NACIONES UNIDAS **EP**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/99/35
30 de octubre de 2026

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Nonagésima novena reunión
Montreal, 7-11 de diciembre de 2026
Punto 9 d) del orden del día provisional[1]

PROPUESTA DE PROYECTO: ANGOLA

Este documento consiste en las observaciones y la recomendación de la Secretaría sobre la siguiente propuesta de proyecto:

Eficiencia energética

• Proyecto piloto para mantener y/o mejorar la eficiencia energética de las tecnologías y los equipos de sustitución en el marco de la reducción gradual de los HFC (actividad sin inversión): Demostración de un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica en Angoalissar (decisión 91/65)	PNUD	Consideración individual

[1] UNEP/OzL.Pro/ExCom/99/1

Los documentos previos al período de sesiones del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal no van en perjuicio de las decisiones que el Comité pudiera adoptar después de la emisión de los mismos.

HOJA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS – PROYECTO NO PLURIANUAL

Angola

TÍTULO DEL PROYECTO	ORGANISMO
Proyecto piloto para mantener y/o mejorar la eficiencia energética de las tecnologías y equipos de sustitución en el marco de la reducción gradual de los HFC (actividad sin inversión): Demostración de un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica en Angoalissar	PNUD

OBJETIVO DEL PROYECTO
El proyecto tiene como objetivo demostrar que los sistemas de refrigeración en cascada de propano/CO_2 (R-290/R-744) constituyen una alternativa viable al R-404A en cámaras frigoríficas de tamaño pequeño y mediano, así como incentivar esta tecnología en Angola. Pretende reducir los costos de operación y el consumo energético, al tiempo que se realiza la eliminación progresiva del R-404A. El proyecto también reforzará la capacidad del beneficiario para instalar y mantener de forma segura los sistemas en cascada de R-290/R-744, abordando las dificultades relacionadas con la inflamabilidad y la alta presión, y para establecer un caso práctico real que ayude a eliminar las barreras nacionales para su adopción.

ORGANISMO NACIONAL DE COORDINACIÓN	Oficina Nacional del Ozono, Ministerio del Medio Ambiente

DATOS CON ARREGLO AL ARTÍCULO 7 (Anexo F)	**Año: 2025**	596,63 t	1.228.481 t de CO_2-eq

DETALLES DEL PROYECTO		
Consumo de HFC en el sector de servicio técnico en 2025 (datos del programa de país)	t	596,51
	t de CO_2-eq	1.228.466
Duración del proyecto	meses	36
Importe de la subvención solicitada al Fondo Multilateral	USD	360.000
Importe de la subvención acordado	USD	300.000
Gastos de apoyo al proyecto para el PNUD	USD	21.000
Costo total del proyecto para el Fondo Multilateral	USD	321.000
Cofinanciación	USD	180.000
Costo total del proyecto, incluida la cofinanciación	USD	480.000
Ahorros de eficiencia energética que se conseguirán gracias al proyecto	kWh/año	7.600
Financiación de contraparte		Sí
Hitos de seguimiento del proyecto incluidos		Sí
Se establecen normas mínimas de eficiencia energética para los usos pertinentes		No
Se hacen efectivas las normas mínimas de eficiencia energética para los usos pertinentes		No

RECOMENDACIÓN DE LA SECRETARÍA	Consideración individual

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Resumen de la propuesta tal como se presentó

1. En nombre del Gobierno de Angola, el PNUD, en su calidad de organismo de ejecución designado, ha presentado, conforme a lo dispuesto en la decisión 91/65, una solicitud para realizar una demostración de un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica situada en Angoalissar, por un importe de USD 360.000, más los gastos de apoyo al organismo de USD 25.200, según lo originalmente solicitado.[2]

Antecedentes

2. Angola ratificó la Enmienda de Kigali el 16 de noviembre de 2020, y la etapa I del PAK se aprobó en la 97ª reunión,[3] en la que el país se comprometió a reducir su consumo de HFC en un 10 % con respecto al nivel básico de consumo de HFC para 2030. En la 98ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó una solicitud de financiamiento para actividades adicionales destinadas a reforzar la eficiencia energética en el sector de servicio técnico de equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC) y a promover el uso de refrigerantes con alta eficiencia energética y con bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA), de conformidad con la decisión 89/6 b),[4] así como el financiamiento para la preparación de un proyecto destinado a mejorar la eficiencia energética en el sector de la refrigeración industrial, en virtud de la decisión 91/65.

