compañía ya no usa la tecnología de dióxido de carbono líquido porque determinó que no resulta aceptable para producir las espumas de baja densidad y suaves de alta densidad que requiere.
- La compañía no logró sostener un proceso de producción de espumas con dióxido de carbono líquido durante más de 20 minutos, lo que no se considera una producción a escala comercial.

- La producción con equipos de dióxido de carbono líquido resultaba ineficiente y el mantenimiento después de cada proceso era costoso y requería demasiado tiempo.
- La calidad de la espuma no resultaba aceptable.
- La compañía incurrió en pérdidas y su espuma de baja densidad se tornó menos competitiva en el mercado.
- Como resultado de los problemas técnicos y comerciales, la compañía tomó la decisión estratégica de producir sólo espumas de alta densidad que no requieren un agente espumante auxiliar y de producir espuma suave de alta densidad mediante el uso de aditivos suavizantes.

Urosan Kimiya

- La compañía ha enfrentado dificultades técnicas que el proveedor de la tecnología (Beamech) no ha rectificado.
- La producción de espuma de baja densidad con cloruro de metileno es económica y la tecnología es simple, lo que le brinda una ventaja competitiva respecto del uso de dióxido de carbono líquido.
- Mientras que el cloruro de metileno continúe estando disponible y el proveedor de la tecnología no encuentre soluciones a los problemas tecnológicos relacionados con los equipos y procesos de dióxido de carbono líquido, no habrá un incentivo para que la compañía no use cloruro de metileno.
- La compañía ha dejado de usar dióxido de carbono líquido como agente espumante y está usando y continuará usando cloruro de metileno exclusivamente como agente espumante para sus espumas de baja densidad.

Éxito de la tecnología de dióxido de carbono líquido

25. La Tabla 3 muestra que entre 2 y 60% de las espumas producidas por las compañías se produce con dióxido de carbono líquido, mientras que las Tablas 4 y 5 indican el alcance del uso de dióxido de carbono líquido como agente espumante para la producción de espumas de baja densidad y suaves de alta densidad en las empresas comprendidas en la muestra. Como se indica en la Tabla 3, de todas las compañías analizadas hasta ahora, Sileks es la única que ha podido usar exclusivamente dióxido de carbono líquido como agente espumante para la producción de todas sus espumas de baja densidad.

EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO PARA ESPUMAS EN CHINA

26. Mientras se preparaba este informe, la Secretaría recibió un informe del Banco Mundial acerca del proyecto de Huangzhou Huangfa Co., aprobado en la 28ª Reunión en julio de 1999,

así como un informe de las visitas del Banco Mundial a las plantas de Huangzhan y otras cuatro compañías de China durante los ensayos con equipos de dióxido de carbono líquido. En vista de la relevancia de la información proporcionada por el Banco Mundial, se hicieron esfuerzos para reflejar la información en este informe. A continuación se presenta un resumen del informe proporcionado por el Banco Mundial respecto de los proyectos:

Changzhou Huangfa

27. El proyecto fue aprobado en la 28ª Reunión, en marzo de 1999. La instalación de los equipos de dióxido de carbono líquido se terminó en noviembre de 2002 y se realizaron dos ensayos de proceso en noviembre de 2002 y marzo de 2003 respectivamente. La empresa señaló que los procesos de ensayo no fueron satisfactorios, especialmente para densidades de espuma menores que 12 kg/m^3 . La cantidad de sustancias químicas utilizadas durante el proceso de ensayo fue tres veces más alta que la que se había acordado en las especificaciones técnicas de los equipos de dióxido de carbono líquido. Durante los ensayos realizados en marzo, se realizaron 15 procesos a una densidad de 17 kg/m^3 en los que se consumieron 16,20 toneladas de materia prima. Los ingenieros de Hennecke establecieron la densidad de 17 kg/m^3 como límite técnico para el dióxido de carbono líquido. La compañía no ha podido tampoco lograr un cambio de densidad rápido. Esto ha llevado a una disputa entre la empresa y el proveedor. El Banco Mundial ha instado a ambas partes a examinar el contrato con el organismo a cargo de las adquisiciones, a determinar las deficiencias técnicas, si las hubiera, y a resolver la cuestión tan pronto como sea posible a fin de permitir la terminación del proyecto.

Huojia Xinyuan

28. El proyecto fue aprobado en marzo de 1999 y, al momento en que se realizó la visita de inspección del Banco Mundial, el proyecto tenía los equipos de dióxido de carbono líquido instalados y había completado los ensayos de producción de productos de espumas. Tanto el proveedor como las empresas estaban satisfechos con la tecnología y los productos que producía.

