



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

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/32
6 de mayo de 2025

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL
PARA LA APLICACIÓN DEL
PROTOCOLO DE MONTREAL
Nonagésima sexta reunión
Montreal, 26-30 de mayo de 2025
Puntos 9 c) y d) del orden del día provisional¹

PROPUESTAS DE PROYECTOS: EGIPTO

Este documento consiste en las observaciones y la recomendación de la Secretaría sobre las siguientes propuestas de proyecto:

Eliminación

- | | | |
|--|---|-----------------------|
| • Plan de gestión de eliminación de los HCFC
(etapa II, quinto tramo) | ONUDI, PNUD,
PNUMA y Gobierno
de Alemania | Aprobación
general |
|--|---|-----------------------|

Reducción

- | | | |
|---|--------------|-----------------------------|
| • Plan de ejecución de Kigali para los HFC
(etapa I, primer tramo) | ONUDI y PNUD | Consideración
individual |
|---|--------------|-----------------------------|

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/1

HOJA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS – PROYECTOS PLURIANUALES**Egipto**

I) TÍTULO DEL PROYECTO	ORGANISMO	REUNIÓN QUE APROBÓ	MEDIDA DE CONTROL
Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II)	ONUDI (principal), PNUD, PNUMA, Gobierno de Alemania	79ª (revisado en la 84ª)	Eliminación del 67,5% para 2025

II) DATOS MÁS RECIENTES CON ARREGLO AL ARTÍCULO 7 (Anexo C, Grupo I)	Año: 2023	236,65 toneladas PAO
---	-----------	----------------------

III) DATOS SECTORIALES MÁS RECIENTES DEL PROGRAMA DE PAÍS (toneladas PAO)								Año: 2024	
Sustancias químicas	Aerosoles	Espumas	Extinción de incendios	Refrigeración		Disolventes	Agente de procesos	Uso en lab.	Consumo total de los sectores
				Fabricación	Servicio y mantenim.				
HCFC-22					215,09				215,09
HCFC-123									0,00
HCFC-141b									0,00

IV) DATOS DE CONSUMO (toneladas PAO)			
Nivel básico en 2009-2010:	386,30	Punto de partida para las reducciones acumuladas sostenidas:	484,61
CONSUMO ADMISIBLE PARA LA FINANCIACIÓN			
Ya aprobado:	386,41	Restante:	98,20

V) PLAN ADMINISTRATIVO RESPALDADO		2025	2026	2027	Total
ONUDI	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	18,8	0,00	0,00	18,8
	Financiación (USD)	2.070.000	0	0	2.070.000
PNUMA	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	1,0	0,00	0,00	1,0
	Financiación (USD)	1.611	0	0	1.611

VI) DATOS DEL PROYECTO			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Límites de consumo del Protocolo de Montreal (toneladas PAO)			347,64	347,64	347,64	251,08	251,08	251,08	251,08	251,08	125,54	n.a.
Consumo máximo permitido (toneladas PAO)			347,64	289,70	289,70	251,08	251,08	251,08	241,08*	241,08*	115,54*	n.a.
Financia- ción acor- dada en principio (USD)	ONUDI	Costos de proyecto	3.356.641	0	4.668.214	0	4.664.196	0	4.039.413	0	195.000	16.923.464
		Gastos de apoyo	234.965	0	326.775	0	326.494	0	282.759	0	13.650	1.184.643
	PNUD	Costos de proyecto	1.042.352	0	1.836.750	0	816.620	0	0	0	0	3.695.722
		Gastos de apoyo	72.965	0	128.573	0	57.163	0	0	0	0	258.701
	PNUMA	Costos de proyecto	230.000	0	279.500	0	260.000	0	180.000	0	105.500	1.055.000
		Gastos de apoyo	27.480	0	33.394	0	31.064	0	21.506	0	12.605	126.049
	Alemania	Costos de proyecto	0	0	207.300	0	0	0	0	0	0	207.300
		Gastos de apoyo	0	0	26.949	0	0	0	0	0	0	26.949
Fondos aprobados por el Comité Ejecutivo (USD)		Costos de proyecto	4.628.993	0	6.991.764	0	5.740.816	0	0	2480298**	0	19.841.871
		Gastos de apoyo	335.410	0	515.691	0	414.721	0	0	182527**	0	1.448.349
Total de fondos cuya aprobación se recomienda en esta reunión (USD)		Costos de proyecto									2.039.615***	2.039.615
		Gastos de apoyo									147.993***	147.993

* El consumo máximo total permitido para las sustancias del Anexo C, Grupo I se redujo en la 84ª reunión en 10 toneladas PAO tras aprobarse un plan sectorial para el aire acondicionado residencial como parte de la etapa II.

** Aprobado, teniendo en cuenta que la ONUDI, en nombre del Gobierno, presentará la solicitud de los USD 1.739.115 restantes, más los gastos de apoyo de USD 121.738 del organismo, en la misma reunión en la que el país presente la etapa I de su plan de ejecución de la Enmienda de Kigali para los HFC (KIP) o bien en la 96ª reunión, lo que ocurra primero.

*** Recomendado en la presente reunión, incluido el monto restante para el quinto y último tramo y el monto diferido del cuarto tramo.

Recomendación de la Secretaría:	Aprobación general
--	--------------------

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1. La ONUDI, en calidad de organismo de ejecución principal, ha presentado en nombre del Gobierno de Egipto una solicitud de financiación para el quinto, y último, tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC (PGEH) por un coste total de USD 2.187.608, desglosado en USD 1.934.115 más unos gastos de apoyo al organismo de USD 135.388 para la ONUDI, y USD 105.500 más unos gastos de apoyo al organismo de USD 12.605 para el PNUMA.² La presentación incluye un informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del cuarto tramo, el informe de verificación del consumo de HCFC para 2024 y el plan de ejecución del tramo para el periodo de 2025 a 2026.