Estado de ejecución de otras actividades relacionadas con la eficiencia energética

3. El proyecto aprobado para llevar a cabo actividades adicionales destinadas a mantener la eficiencia energética en el sector del mantenimiento de equipos de refrigeración, de acuerdo con lo dispuesto en la decisión 89/6, incluye: una mayor coordinación entre los responsables de la formulación de políticas de eficiencia energética y otras partes interesadas pertinentes, con el fin de garantizar que se internalicen los refrigerantes de bajo PCA durante la elaboración de normas mínimas de eficiencia energética (NMEE) y sistemas de etiquetado; la formación de técnicos sobre cómo mantener o mejorar la eficiencia energética, y de funcionarios de aduanas sobre el seguimiento y la inspección de equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC) con un bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) y las clasificaciones de eficiencia energética; y la información a los consumidores y usuarios finales, importadores y minoristas sobre las ventajas de utilizar tecnologías con alta eficiencia energética en refrigeración y aire acondicionado (RAC). El proyecto contribuye a los objetivos generales tanto del Plan de gestión para la eliminación de los HCFC (PGEH) como del PAK, y ayuda al país a mantener las reducciones logradas en los HCFC al tiempo que adopta tecnologías de refrigeración, aire acondicionado y climatización (RAC) con alta eficiencia energética y con bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA). A septiembre de 2026, el proyecto se encuentra en fase de puesta en marcha y se espera que inicie sus actividades a finales de 2026.

4. En la etapa III del PGEH, el Gobierno llevó a cabo una campaña de sensibilización dirigida a técnicos, partes interesadas, usuarios finales y la población en general sobre la eliminación gradual de los HCFC, incluida la eficiencia energética.

Marco normativo, reglamentario e institucional

5. El Ministerio del Medio Ambiente es el organismo nacional responsable de la ejecución del Protocolo de Montreal en Angola, en cuyo marco se creó la Oficina Nacional del Ozono (ONO) para coordinar las actividades relacionadas con dicho Protocolo. El Instituto Regulador del Sector Eléctrico (IRSE)

[2] De conformidad con la carta de 27 de agosto de 2026 dirigida por el Ministerio del Medio Ambiente de Angola al PNUD.
[3] Decisión 97/56
[4] Decisión 98/26 a) i)

es el organismo público encargado de gestionar la energía eléctrica y la eficiencia energética en el sistema público. El Instituto Nacional de Infraestructuras de Calidad (INIQ) se encarga de la elaboración de normas.

Normas mínimas de eficiencia energética

6. Angola no cuenta con normas mínimas de eficiencia energética (NMEE) obligatorias ni con un sistema de etiquetado energético ejecutado formalmente para la mayoría de los electrodomésticos. Las iniciativas de eficiencia energética cuentan con el respaldo del plan "Angola Energia 2025", que da prioridad a la sostenibilidad, la reducción del consumo energético y la diversificación de las energías renovables, y incentiva la adopción de la norma ISO 50001 para la gestión energética y la reducción de las emisiones de CO_2. Como miembro de la Comunidad de Desarrollo de África Austral (SADC), Angola participa en la iniciativa regional sobre iluminación y electrodomésticos con alta eficiencia energética, cuyo objetivo es armonizar las normas mínimas de eficiencia energética (NMEE) en la región para evitar la importación de electrodomésticos obsoletos y de alto consumo energético.