Nanjing Jinling

29. Si bien fue incluido en el informe de inspección del Banco Mundial, se trata de un proyecto ejecutado por el PNUD. El proyecto fue aprobado en la 25ª Reunión en julio de 1998. La instalación de los equipos de dióxido de carbono líquido comenzó en febrero de 2001 y se completó en diciembre del mismo año. Entre el 18 de abril y el 20 de mayo de 2002, se realizaron un total de 17 procesos de prueba y se utilizaron casi 50 000 \$EUA de materia prima. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios y la empresa se había quedado sin capital para continuar con los ensayos. La empresa llegó a la conclusión de que la tecnología de dióxido de carbono líquido no podría funcionar normalmente en sus equipos de producción de espumas.

CUESTIONES RELACIONADAS CON LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS

Apoyo técnico continuo de los proveedores después de la puesta en marcha de los equipos

30. El estudio anterior sobre la tecnología de dióxido de carbono líquido, así como las visitas de la Secretaría a las empresas con proyectos terminados, han confirmado la importancia de desarrollar la fórmula química adecuada para la espuma durante la ejecución de los proyectos de dióxido de carbono líquido. En los países desarrollados, las tres calidades de espuma con las que se realizan normalmente los ensayos y la puesta en marcha son las calidades comerciales más destacadas. En los países que operan al amparo del Artículo 5, no obstante, como lo demuestra este estudio, los ensayos de puesta en marcha no cubren una parte importante de las calidades de espuma comercial producidas por las compañías. Las calidades que no se cubren son aquellas que son más difíciles de producir con la tecnología de dióxido de carbono líquido. Por lo tanto, el plazo para la conversión más exigente a calidades de más baja densidad se extiende mucho más allá de la fecha de terminación de proyecto certificada, momento en el que ya ha cesado la participación del organismo de ejecución.

31. Desde este punto en adelante, sin otra supervisión y/o asistencia, es probable que las compañías abandonen la tecnología si la fórmula se torna dificultosa desde el punto de vista técnico o financieramente prohibitiva. Además, los estudios y la información de China demuestran que en vista del precio favorable del cloruro de metileno en comparación con el CFC-11, la simplicidad tecnológica de la producción con este agente espumante y las propiedades de las espumas de CFC, no hay incentivos para la que las compañías inviertan su tiempo de producción y recursos financieros en el desarrollo de fórmulas para dióxido de carbono líquido.

32. Para que no se abandone la tecnología de dióxido de carbono líquido, parece ser necesario que las empresas que han adoptado la tecnología de dióxido de carbono líquido requieren un apoyo técnico continuo de los proveedores. También va en interés de los proveedores ocuparse de que la tecnología de dióxido de carbono líquido se aplique satisfactoriamente en los países en desarrollo. No resulta claro en qué medida este apoyo continuo después de la puesta en marcha de los equipos está incluido en los arreglos contractuales entre el proveedor y la empresa (o el organismo de ejecución) en los proyectos terminados. Por ejemplo, no resulta claro si la garantía de los proveedores de un año después de la puesta en marcha cubre el funcionamiento inadecuado de los equipos o su incapacidad de ofrecer el rendimiento técnico requerido por la empresa. Para aquellas empresas que contemplan introducir la tecnología de dióxido de carbono líquido, resulta prudente incluir en el contrato disposiciones específicas sobre el apoyo continuo del proveedor durante un plazo razonable después de la puesta en marcha de los equipos.

CONCLUSIONES

33. Las conclusiones se presentan al principio.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1: Resumen de experiencias con la tecnología de dióxido de carbono líquido de empresas en tres países
- Tabla 2: Ejecución de proyectos
- Tabla 3: Estadísticas de producción de 2002
- Tabla 4 Consumo de agentes espumantes auxiliares en 2002
- Tabla 5: Estadísticas de producción de 2002/Producción de espumas agentes espumantes auxiliares.
- Tabla 6: Fuentes de información para el estudio de seguimiento.