Informe sobre el consumo de HCFC

2. El Gobierno de Egipto notificó en el marco del informe de ejecución del programa de país un consumo de 215,09 toneladas PAO de HCFC en 2024, una cantidad un 44 por ciento inferior al nivel básico de referencia de HCFC para el cumplimiento. Los datos correspondientes al Artículo 7 para 2024 aún no se han notificado. En el cuadro 1 se muestra el consumo de HCFC en el período 2020-2024.

Cuadro 1. Consumo de HCFC en Egipto (datos de 2020-2024 con arreglo al Artículo 7)

HCFC	2020	2021	2022	2023	2024*	Nivel básico
Toneladas (t)						
HCFC-22	4.481,91	3.759,59	3.244,76	4.302,55	3.910,80	4.367,16
HCFC-123	0,00	7,75	2,50	0,00	0,00	5,25
HCFC-124	0,00	0,34	0,00	0,54	0,00	0,00
HCFC-141b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.178,26
HCFC-142b	52,93	34,13	18,37	0,00	0,00	251,69
Total (t)	4.534,84	3.801,81	3.265,63	4.303,09	3.910,80	5.802,36
HCFC-141b en polioles premezclados importados*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	894,00**
Toneladas PAO						
HCFC-22	246,51	206,78	178,46	236,64	215,09	240,19
HCFC-123	0,00	0,16	0,05	0,00	0,00	0,11
HCFC-124	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
HCFC-141b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,61
HCFC-142b	3,44	2,22	1,19	0,00	0,00	16,36
Total (toneladas PAO)	249,95	209,16	179,71	236,65	215,09	386,27
HCFC-141b en polioles premezclados importados*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,34**

* Datos del programa de país

** Consumo promedio entre 2007 y 2009

3. Según lo informado en la 94ª reunión, el HCFC-22, que se utiliza exclusivamente para el mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, aumentó en 2023 debido al almacenamiento por parte de los proveedores de refrigerantes, dados los aumentos previstos en el precio del HCFC-22 y la reducción prevista de los cupos en 2025.³ La reducción general del HCFC-22 desde 2020 se ha atribuido al proyecto de reconversión a HFC-32 de cinco empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial y al proyecto de eliminación del HCFC-142b en la fabricación de espumas de poliestireno extruido, que se utilizaba como agente espumante junto con el HCFC-22. Este último se eliminó gradualmente, en consonancia con la prohibición del 1 de enero de 2023 del uso de HCFC en la fabricación de

² Según la nota del 1 de febrero de 2025, dirigida a la ONUDI por el Ministerio de Medio Ambiente de Egipto.

³ UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/33

espumas de poliestireno extruido. Para realizar el mantenimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado se utilizan pequeñas cantidades de HCFC-123 y HCFC-124 de forma intermitente.

Informe de ejecución del programa de país

4. El Gobierno de Egipto notificó los datos del consumo sectorial de los HCFC, que figuran en el informe de ejecución del programa de país de 2023 y que coinciden con los datos notificados en virtud del Artículo 7 del Protocolo de Montreal.

Informe de verificación

5. La verificación confirmó que el Gobierno estaba aplicando un sistema de otorgamiento de licencias y cupos para las importaciones y exportaciones de HCFC y que el consumo total de HCFC notificado en el informe de ejecución del programa del país para 2024 era correcto (como se muestra en el cuadro 1 anterior). La verificación concluyó que Egipto ha cumplido con el consumo máximo permitido para 2024 especificado en el Acuerdo entre el país y el Comité Ejecutivo. El informe también sugirió que el cambio climático y las temperaturas más altas que el promedio en Egipto durante 2024 contribuyeron a mayores necesidades de servicio y mantenimiento en los aparatos de aire acondicionado más antiguos; que se esperaba que esto se rectificara en 2025, dado que los equipos antiguos se cambiarían por equipos nuevos que utilizan HFC-32; y que la puesta en marcha y funcionamiento del primer centro de regeneración de refrigerantes en Egipto había aumentado las cantidades de refrigerantes regenerados.

Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del cuarto tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC

Marco jurídico

6. El sistema de concesión de licencias y cupos para los HCFC (excepto para el HCFC-141b en polioles premezclados importados) entró en vigor en 2013. El 1 de enero de 2018 se prohibió la importación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados; el 1 de enero de 2020 se prohibió la importación de HCFC-141b; y el 1 de enero de 2023 las importaciones de R-406A y la importación y fabricación de equipos a base de HCFC-22. La prohibición de la importación de HCFC-141b en polioles premezclados se aplica gracias a la cooperación entre el Organismo de Asuntos Medioambientales de Egipto y la autoridad aduanera, en virtud de la cual la autoridad aduanera verifica todas las importaciones según el código general del Sistema Armonizado para polioles con la asistencia de la Dependencia Nacional del Ozono. El 16 de abril de 2024, el Comité del Ozono adoptó una decisión que prohíbe la expedición de aprobaciones o licencias industriales para nuevas líneas de fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan R-410A. La decisión fue tomada conjuntamente por la Autoridad General de Desarrollo Industrial, el Ministerio de Comercio e Industria y el Departamento Central de Evaluación de Impacto Medioambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

7. En enero de 2024, Egipto promulgó el Decreto Ministerial 502/2023 por el que se adopta la norma ES3795/2023 para la regulación estacional de la eficiencia energética de los aparatos de aire acondicionado de habitación y por conductos y se unifican los requisitos para los aparatos de aire acondicionado de velocidad fija y de velocidad variable (*inverter*). La Organización Egipcia de Normalización y Calidad (EOS) publicó una norma para la certificación de técnicos sobre buenas prácticas, incluida la manipulación de refrigerantes inflamables, en los sectores de instalación y posventa de equipos de refrigeración y aire acondicionado que funcionan con refrigerantes que no son SAO y de bajo potencial de calentamiento atmosférico (norma núm. 8938/2024).