7. Las cámaras frigoríficas (cámaras frigoríficas y congeladores) suelen quedar excluidas de las normas mínimas de eficiencia energética, ya que se trata de sistemas diseñados a medida. El proyecto de demostración colaborará con los organismos pertinentes de Angola para elaborar una hoja de ruta sobre la normativa de eficiencia energética de las cámaras frigoríficas, que incluya directrices de contratación pública que exijan un nivel mínimo de eficiencia energética para las cámaras frigoríficas financiadas con fondos públicos; certificación y etiquetado voluntarios basados en el rendimiento supervisado; un régimen favorable de licencias de importación para componentes de mayor eficiencia; incentivos para las instalaciones eficientes certificadas; y la adopción de normas ISO con criterios de eficiencia energética para el diseño de cámaras frigoríficas.

Consumo de HFC y antecedentes sobre el sector

8. El nivel básico de consumo de HFC para Angola se ha establecido en 3.878.000 t de CO_2-eq. Según los datos del programa de país (PP), el uso total de HFC en 2025 fue de 1.228.481 t de CO_2-eq, lo que supone un 68 % por debajo del nivel básico. El cuadro 1 presenta el consumo de HFC en el país durante el período 2021–2025.

Cuadro 1. Consumo de HFC en Angola en el período 2021–2025 (datos del artículo 7)

Sustancias	2021	2022	2023	2024	2025
Toneladas (t)					
Todos los HFC	**350,85**	**2.609,56**	**6.044,65**	**1.722,96**	**596,63**
R-404A	84,74	557,56	853,17	284,00	85,20
t de CO_2-eq					
Todos los HFC	**757.864**	**6.040.225**	**13.218.297**	**3.877.981**	**1.228.481**
R-404A	332.316	2.186.527	3.345.793	1.113.734	334.120

9. El consumo de HFC disminuyó considerablemente en 2021 debido a las restricciones promulgadas durante la pandemia de COVID-19, a lo que siguió un aumento sustancial en 2022 y 2023, debido a la recuperación tras la pandemia de COVID-19 y al aumento de la demanda de importaciones de HFC para dar servicio a equipos adicionales de refrigeración y aire acondicionado. El consumo especialmente elevado en 2023 también puede atribuirse al acopio de existencias por parte de los importadores antes de la moratoria del consumo prevista para 2024. La reducción del consumo en 2024 y 2025 refleja el efecto combinado de hacer efectivo el sistema de concesión de licencias y cupos de importación, una posible desaceleración económica y el uso de los HFC acumulados en años anteriores.

10. El sector de la refrigeración comercial e industrial es el mayor consumidor global de HFC en Angola. Abarca los sistemas centralizados (grandes conjuntos de compresores múltiples que dan servicio a

supermercados, hipermercados y grandes establecimientos minoristas de alimentación); las unidades de condensación (sistemas de tamaño medio para usos comerciales más pequeños); y los refrigeradores comerciales (refrigeración de procesos industriales y aire acondicionado a gran escala), utilizados principalmente en el procesamiento de alimentos y bebidas, plantas de carne y aves de corral, procesamiento de pescado y marisco; instalaciones de almacenamiento en frío, centros de distribución y centros logísticos. El refrigerante más consumido en el sector es el R-404A, debido a su elevado valor de PCA y a su volumen de consumo (el 64 % en toneladas de CO_2-eq en los años de referencia), seguido del HFC-134a y el R-507A. La eliminación gradual en el sector plantea dificultades debido a la disponibilidad limitada de alternativas de buena relación costo-beneficio de bajo PCA, la capacidad técnica para instalar dichos sistemas, la falta de datos de rendimiento para atraer a posibles inversores y la elevada inversión inicial de capital.