Tabla 1: Resumen de experiencias con la tecnología de dióxido de carbono líquido de empresas en tres países

Empresa	Uso de LCD en la producción de espumas con agentes espumantes auxiliares %	Éxito de la tecnología de LCD	Observaciones
Argentina			
Limansky	2	Conversión de equipos exitosa, pero de muy baja utilidad	La compañía tuvo problemas para fabricar espumas con dióxido de carbono líquido con polioli polímero para obtener la espuma dura de baja densidad que requiere su mercado. Por lo tanto, produce una pequeña cantidad de espuma con dióxido de carbono líquido como agente espumante en la gama de densidades entre 14 y 18 kg/m ³ que se produce con polioli convencional únicamente. La tecnología de dióxido de carbono líquido se usa para producir espumas de una calidad muy limitada que constituye alrededor de 1% de su producción. La tecnología de dióxido de carbono líquido no es indispensable para la calidad de espuma producida. La compañía es una compañía ISO 14000 que aspira al uso de tecnologías de producción limpias y aplicaría la tecnología completamente si fuera viable respecto de sus necesidades de producción desde el punto de vista comercial y tecnológico.
Piero	80	Moderada según la medida de lo posible	Producción dentro de una gama limitada de densidades. La tecnología de dióxido de carbono líquido no puede satisfacer completamente sus necesidades de producción actuales.
Simmons	27	Moderada según la medida de lo posible	Producción dentro de una gama limitada de densidades. La tecnología de dióxido de carbono líquido no puede satisfacer completamente sus necesidades de producción actuales.
Suavestar	--	Moderada según la medida de lo posible	Producción dentro de una gama limitada de densidades. La tecnología de dióxido de carbono líquido no puede satisfacer completamente sus necesidades de producción actuales.
Sileks	100	Buena	Usa sólo tecnología de dióxido de carbono líquido para producir todas las espumas de baja densidad, dentro de una gama de densidades de 14 a 20 kg/m ³ . El valor de relación de costo a eficacia relativamente alto en comparación con el valor de relación de costo a eficacia básico (1,86 \$EUA/kg) se debe a la caída económica en el país después de la división de la federación yugoslava, lo que produjo una drástica reducción de la producción de espumas.
Turquía			
Safas	0	No satisfizo las necesidades de producción de la empresa	Ya no se usa la tecnología de dióxido de carbono líquido dado que la producción de espumas resulta dificultosa, ineficiente y costosa, y la calidad del producto es inaceptable en el mercado. Como resultado, la empresa se ha volcado a la producción de espumas de alta densidad que no requieren un agente espumante auxiliar, mientras que la producción de espumas suaves de alta densidad se ha cambiado al uso de aditivos suavizantes en lugar de un agente espumante, como la compañía hacía con CFC.

Empresa	Uso de LCD en la producción de espumas con agentes espumantes auxiliares %	Éxito de la tecnología de LCD	Observaciones
Urosan	0	No satisfizo las necesidades de producción de la empresa	Ya no se usa la tecnología de dióxido de carbono líquido debido al mayor costo de producción y dificultades técnicas, tales como la incapacidad de usar la tecnología de Beamech con partículas sólidas y el hecho de que “la producción con cloruro de metileno es muy sencilla”.

Tabla 2: Ejecución del proyecto

Empresa	Fecha de aprobación del proyecto	Fecha de terminación del proyecto	Organismo de ejecución	Proveedor de tecnología	Tipo de máquina de espuma	Entrega de equipos después de la aprobación del proyecto (meses)	Terminación de instalación de los equipos después de la aprobación del proyecto (meses)	Tipo de retroadaptación	Tiempo insumido por ensayos y puesta en marcha (meses)	Primera producción comercial después de la aprobación del proyecto (meses)	Proceso de producción medio con LCD (minutos)	Proceso de producción más prolongado con LCD (minutos)	Cant. de procesos de producción desde la puesta en marcha	Gama de densidades de espuma con LCD producida (kg/m ³)
Simmons SAICFI (Belmo) Buenos Aires	Oct-96	Dec-98	PNUD	Cannon Viking	Cannon Viking Maxfoam	5	15	Indirecta	2	16	30	68	332	15-22
Limansky S.A.	Oct-96	Dec-98	PNUD	Cannon Viking	Cannon Viking Maxfoam	5	16	Indirecta	1	18	28	38	76	15-18
Piero SAIC	Oct-96	Sep-01	PNUD	Cannon Viking	Hennecke UBT	17	47	Directa	39	47	75	120	N/D	15-25
Suavestar	Oct-96	Nov-02	PNUD	Cannon Viking	Hennecke UBT	N/R	N/R	Directa	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
Sileks (Macedonia)	May-97	Dec-98	ONUDI	Beamech	Viking/Beamech	25	31	N/D	8	31			180	14-20

N/R: La compañía no proporcionó una respuesta al cuestionario.

N/D: La compañía no tenía información disponible.

Tabla 3: Estadísticas de producción de 2002.