8. Se está elaborando un plan nacional de certificación en colaboración con las principales partes interesadas, incluidas las instituciones de formación profesional, los organismos de enseñanza técnica, la EOS y expertos nacionales. La Dependencia Nacional del Ozono y un comité nacional apoyarán al

Ministerio de Trabajo en la actualización del marco de certificación existente para los técnicos de refrigeración y aire acondicionado.

Sector de fabricación

Sectores de fabricación de espumas de poliestireno extruido (XPS) y poliuretano (PU)

9. Las reconversiones en este sector se completaron⁴ en consonancia con la prohibición del 1 de enero de 2023 aplicada por el país. Se ultimaron los memorandos de entendimiento y dos empresas recibieron sus costos adicionales de explotación, mientras que Modern Plastics y Chem-foam los recibieron solo en parte y el monto restante se desembolsará por completo a más tardar en otoño de 2025.

10. Se han completado las reconversiones al ciclopentano en el sector de fabricación de espumas de poliuretano.⁵ No se había llegado a acuerdos con dos empresas: Siltal, que ya fabrica con ciclopentano y Bahgat, que ha dejado de fabricar.

Fabricación de equipos de aire acondicionado residenciales

11. En la etapa II se reconvirtieron a HFC-32 cinco fabricantes de equipos de aire acondicionado residenciales (El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire) (con un consumo total de 1.189,78 t de HCFC-22) que, de preferirlo cuando la tecnología esté disponible, podrán reconvertirse a R-454B (decisión 84/72 b)). En la 94ª reunión, los miembros expresaron su preocupación por el hecho de que no se hubieran fabricado aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan HFC-32 en las empresas reconvertidas y tomaron nota de la ausencia de medidas reglamentarias que pudieran ayudar a asegurar la adopción sostenida de esa tecnología en el mercado, y solicitaron información adicional sobre las medidas reglamentarias que se introducirían. También en la 94ª reunión, sobre la base de las observaciones de la Secretaría, la ONUDI había acordado aplazar la solicitud de la financiación restante asignada para el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial en el marco del cuarto tramo para los costos adicionales de explotación acordados para las dos empresas que todavía no habían firmado contratos de costos adicionales de explotación (Miraco y Power) hasta la presentación de la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC (KIP).

12. Se finalizaron las especificaciones técnicas, que también serían aplicables al R-454B cuando fuera posible, se seleccionó un proveedor, se recibieron equipos y se completaron la instalación, la puesta en marcha y la capacitación para El Araby, Fresh, Power y Unionaire. Como respuesta a los requisitos y especificaciones descritos en la decisión 84/72, Unionaire se había comprometido a fabricar únicamente aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan HFC-32 para el mercado local a más tardar el 1 de enero de 2025, Power a más tardar el 31 de diciembre de 2025, y El Araby and Fresh se había comprometido a hacerlo a más tardar el 31 de diciembre de 2026.

13. La ONUDI y Miraco finalizaron y firmaron el contrato para la reconversión de la empresa. Miraco decidió reconvertir sus líneas de fabricación a HFC-32 solo para aire acondicionado residencial y optó por no usar R-454B. La empresa presentó una carta de intenciones en relación con la decisión 84/72; se han recibido e instalado los equipos; y se han completado las tareas de puesta en marcha y capacitación. Se ha contratado a un experto independiente para llevar a cabo la auditoría de seguridad, que finalizará a más tardar en mayo de 2025. Se ha preparado el contrato para los costos adicionales de explotación, que requiere que la empresa fabrique únicamente aparatos de aire acondicionado residencial a base de HFC-32 para el

⁴ En las empresas CMB, Isutech, Chema-Foam y Modern Plastics para eliminar 24,3 t de HCFC-141b (2,67 toneladas PAO) y 599,0 t de HCFC-22 (65,89 toneladas PAO).

⁵ Con las empresas Bahgat, Electrostar, Fresh, Kiriazi, Ocean, Siltal, Star, TopMaker, Tredco, así como Everest y otras 28 pequeñas y medianas empresas para eliminar 586,72 t de HCFC-141b (64,539 toneladas PAO)

mercado local a más tardar el 31 de diciembre de 2026; en el momento de la finalización del presente documento, el contrato se encontraba en proceso de firma.

Fabricación de equipos de aire acondicionado comerciales

14. En la etapa II se proporcionó asistencia técnica a tres empresas (EGAT, Volta y Delta Construction and Manufacturing (DCM)) que fabrican sistemas centralizados de aire acondicionado para uso comercial ligero y residencial (por debajo de 42 kW aproximadamente (12 toneladas de refrigeración), a fin de realizar la reconversión a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico y, para sistemas de mayor capacidad, a una combinación de alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico y refrigeración por evaporación indirecta (IEC), dando lugar a un sistema híbrido de (IEC) y expansión directa (IEC-H). En la 88ª reunión, se acordó que se agregarían tres empresas adicionales al proyecto sin costo adicional para el Fondo Multilateral (Tiba Engineering Industries, Misr Engineering and Industries y Miraco-CARRIER).⁶

15. En la 94ª reunión, la ONUDI presentó un informe sobre los resultados de la asistencia técnica que, entre otras cosas, demostraba que el desempeño del sistema híbrido IEC-H superaba al de los sistemas de expansión directa. Las pruebas de los prototipos se llevaron a cabo en dos zonas climáticas representativas de El Cairo, el delta del Nilo y la región costera oriental en verano. Además, la ONUDI informó de que cuatro empresas (DCM, Volta, Tiba Engineering Industries y Misr Engineering and Industries) ofrecían equipos IEC-H como parte de su fabricación habitual.