Resumen del proyecto

Objetivos del proyecto y coordinación con la etapa I del plan de aplicación de la Enmienda de Kigali relativa a los HFC

11. El proyecto piloto tiene como objetivo demostrar que los sistemas de refrigeración en cascada con R-290/R-744 son una alternativa viable al R-404A en cámaras frigoríficas de tamaño pequeño y mediano, así como incentivar esta tecnología en Angola. Se busca reducir los costos operativos mediante un menor consumo energético y una menor fuga de refrigerante, al tiempo que se realiza la eliminación progresiva del R-404A; se desarrollará la capacidad para diseñar, instalar y mantener de forma segura los sistemas en cascada de R-290/R-744 (abordando las dificultades relacionadas con la inflamabilidad y la alta presión) y se establecerá un caso práctico real que ayude a eliminar las barreras nacionales para su adopción.

12. La demostración del sistema en cascada R-290/R-744 se llevará a cabo en coordinación con la etapa I del PAK para generar datos locales de rendimiento en el clima cálido de Angola y eliminar las barreras relacionadas con la inflamabilidad y la alta presión. Desarrolla la capacidad técnica de los ingenieros y técnicos para instalar y manejar de forma segura sistemas inflamables y de alta presión, con directrices elaboradas e integradas en los planes de estudios nacionales de formación en refrigeración y aire acondicionado. El proyecto también complementa el marco propicio y las actividades de eficiencia energética previstas en el PGEH y el PAK, elimina progresivamente el R-404A en la empresa beneficiaria, proporciona un modelo replicable para la introducción de la tecnología R-290/R-744 y apoya una transformación más amplia del mercado hacia tecnologías de bajo PCA en la refrigeración industrial y comercial de Angola, así como el cumplimiento por parte del país del Protocolo de Montreal. Sus resultados servirán de base para la elaboración de estrategias para la etapa II del PAK.

Beneficiario del proyecto

13. El beneficiario, Angoalissar Comércio e Indústria Limitada (Angoalissar), es una empresa de capital totalmente local fundada en 1992. Opera en el sector del almacenamiento en frío de alimentos y actualmente gestiona varias cámaras de congelación que utilizan R-404A, con un consumo total de HFC de 1.743 toneladas de CO_2-eq en 2025. La cámara frigorífica seleccionada para la demostración mide $8 \times 6 \times 4$ m³, funciona actualmente a −18 °C con una carga de R-404A de 11 kg y almacena aproximadamente 70 t de carne cruda, aves, pescado y marisco congelados.

Actividades propuestas según presentación

14. El proyecto incluirá una evaluación técnica de la cámara frigorífica de R-404A seleccionada para establecer las condiciones de referencia previas al proyecto; el diseño del nuevo sistema en cascada de R-290/R-744; la sustitución del sistema actual de R-404A por el sistema en cascada de R-290/R-744; la formación de técnicos para diseñar, instalar y poner en funcionamiento el nuevo sistema; un análisis financiero de los sistemas actuales y de sustitución para identificar los beneficios del proyecto; y un taller

para difundir los resultados del proyecto. Las actividades previstas y los costos propuestos para la ejecución del proyecto son los siguientes:

a) *Equipos y proceso de conversión (USD 380.000)*: costo del sistema en cascada de dos etapas R-290/R-744 (USD 260.000); adaptación de la estructura física y obras de ingeniería civil (USD 60.000); montaje, instalación y puesta en marcha (USD 30.000); y imprevistos (USD 30.000);

b) *Asistencia técnica prestada por un experto internacional (USD 30.000)*: contratación de un experto para llevar a cabo una auditoría de seguridad de la instalación en cascada de R-290/R-744 propuesta, que abarque la revisión del diseño, la evaluación de riesgos y el cumplimiento de las normas de seguridad aplicables a los refrigerantes inflamables y de alta presión; y

c) *Creación de capacidad y elaboración de normas y directrices (USD 130.000)*: elaboración de marcos para la creación de capacidad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética (USD 45.000), organización de un taller de validación y finalización (USD 30.000), elaboración y adopción de normas técnicas y directrices de seguridad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética (USD 45.000), y gastos imprevistos (USD 10.000).