Empresa	Organismo	Proveedor de tecnología	Fecha de aprobación*	Fecha de terminación	Donación del proyecto (\$EUA)	Consumo básico de CFC (Toneladas PAO)	Producción total de espumas (Toneladas)	Espumas no ABA** (Toneladas)	% de espuma total	Espuma con MC (Toneladas)	% de espuma total con ABA	Espuma con LCD (Toneladas)	% de espuma total		
Argentina															
Simmons SAICFI (Belmo) Buenos Aires	PNUD	Cannon	Oct-96	Dec-98	363,935	91	1,202	227.2	19	716	60	258.7	22		
Limansky S.A.	PNUD	Cannon	Oct-96	Dec-98	472,637	95	1,520	316.8	21	1,203	79	22.4	1.5		
Piero SAIC	PNUD	Cannon	Oct-96	Sep-01	341,000	64	1,727	431.75	25	259	15	1036.2	60		
Suavestar	PNUD	Cannon	Oct-96		561,000	92.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Macedonia															
Sileks A.D.	ONUDI	Beamech	May-97	Dec-98	520,125	280	1,200	700	58	0	0	500	42		
Turquía															
Urosan Kimiya	ONUDI	Beamech	Oct-96	Oct-97	643,500	135	4,300	3,063	71	1237	29	0	0		
Safas	BM	Urosan	Nov-97	Mar-99	530,000	93.8	Ya no produce espuma con agente espumante.								

* Todos los proyectos excepto el de Suavestar fueron aprobados originalmente en noviembre de 1995 para la conversión a diversas tecnologías. Fueron aprobados para el cambio a dióxido de carbono l

** Espuma de alta densidad producida sin agente espumante auxiliar.

Tabla 4: Consumo de agentes espumantes auxiliares en 2002

Empresa	Donación del proyecto \$EUA	Consumo básico de CFC (Toneladas)	Consumo de cloruro de metileno (Toneladas)	Consumo de LCD (Toneladas)	LCD requerido para la sustitución del consumo básico de CFC (Toneladas)	Equivalente en CFC de uso actual de LCD (Toneladas)	% de consumo básico de CFC	Relación de costo a eficacia del proyecto (\$EUA/kg)	Relación de costo a eficacia equivalente con CFC (\$EUA/kg)
Simmons SAICFI (Belmo) Buenos Aires	363,935	91	37.7	10.7	20.2	41.3	45	4	8.82
Limansky SA	472,637	95	79.3	1.3	21.1	4.9	5	4.98	96.66
Piero SAIC	341,000	64	15	1.5	14.2	5.8	9	5.33	59.05
Suavestar	561,000	92.5		N/R	N/R	N/R	N/R		N/D
Sileks A.D. (Macedonia)	520,125	280	0	20	62.2	77	28	1.86	6.75

* Equivalente a CFC del dióxido de carbono líquido consumido calculado como 1:3,85 (LCD:CFC) Factor: 0.26

N/R: La compañía no proporcionó una respuesta al cuestionario.

N/D: La compañía no tenía información disponible.

Tabla 5: Estadísticas de producción de 2002 - Producción de espumas agentes espumantes auxiliares

Empresa	Organismo	Proveedor de tecnología	Porcentaje de espuma ABA total producida con cloruro de metileno	Porcentaje de espuma ABA total producida con LCD
Simmons SAICFI (Belmo) Buenos Aires	PNUD	Cannon Viking	73	27
Limansky S.A.	PNUD	Cannon Viking	98	2
Piero SAIC	PNUD	Cannon Viking	20	80
Suavestar	PNUD	Cannon Viking	N/D	N/D
Sileks A.D. (Macedonia)	ONUDI	Beamech	0	100
Urosan Kimiya (Turquía)	ONUDI	Beamech	100	0
Safas (Turquía)	Banco Mundial	Hennecke	Ya no produce espuma con ABA.	

Espuma ABA: Espuma con agente espumante auxiliar

Tabla 6: Fuentes de información para el estudio de seguimiento

Empresa	Organismo de ejecución	País	Proveedor de tecnología	Observaciones
Simmons (Belmo)	PNUD	Argentina	Canon Viking	Información mediante visita en el terreno
Limansky	PNUD	Argentina	Canon Viking	Información mediante visita en el terreno
Piero SAIC	PNUD	Argentina	Canon Viking	Información mediante visita en el terreno
Suavestar	PNUD	Argentina	Canon Viking	Información mediante visita en el terreno
Sileks	ONUDI	Macedonia	Beamech	Información mediante cuestionario
Urosan Kimiya	ONUDI	Turquía	Beamech	Información mediante cuestionario
Safas	Banco Mundial	Turquía	Hennecke	Información mediante cuestionario