16. Desde la 94ª reunión, se han realizado pruebas adicionales en una zona climática con temperaturas ambiente de bulbo seco más altas y menos humedad, comparando aparatos de expansión directa (DX) con refrigerante HFC-32 y aparatos híbridos IEC-H de cuatro fabricantes. Como se refleja en el addendum al informe presentado a la 94ª reunión que se adjunta al presente documento,⁷ estas pruebas mostraron un ahorro de energía de entre el 40 y el 50 por ciento en los sistemas IEC-H, lo que demuestra los beneficios de la tecnología. Las empresas ofrecen aparatos IEC-H que utilizan HFC-32. Tres empresas presentaron informes finales (DCM, Misr Engineering Industries y Tiba) y las seis empresas recibieron los pagos. Los resultados del proyecto se compartieron durante la 14ª Conferencia Internacional de Construcción Sostenible y Nanotecnología y se presentaron durante un acto especial sobre cuestiones medioambientales y calefacción, ventilación y aire acondicionado. También se organizaron actos paralelos durante la 35ª Reunión de las Partes y la 28ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración

17. Durante la ejecución del cuarto tramo, se entregaron los equipos necesarios para modernizar cuatro centros de capacitación en refrigeración y aire acondicionado, dependientes del Ministerio de Educación y Enseñanza Técnica, dos centros de capacitación en refrigeración y aire acondicionado, dependientes del Ministerio de Trabajo, y un centro de capacitación en refrigeración y aire acondicionado y un centro de excelencia dependiente del Ministerio de Comercio e Industria. La distribución de 167 juegos de herramientas de recuperación adquiridos anteriormente está en curso y se entregarán 25 juegos para finales de abril.

18. Se finalizó la guía sobre buenas prácticas de servicio y mantenimiento para los programas de capacitación. Se capacitó a un total de 355 técnicos que trabajan en la industria y pequeños talleres, que emplean a uno o dos técnicos y consumen entre dos y tres bombonas de refrigerantes al mes, y recibieron certificaciones de asistencia. Se celebraron dos sesiones de formación para un total de 31 evaluadores (incluyendo

⁶ La participación de estas empresas adicionales no tendría ningún costo adicional para el Fondo Multilateral, y no se proporcionaría financiación directamente a las empresas en el marco de esta actividad de asistencia técnica; su participación facilitará la adopción de la tecnología de bajo potencial de calentamiento atmosférico en el mercado, contribuyendo así a la sostenibilidad de la actividad.

⁷ Como se refleja en el párrafo 170 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/67, Informe de la 94ª reunión.

3 mujeres) en el centro de excelencia. Los evaluadores se encargarán de someter a pruebas a los técnicos que soliciten certificarse en el servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado que utilicen refrigerantes inflamables. El programa piloto de certificación de técnicos se puso en marcha mediante un contrato para certificar técnicos de posventa y se certificó a un total de 61 técnicos (incluyendo 6 mujeres).

19. Se estableció y entró en funcionamiento el primero de los dos centros de regeneración y, a fecha de marzo de 2025, se habían recuperado y reutilizado un total de 80 t de refrigerante, y se habían regenerado 7 t de refrigerante. Estaba en curso la distribución de doscientos juegos de equipos (por ejemplo, máquinas de recuperación, bomba de vacío y manómetros, manómetros de alta precisión, bombonas, termómetro) que se habían adquirido anteriormente para apoyar al centro de regeneración. Se ha seleccionado el segundo centro de regeneración y se ha firmado el contrato; se espera que se adquieran y entreguen los equipos para el centro, y que el permiso del centro se finalice para diciembre de 2025.

Ejecución y seguimiento de proyectos

20. La oficina de gestión de proyectos coordina y supervisa la ejecución del PGEH, que prevé visitas a los beneficiarios y a las partes interesadas, la celebración de talleres y reuniones, y la elaboración de los informes correspondientes. Los desembolsos de la oficina de gestión de proyectos para el cuarto tramo ascienden a un total de USD 49.000 (de los USD 180.000 asignados), que incluyen costes operativos y de personal (USD 20.454), consultores (USD 8.963), apoyo a la reconversión de la fabricación de equipos de aire acondicionado residenciales (USD 4.583) e imprevistos (USD 15.000).

Nivel de desembolso de los fondos

21. En marzo de 2025, de los USD 19.841.871 aprobados hasta esa fecha, se habían desembolsado USD 15.350.374 (USD 11.890.003 para la ONUDI, USD 769.300 para el PNUD, USD 2.483.771 para el PNUMA y USD 207.300 para al Gobierno de Alemania), como se muestra en el cuadro 2. El saldo de USD 4.491.497 se desembolsará en 2025 y 2026.