Costo del proyecto piloto según presentación

15. El costo total del proyecto se estima en USD 540.000, de los cuales se solicitan USD 360.000 al Fondo Multilateral y USD 180.000 serán objeto de cofinanciación por parte de Angoalissar. Se prevé que el proyecto se complete en un plazo de 36 meses a partir de su aprobación, entre diciembre de 2026 y diciembre de 2029. El desglose de costos del proyecto se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Costos propuestos para la demostración de un sistema en cascada R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica (USD)

Descripción de las actividades	Financiación del FML	Cofinanciación	Total
Equipamiento			
Sistema en cascada de dos etapas R-290/R-744	260.000	0	260.000
Adaptación de la estructura física (obras de ingeniería civil)	0	60.000	60.000
Montaje, instalación y puesta en marcha	30.000	0	30.000
Imprevistos	30.000	0	30.000
Subtotal	***320.000***	***60.000***	***380.000***
Asistencia técnica			
Experto internacional en diseño y auditoría de seguridad	30.000	0	30.000
Desarrollo de marcos de creación de capacidad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética	0	45.000	45.000
Taller de validación y finalización	0	30.000	30.000
Desarrollo y adopción de normas técnicas y directrices de seguridad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética	0	45.000	45.000
Imprevistos	10.000	0	10.000
Subtotal	***40.000***	***120.000***	***160.000***
Total	**360.000**	**180.000**	**540.000**

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA SECRETARÍA

OBSERVACIONES

16. La Secretaría ha examinado la propuesta de proyecto a la luz de las decisiones 89/6, 91/65 y 95/87, y teniendo en cuenta las actividades ejecutadas en la etapa I del PAK del país.

Admisibilidad con arreglo a las decisiones 89/6, 91/65 y 95/87

17. Esta propuesta se ha presentado antes de la 100ª reunión del Comité Ejecutivo, cumpliendo los criterios de admisibilidad de la decisión 95/87 d). El Gobierno de Angola se ha comprometido a cumplir las condiciones a las que se hace referencia en la decisión 91/65 b) iv) b.–e. y 91/65 b) v), ya que se pretende que el proyecto se replique a escala nacional y el Gobierno de Angola ha confirmado que la ONO coordinará con el Ministerio del Medio Ambiente, junto con el INIQ y el IRSE, para facilitar la consideración de la transición de refrigerantes a la hora de elaborar normas de eficiencia energética; que, si Angola movilizara financiación procedente de fuentes distintas del Fondo Multilateral para los componentes de eficiencia energética durante la reducción gradual de los HFC, el proyecto no daría lugar a una duplicación de actividades entre las financiadas por el Fondo Multilateral y las financiadas con cargo a otras fuentes de financiamiento; que se pondría a disposición la información sobre los avances, los resultados y las principales lecciones aprendidas del proyecto, según proceda; que la fecha de finalización del proyecto se fijaría en un plazo máximo de 36 meses posterior a la fecha de aprobación por parte del Comité Ejecutivo y que se presentaría un informe detallado del proyecto al Comité Ejecutivo en un plazo de seis meses posterior a la fecha de finalización del mismo.

Normas mínimas de eficiencia energética

18. Angola elaborará y aplicará normas mínimas de eficiencia energética (NMEE) y un sistema de etiquetado energético para los equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC), con el fin de mejorar la eficiencia energética en el marco del proyecto aprobado mediante la decisión 89/6 en la 98ª reunión. Si bien el proyecto propuesto actualmente no incluye la elaboración de NMEE para cámaras frigoríficas, aportará datos valiosos para evaluar y calcular la eficiencia energética de diversos equipos RAC, ya que los principios y metodologías fundamentales para el cálculo de la eficiencia energética son ampliamente aplicables a diferentes equipos RAC y gamas de capacidad. Por lo tanto, se espera que los conocimientos y la competencia técnica adquiridos en el marco de la decisión 89/6 respalden y sirvan de base para la evaluación del rendimiento en materia de eficiencia energética en sistemas de refrigeración de mayor tamaño, incluidas las cámaras frigoríficas.

Cuestiones técnicas y relacionadas con los costos

19. En cuanto al desarrollo y la adopción de normas técnicas y directrices de seguridad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética, el PNUD aclaró que el proyecto elaborará una hoja de ruta para la introducción de las normas y directrices necesarias con el fin de abordar los asuntos de seguridad relacionados con el uso de los refrigerantes R-290 y R-744, lo que incluye individualizar las lagunas, evaluar las normas internacionales adaptables, recomendar una vía de adopción a nivel nacional e involucrar a los funcionarios públicos para alinearse con las prioridades nacionales. El desarrollo propiamente dicho de los instrumentos normativos nacionales se llevará a cabo en el marco de otro proyecto. No obstante, el proyecto de demostración elaborará guías técnicas para el funcionamiento y el mantenimiento del sistema en cascada R-290/R-744, que se integrarán en el plan de estudios de capacitación para técnicos. A través del proyecto de demostración propuesto se desarrollará la capacidad nacional para instalar, operar y mantener un sistema en cascada R-290/R-744. A lo largo del proyecto se ejecutará la capacitación para ingenieros y técnicos. Se establecerán sinergias con el PAK de Angola en lo que respecta a la capacitación para el sector.

20. En cuanto a la conversión del sistema de R-404A, el PNUD aclaró que el proyecto reconvertiría únicamente el sistema de refrigeración de la cámara existente, y que las instalaciones físicas permanecerían sin cambios. No obstante, se añadirá un bucle adicional de alta temperatura para disipar el calor en la atmósfera. El sistema en cascada se diseñará y configurará específicamente para el lugar, incluyendo componentes especializados de R-744, disposiciones de seguridad para el R-290, controles, seguimiento, detección de fugas y otros equipos asociados.

Selección de las tecnologías sustitutivas

21. A la hora de seleccionar las tecnologías alternativas, se consideraron varias tecnologías de bajo PCA, incluido el sistema R-717/R-744. Se seleccionó la tecnología R-290/R-744 por su bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA), la compatibilidad de sus componentes con los sistemas R-404A existentes y por motivos de seguridad. El sistema en cascada consta de un circuito de alta temperatura con R-290 y un circuito de baja temperatura con R-744 que funcionan exclusivamente a presión subcrítica, con un intercambiador de calor que conecta ambos circuitos. Se espera que el sistema reduzca el consumo eléctrico entre un 20 % y un 30 % en comparación con el sistema de referencia de R-404A. El proyecto de demostración será el primer sistema en cascada de R-290/R-744 que se instalará y pondrá en funcionamiento en Angola.

Selección del beneficiario

22. Angoalissar fue seleccionada mediante un proceso de consulta. Como mayor importador de alimentos y distribuidor de bienes de consumo de rápida rotación de Angola, Angoalissar cuenta con una amplia red de operaciones de refrigeración en cadena de frío para manipular, almacenar y distribuir grandes volúmenes de productos congelados y refrigerados, lo que incluye almacenes a temperatura controlada a gran escala, cámaras frigoríficas instaladas en el suelo y instalaciones especializadas para el almacenamiento de alimentos congelados. La empresa gestiona 41 cámaras frigoríficas de congelación. La empresa ha construido una cadena de frío sólida y autosustentable en una región con acceso limitado e inestable a la red eléctrica, por lo que a menudo depende de enormes generadores diésel en el lugar para mantener en funcionamiento continuo el almacenamiento en frío a gran escala. Angoalissar se ha comprometido a ejecutar el proyecto y presenta un alto potencial para la replicación de la tecnología demostrada.