Cuadro 2. Informe financiero de la etapa II del PGEH para Egipto (USD)

Tramo		ONUDI	PNUMA	PNUD	GIZ	Total	Tasa de desembolso (%)
Primero	Aprobado	3.356.641	230.000	1.042.352	0	4.628.993	95
	Desembolsado	3.117.186	229.800	1.035.119	0	4.382.104	
Segundo	Aprobado	4.668.214	279.500	1.836.750	207.300	6.991.764	87
	Desembolsado	4.152.912	279.500	1.448.333	207.300	6.088.045	
Tercero	Aprobado	4.664.196	260.000	816.620	0	5.740.816	61
	Desembolsado	3.234.799	260.000	320	0	3.495.119	
Cuarto	Aprobado	2.300.298	180.000	0	0	2.480.298	56
	Desembolsado	1.385.107	0	0	0	1.385.107	
Total	Aprobado	14.989.349	949.500	3.695.722	207.300	19.841.871	77
	Desembolsado	11.890.003	769.300	2.483.771	207.300	15.350.374	
	Saldo	3.099.346	180.200	1.211.951	0	4.491.497	

Plan de ejecución para el quinto y último tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC

22. Entre junio de 2025 y diciembre de 2026, se ejecutarán las siguientes actividades:

- a) Fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial: Terminación de la reconversión de las cinco empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial (suministro de costos adicionales de explotación a Miraco y Power) (ONUDI) (USD 1.739.115);

- b) Políticas y sensibilización: Continuación con la aplicación de la red reglamentaria y trabajos para actualizar los códigos nacionales; divulgación sobre la red de recuperación y reciclaje en el sector de servicio y mantenimiento a través de las instituciones de formación profesional y técnica y publicación de material de divulgación; cuatro talleres de sensibilización para 200 participantes sobre los códigos y normas actualizados relacionados con la contención de refrigerantes y la prevención de fugas (PNUMA) (USD 35.500 y fondos del tramo anterior);
- c) Control y observancia: Cinco talleres destinados a capacitar a 250 funcionarios de organismos de protección del consumidor, investigación de suministros y control industrial, así como interesados directos relacionados, sobre el código de respuesta rápida previsto para el sistema de seguimiento de bombonas de refrigerante; cinco talleres para 100 funcionarios de la autoridad aduanera y otros organismos dedicados a la exportación e importación de sustancias controladas (PNUMA) (USD 30.000 y fondos del tramo anterior); adquisición de 15 identificadores de refrigerantes para los programas de capacitación aduanera y vigilancia de refrigerantes (ONUDI) (fondos del tramo anterior);
- d) Refrigeración y servicio y mantenimiento: Capacitación y certificación de 345 técnicos de talleres grandes e intermedios en buenas prácticas de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado (PNUMA) (USD 20.000 y fondos del tramo anterior); diez talleres de capacitación en campo para un total de 150 a 200 técnicos sobre buenas prácticas de servicio y mantenimiento para talleres pequeños que emplean a uno o dos técnicos y consumen de dos a tres bombonas; finalización del suministro de juegos de herramientas de servicio y mantenimiento portátiles para los equipos de campo y herramientas para los centros de posventa de cinco fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial (ONUDI) (USD 20.000 y fondos del tramo anterior);
- e) Recuperación y regeneración: Creación del segundo centro de regeneración y apoyo continuado al primero, establecido en el marco del tramo anterior y finalización del suministro de 200 juegos de herramientas de recuperación adicionales a talleres de mantenimiento con técnicos certificados (ONUDI) (USD 50.000 y fondos del tramo anterior);
- f) Monitorización del proyecto: Con un costo total de USD 145.000 para la gestión de las actividades de certificación y capacitación, incluyendo consultores nacionales e internacionales, reuniones regionales y un programa de intercambio (PNUMA) (USD 20.000 y fondos del tramo anterior) y supervisión y apoyo a todas las actividades del PGEH y apoyo a la ejecución de los proyectos de inversión en fabricación, incluidos servicios de consultoría, supervisión y evaluación de la ejecución, viajes, elaboración y presentación de informes de verificación y tramos (USD 125.000 de la ONUDI y fondos del tramo anterior).

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIÓN DE LA SECRETARÍA

OBSERVACIONES

Informe sobre el consumo de HCFC

23. La Secretaría, si bien observa con satisfacción que el consumo del país en 2024 fue inferior al especificado en el Acuerdo entre el país y el Comité Ejecutivo, observó que en 2025 el país necesitará reducir aproximadamente 100 toneladas PAO de HCFC-22 para seguir cumpliendo su Acuerdo con el Comité Ejecutivo. La ONUDI expresó su confianza en que el país podrá hacerlo y señaló que el cupo del país para 2025 se había expedido en consonancia con el objetivo para 2025, que representa el 53,5 por ciento del consumo del país para 2024.

Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del cuarto tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC

Marco jurídico

24. El Gobierno de Egipto ya ha establecido para 2025 cupos de importación de HCFC de 115,00 toneladas PAO, cantidad inferior a los objetivos de control del Protocolo de Montreal y que está en consonancia con el objetivo establecido para ese año en el Acuerdo del PGEH.

Sector de fabricación

25. La ONUDI proporcionó información adicional sobre la situación de las reconversiones a HFC-32 en las empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial. En el cuadro 3 se muestran los datos de fabricación relacionados con el R-410A de 2020 a 2024 de las cinco empresas. Según lo informado en la 94ª reunión, en 2023 las empresas habían fabricado 110 aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan HFC-32; en 2024, esa cifra aumentó sustancialmente a 244.166 aparatos que utilizan HFC-32 (que consumen 169,70 t de HFC-32). A fecha de marzo de 2025, aproximadamente el 10 por ciento de la fabricación de Power y El Araby, el 30 por ciento de la fabricación de Fresh y el 100 por ciento de la fabricación de Unionaire utilizaban HFC-32. En el momento de la finalización del presente documento, la ONUDI estaba deliberando con Unionaire acerca del desmantelamiento de las estaciones de carga de R-410A. La ONUDI ha expedido pagos parciales por los costos adicionales de capital y los costos adicionales de explotación basados en un año de funcionamiento con el refrigerante nuevo, teniendo en cuenta el consumo admisible de las empresas.