23. Durante el desarrollo del proyecto se llegó a un acuerdo con Angoalissar. Angoalissar se ha comprometido a realizar la cofinanciación de cualquier gasto que supere el importe aprobado o que no esté cubierto por el proyecto, a apoyar la plena ejecución del proceso de conversión incluidas las pruebas y la capacitación del personal técnico, y a permitir visitas a las instalaciones por parte de otros posibles propietarios de equipos con fines de replicación.

Seguimiento de la eficiencia energética

24. En cuanto al seguimiento de la eficiencia energética, el PNUD explicó que el beneficiario medirá los valores de referencia del sistema actual de R-404A y supervisará los sistemas de sustitución. Las mediciones de referencia del R-404A se realizarán en condiciones operativas representativas, incluyendo el consumo eléctrico, la temperatura de la cámara, el funcionamiento del compresor y las condiciones ambientales. Para el sistema de sustitución, los costos del proyecto incluyen contadores de energía, sensores y un sistema de telemetría y digitalización para registrar de forma continua el consumo eléctrico y los parámetros operativos clave. El equipo técnico se encargará de recopilar y analizar los datos, y los resultados se compararán para evaluar el ahorro energético y el porcentaje de reducción del consumo eléctrico. La comparación se basará en el total de kWh antes y después de la sustitución, teniendo en cuenta las condiciones operativas pertinentes, como la temperatura ambiente, la temperatura de la cámara, los cronogramas de funcionamiento y la carga de refrigeración, con el fin de ofrecer una evaluación significativa de la mejora de la eficiencia energética.

Cálculo de los costos

25. La Secretaría tomó nota de que en la propuesta original no se había facilitado un desglose detallado de los costos del equipo del sistema en cascada R-290/R-744 (un total de USD 260.000, según la presentación). El PNUD explicó que resultaba difícil facilitar costos individuales fidedignos para algunos componentes, ya que las especificaciones del sistema solo se determinarían durante el proceso de diseño. Para reforzar el análisis de costos, el PNUD obtuvo, a modo de referencia, un desglose detallado de los costos de una instalación de refrigeración que utiliza una configuración en cascada similar de R-290/R-744, ejecutada por Eletrofrio Brasil en la ETP de Curitiba (Brasil) en 2021. Tras las negociaciones, y teniendo en cuenta el contexto de ejecución en Angola, se acordó un costo de equipamiento de USD 230.000 sin financiamiento para imprevistos. Los costos de montaje, instalación y puesta en marcha, así como los de las actividades de asistencia técnica, se mantienen tal y como se solicitaron.

26. Los costos convenidos del proyecto piloto para demostrar un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica en Angoalissar (Angola) ascienden a USD 480.000, incluida una subvención del Fondo Multilateral de USD 300.000 y una cofinanciación por parte del beneficiario de USD 180.000, tal y como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Costos convenidos para la demostración de un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica (USD)

Descripción de las actividades	Financiación del FML solicitada	Financiación del FML acordada	Cofinanciación
Equipos			
Sistema en cascada de dos etapas R-290/R-744	260.000	230.000	0
Adaptación de la estructura física (obras civiles)	0	0	60.000
Montaje, instalación y puesta en marcha	30.000	30.000	0
Imprevistos	30.000	0	0
Subtotal	***320.000***	***260.000***	***60.000***
Asistencia técnica			
Experto internacional en diseño y auditoría de seguridad	30.000	30.000	0
Desarrollo de marcos de creación de capacidad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética	0	0	45.000
Taller de capacitación sobre validación y finalización	0	0	30.000
Una hoja de ruta para el desarrollo y la adopción de normas técnicas y de seguridad para tecnologías de almacenamiento en frío con alta eficiencia energética	0	0	45.000
Imprevistos	10.000	10.000	0
Subtotal	***40.000***	***40.000***	***120.000***
Total	**360.000**	**300.000**	**180.000**

Mejoras de la eficiencia energética y ahorros estimados

27. Según la información disponible actualmente, el sistema existente tiene un consumo eléctrico anual estimado de aproximadamente 38.000 kWh/año. Basándose en la bibliografía publicada sobre usos de refrigeración comparables, se estima que el ahorro energético derivado del sistema de sustitución oscilará entre el 20 % y el 30 %. Por lo tanto, el ahorro preliminar estimado derivado de la mejora de la eficiencia energética sería de aproximadamente entre 7.600 y 11.400 kWh/año.

28. El ahorro energético anual real se determinará mediante el mecanismo de seguimiento y medición del proyecto, utilizando datos de referencia medidos y datos posteriores a la instalación en condiciones

operativas. Una vez que el sistema haya sido diseñado, instalado y sometido a seguimiento, el proyecto dispondrá de los datos necesarios para calcular el ahorro energético anual real y el plazo de amortización simple resultante.

Sostenibilidad, posibilidad de reproducción y evaluación de riesgos

29. El proyecto está diseñado para garantizar su sostenibilidad a largo plazo y su replicabilidad. La refrigeración comercial e industrial representa la mayor fuente de consumo de HFC en el país, por lo que la demostración, las pruebas y la promoción satisfactorias de soluciones alternativas en este sector podrían facilitar su adopción generalizada en una amplia gama de usos. Angoalissar se ha comprometido a eliminar progresivamente el R-404A en la cámara frigorífica seleccionada y a replicar la tecnología, cuando sea viable, siempre que se demuestren beneficios en materia de eficiencia energética. El Gobierno también promoverá la replicación por parte de otras empresas de Angola y de la región, en coordinación con el PAK. La sostenibilidad financiera cuenta con el respaldo de una importante cofinanciación por parte de Angoalissar, lo que mitiga el riesgo de una elevada inversión inicial de capital. Los riesgos de inflamabilidad se abordarán mediante el apoyo técnico de expertos internacionales para garantizar que el diseño y la instalación cumplan las normas de seguridad internacionales (EN 378, ISO 5149), complementado con una evaluación de riesgos específica para cada emplazamiento que abarque la ventilación, las fuentes de ignición y los procedimientos de emergencia. Se ha individualizado la falta de normas técnicas nacionales como un obstáculo fundamental para la replicación, y se abordará mediante una hoja de ruta para el desarrollo y la adopción de normas técnicas y directrices de seguridad, junto con actividades de capacitación y creación de capacidad destinadas a capacitar a los técnicos locales. El proyecto también garantizará la coordinación con las actividades del proyecto aprobado en virtud de la decisión 89/6 para asegurar la sinergia.

30. El proyecto reforzará la capacidad técnica del beneficiario para instalar y mantener de forma segura sistemas de bajo PCA y se espera que sirva de modelo replicable para sistemas de refrigeración similares en Angola y otros países del Artículo 5. La empresa beneficiaria se ha comprometido a eliminar progresivamente su consumo replicando la tecnología a partir de los resultados de la demostración.

RECOMENDACIÓN

31. El Comité Ejecutivo pudiera considerar:

a) Aprobar el proyecto para demostrar un sistema en cascada de R-290/R-744 como sustituto del R-404A en una cámara frigorífica en Angoalissar, por un importe de USD 300.000, más los gastos de apoyo al organismo de USD 21.000 para el PNUD;

b) Tomar nota de:

i) Que el Gobierno de Angola se ha comprometido a cumplir las condiciones mencionadas en la decisión 91/65 b) iv) b. a b) iv) d.; y

ii) Que el cierre operativo del proyecto se producirá a más tardar el 31 de diciembre de 2029 y que se presentará un informe detallado del proyecto al Comité Ejecutivo en un plazo de seis meses a partir de la fecha de finalización del proyecto, incluida una descripción detallada de las actividades realizadas para difundir los resultados de la demostración tecnológica y promover la adopción de las tecnologías alternativas energéticamente eficientes seleccionadas.