Cuadro 3. Consumo de aparatos de aire acondicionado residenciales de R-410A y R-410A fabricados por El Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire

Año	Consumo de R-410A (t)	Aparatos de aire acondicionado residenciales de R-410
2020	716,92	828.632
2021	1.229,29	1.175.896
2022	1.407,25	1.269.675
2023	1.105,53	986.823
2024	1.212,28	1.063.735

26. Si bien la fabricación con la alternativa acordada en las cinco empresas tomó más tiempo de lo esperado, desde 2023 esta fabricación se ha acelerado rápidamente. Todas las empresas dejarán de fabricar aparatos que utilizan R-410A para el mercado local a más tardar el 31 de diciembre de 2026. Como se describe en los párrafos 40 a 155 del presente documento, el país ha presentado a la presente reunión la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC (KIP). El proyecto presentado incluye la reconversión de las empresas restantes de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que utilizan R-410A en el país, y la aplicación de una prohibición de la importación y fabricación de aparatos de aire acondicionado residenciales que utilizan R-410A para garantizar la sostenibilidad de la reconversión.

Sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración

27. La Secretaría tomó nota con beneplácito de que la ONUDI había realizado esfuerzos para abordar la demora en la adquisición y entrega de 15 identificadores de refrigerantes para agentes de aduanas e importación, que se había retrasado debido a los problemas en curso en la cadena de suministro mundial de estos equipos, mediante la identificación de un proveedor que inicialmente proporcionará cinco identificadores, y los identificadores adicionales se adquirirán posteriormente.

28. Varias actividades previstas en el sector de servicio y mantenimiento aún no se han iniciado o están todavía en ejecución, entre ellas:

- a) Todavía no se han celebrado cinco talleres para capacitar a 75 funcionarios de aduanas y partes interesadas relacionadas sobre el control de la importación y exportación de sustancias controladas.
- b) Si bien se lanzó el programa piloto de certificación de técnicos y se certificaron 61 técnicos, se planea certificar un total de 500 técnicos en el marco del proyecto;
- c) Todavía no se ha comenzado a capacitar a otros 375 técnicos en buenas prácticas de mantenimiento para equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- d) Todavía se están diseñando las herramientas reglamentarias e institucionales para hacer cumplir el programa de certificación de técnicos de refrigeración y aire acondicionado;
- e) Se llevó a cabo una evaluación de las necesidades de equipos para la red de servicio posventa de equipos de aire acondicionado y se adquirieron juegos de herramientas de servicio y mantenimiento portátiles para los equipos sobre el terreno, pero todavía no se han completado las herramientas de apoyo para los centros de servicio posventa;
- f) Se ejecutó el programa de contención de refrigerantes y prevención de fugas, con prioridad en los equipos de refrigeración y aire acondicionado de gran tamaño; sin embargo, la inspección piloto y certificación de uno o dos edificios, prevista inicialmente para diciembre de 2024, ahora está prevista para diciembre de 2026;
- g) Se ha iniciado el desarrollo del sistema de seguimiento de refrigerantes basado en códigos QR para las bombonas de refrigerante, pero aún no se ha completado, y se prevé que los códigos QR para las bombonas de refrigerante sean obligatorios para el 31 de diciembre de 2026;
- h) Todavía no se han realizado cinco talleres de sensibilización para 60 funcionarios de aduanas sobre el sistema de seguimiento de refrigerantes y códigos QR;
- i) Todavía no se ha llevado a cabo la actualización de los códigos y normas locales para apoyar el programa de contención de refrigerantes y prevención de fugas ni los cuatro talleres de sensibilización para hacer cumplir los códigos actualizados; y
- j) Todavía se están elaborando políticas y medidas para garantizar la sostenibilidad de la reconversión en el sector de fabricación de equipos comerciales de aire acondicionado.

29. La ONUDI confirmó que las actividades previstas estarían terminadas para la fecha de terminación del proyecto. A la luz de las actividades que aún debían iniciarse o terminarse, la Secretaría pidió que la etapa III del PGEH que se espera presentar a la 97ª reunión incluya un informe detallado sobre el progreso de la ejecución de las actividades restantes en el marco de la etapa II.

Nivel de desembolso de los fondos

30. El PNUMA aclaró que, si bien su desembolso en el marco del cuarto tramo fue cero, esperaba desembolsar aproximadamente USD 36.000 para julio de 2025 sobre la base de las actividades ya emprendidas una vez que se haya finalizado el acuerdo de financiación a pequeña escala con el Gobierno. La Secretaría instó al PNUMA a finalizar ese acuerdo, así como el del quinto y último tramo, una vez aprobado, lo antes posible para que el país pueda beneficiarse de la asistencia del PNUMA.

Aplicación de políticas de género

31. Durante la ejecución del cuarto tramo, se hizo un seguimiento de la participación de las mujeres en las reuniones y actividades de capacitación. En el proyecto de aire acondicionado residencial, los ingenieros de dos de los beneficiarios (El Araby y Fresh) eran mujeres. Como resultado de las actividades de promoción de la incorporación de la perspectiva de género, tres mujeres participaron en la capacitación para instructores. Durante una ceremonia de celebración, tres mujeres recibieron certificados de reconocimiento de manos del Ministro de Medio Ambiente, el Ministro de Trabajo y el Ministro de Solidaridad Social por sus esfuerzos para facilitar la cooperación entre estas autoridades y la Dependencia Nacional del Ozono. Durante la ejecución del quinto tramo, se preparará un proyecto de políticas sobre la incorporación de la perspectiva de género y se organizarán cursos específicos para mujeres técnicas del sector de refrigeración y aire acondicionado.

Finalización de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC

32. La ONUDI ha confirmado que la etapa II de Egipto quedará completada el 31 de diciembre de 2026, de acuerdo con lo establecido en el párrafo 14 del Acuerdo.

Sostenibilidad de la eliminación de los HCFC y evaluación de riesgos

33. La ONUDI evaluó que el riesgo para la sostenibilidad de la reconversión del HCFC-22 en el aire acondicionado residencial es bajo, como lo demuestra la aceptación de la tecnología con HFC-32 en el mercado local y mundial. Además, la ONUDI observó que la disponibilidad de compresores de velocidad variable (*inverter*) que funcionan con HFC-32 mejorará aún más la sostenibilidad de la reconversión. La Secretaría coincide con la evaluación de la ONUDI y toma nota además de que la sostenibilidad de la reconversión y la adopción del HFC-32 se verán reforzadas por las actividades planificadas en el marco del KIP, que asegurarán la eliminación de la fabricación a base de R-410A en el aire acondicionado residencial, mediante la prohibición de la importación y fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan R-410A. Estas actividades ayudarán a garantizar que las cinco empresas que se reconvirtieron de forma proactiva tempranamente, incluso antes de que el país ratificara la Enmienda de Kigali, compitan en igualdad de condiciones. La Secretaría también tomó nota con beneplácito de que el Gobierno planea presentar a la 97ª reunión un proyecto en virtud de la decisión 94/60 para mejorar la eficiencia energética de, entre otras cosas, los aparatos de aire acondicionado residenciales fabricados por las cinco empresas en el marco del PGEH y las empresas que participan en el KIP. La Secretaría alentó al Gobierno a que presentara dicho proyecto, observando que mejoraría aún más la sostenibilidad de las reconversiones a la alternativa acordada y aumentaría el apoyo a las empresas incluidas en el PGEH. En ese sentido, la ONUDI confirmó que las cinco empresas que recibieron asistencia en el marco del PGEH entienden que estarán sujetas a la prohibición del 1 de enero de 2029 de la fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan R-410A que se aplicará en el marco del KIP, momento en el que ya no podrán fabricar aparatos de aire acondicionado residencial que utilizan R-410A para la exportación.

34. En la 79ª reunión, se observó que la sostenibilidad de la reconversión en el sector de fabricación de equipos comerciales de aire acondicionado era motivo de preocupación debido al uso de HFC de alto potencial de calentamiento atmosférico en el mercado en sistemas compactos, sistemas centralizados y enfriadores, incluidos el HFC-134a y el R-410A. Así, se acordó que el Gobierno, a través de la ONUDI, informará sobre la aplicación de políticas y medidas para garantizar una reconversión sostenible en el informe sobre los progresos realizados en la ejecución del tramo de la etapa II del PGEH hasta la adopción satisfactoria de las alternativas en el mercado.⁸ La asistencia técnica prestada al sector ha demostrado la mejora sustancial de la eficiencia energética que puede lograrse con la tecnología IEC-H, lo que debería contribuir a la adopción de esta tecnología en el mercado. Cuatro empresas (DCM, Volta, Tiba Engineering Industries y Misr Engineering and Industries) ofrecen aparatos IEC-H como parte de su fabricación habitual, y dos

⁸ Párrafo 50 b) del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/32.

empresas todavía estaban considerando las opciones. El desarrollo y la aplicación de políticas y medidas que ayuden a permitir la adopción por el mercado de aparatos IEC-H de bajo potencial de calentamiento atmosférico y eficiencia energética favorecerían aún más la reconversión y la adopción de la tecnología en el mercado.

35. Los centros de regeneración establecidos en el país deberían estar en condiciones de ofrecer HCFC-22 regenerado al mercado, dado que el precio aumenta con la eliminación. La Dependencia Nacional del Ozono debe seguir apoyando las marcas, los precios y los canales de distribución de los refrigerantes regenerados por los centros de regeneración existentes y nuevos. La capacitación continua y la aplicación del programa de certificación de técnicos de equipos de refrigeración y aire acondicionado ayudarán a reducir la demanda de servicio y mantenimiento de HCFC-22.

Conclusión

36. El país se encuentra en situación de cumplimiento de su Acuerdo con el Comité Ejecutivo. Las reconversiones en los sectores de la fabricación de espumas de poliestireno extruido (XPS) y de poliuretano (PU) han finalizado y el Gobierno ha aplicado una serie de prohibiciones para mantener la eliminación de los HCFC. El desembolso de fondos del cuarto tramo representa el 56 por ciento, y el 77 por ciento de la financiación total aprobada hasta la fecha. En la 94ª reunión, el Comité Ejecutivo decidió no aprobar toda la financiación correspondiente al cuarto tramo, ya que en ese momento no estaba claro cómo se aseguraría la sostenibilidad de la reconversión de las empresas fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial al HFC-32, dada la fabricación por otras empresas de equipos de aire acondicionado residencial con R-410A. Como se describe con más detalle en el párrafo 25 anterior, Egipto ha propuesto, en el marco de la etapa I de su KIP, un plan integral para reconvertir a HFC-32 las empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que quedan en el país, y para prohibir, a más tardar el 1 de enero de 2029, la importación y fabricación de equipos de aire acondicionado residencial con R-410A.

RECOMENDACIÓN

37. La Secretaría del Fondo recomienda al Comité Ejecutivo:

- a) Tomar nota del informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del cuarto tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de los HCFC (PGEH) para Egipto; y
- b) Pedir al Gobierno de Egipto, a través de la ONUDI, en calidad de organismo de ejecución principal, que al presentar la solicitud para la etapa III del PGEH incluya un informe detallado sobre los progresos realizados en la ejecución de las actividades restantes en el marco de la etapa II;
- c) Pedir al Gobierno de Egipto, la ONUDI, el PNUD, el PNUMA y el Gobierno de Alemania que presenten el informe de terminación del proyecto a la primera reunión del Comité Ejecutivo de 2027; y

38. La Secretaría del Fondo recomienda además la aprobación general del quinto y último tramo de la etapa II del PGEH para Egipto, y el plan de ejecución del tramo correspondiente al periodo 2025-2026 con los niveles de financiación que se indican en el cuadro a continuación:

	Título del proyecto	Financiación del proyecto (USD)	Gastos de apoyo (USD)	Organismo de ejecución
a)	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II, quinto tramo)	1.934.115	135.388	ONUDI
b)	Plan de gestión de eliminación de los HCFC (etapa II, quinto tramo)	105.500	12.605	PNUMA

HOJA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS – PROYECTOS PLURIANUALES

Egipto

TÍTULO DEL PROYECTO	ORGANISMO		
Plan de ejecución de Kigali para los HFC (etapa I)	ONUDI (principal), PNUD		
DATOS MÁS RECIENTES CON ARREGLO AL ARTÍCULO 7 (Anexo F)	Año: 2023	7.686,28 t	14.890.881 toneladas eq. de CO ₂

DATOS SECTORIALES SOBRE EL CONSUMO DE HFC (toneladas eq. de CO ₂) Y ACTIVIDADES									
	Aero- soles	Espu- mas	Extinción de incen- dios	Aire acondicionado y refrigeración				Disol- ventes	Otros
				Fabricación			Servicio y mantenim.		
				Refrigeración	Aire acondi- cionado	Otros			
Último informe del programa de país (2024)	260.632	197.184	1.595.494	1.080.564	3.345.441	0	10.754.212	0	0
Actividades de la etapa I del KIP acordadas (S/N)	N	S	N	S	S	N	S	N	N

CONSUMO MEDIO DE HFC EN EL PERIODO 2020-2022 EN SERVICIO Y MANTENIMIENTO*	4.390,29 t	9.345.372 toneladas eq. de CO ₂
---	------------	--

* Incluye el consumo para el servicio y mantenimiento de equipos de extinción de incendios

DATOS DE CONSUMO DE NIVEL BÁSICO (toneladas eq. de CO ₂)	2020	2021	2022	Promedio 2020-2022
Consumo anual de HFC	12.498.835	12.840.128	14.317.946	13.218.970
Nivel básico de HCFC (65%)				6.071.380
Nivel básico de HFC				19.290.350

CONSUMO DE HFC ADMISIBLE PARA LA FINANCIACIÓN	
Punto de partida para las reducciones acumuladas sostenidas	Por determinar
Proyectos de inversión aprobados anteriormente para la reducción de HFC	No
Reducciones acumulativas de proyectos aprobados anteriormente (toneladas eq. de CO ₂)	n.a.

DATOS DEL PROYECTO SEGÚN LO ACORDADO			2025*	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Consumo (toneladas eq. de CO ₂)	Límites del Protocolo de Montreal		19.290.350	19.290.350	19.290.350	19.290.350	17.361.315	17.361.315	n.a.
	Máximo admisible		19.290.350	19.290.350	18.500.000	18.000.000	16.387.179	15.046.473	n.a.
	Reducción respecto al nivel básico (%)		0	0	4,1	6,7	15,0	22,0	n.a.
Cantidades recomendadas en principio (USD)	ONUDI	Costos de proyecto	9.081.787	0	3.545.129	0	1.648.115	0	14.275.031
		Gastos de apoyo	635.725	0	248.159	0	115.368	0	999.252
	PNUD	Costos de proyecto	1.704.688	0	1.047.100	0	170.779	0	2.922.567
		Gastos de apoyo	119.328	0	73.297	0	11.955	0	204.580
	Costo total del proyecto		10.786.475	0	4.592.229	0	1.818.894	0	17.197.598
	Total de gastos de apoyo		755.053	0	321.456	0	127.323	0	1.203.832
	Financiación total		11.541.528	0	4.913.685	0	1.946.217	0	18.401.430

* Recomendado para su aprobación en la presente reunión

Reducción del consumo restante admisible para la financiación de la etapa I (toneladas eq. de CO ₂)	5.795.458*
---	------------

* Incluye 35.850 toneladas eq. de CO₂ de HFC contenidos en polioles premezclados importados

Recomendación de la Secretaría:	Consideración individual
---------------------------------	--------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

39. El presente documento consta de las secciones siguientes:

- I. Resumen de la propuesta tal como se presentó
- II. Antecedentes: Estado de ejecución del plan de gestión de eliminación de los HCFC
- III. Panorama general del consumo de HFC: Niveles de consumo de HFC, tendencias y consumo por sector
- IV. Etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC, según lo presentado: Marco reglamentario, estrategia de reducción, costo total de la etapa y plan de ejecución para el primer tramo
- V. Observaciones de la Secretaría, incluido el costo convenido de las actividades
- VI. Recomendación

I. Resumen de la propuesta tal como se presentó

40. En nombre del Gobierno de Egipto, la ONUDI, en calidad de organismo de ejecución principal, presentó una solicitud de financiación para la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC (KIP), con un costo total de USD 29.817.042, que consiste en USD 22.197.232, más gastos de apoyo al organismo de USD 1.553.806 para la ONUDI y de USD 5.669.162, más gastos de apoyo al organismo de USD 396.841 para el PNUD, según lo presentado originalmente.⁹

41. La ejecución de la etapa I del KIP ayudará al Gobierno de Egipto a reducir su consumo de HFC en un 21,40 por ciento respecto a su nivel básico para el 1 de enero de 2029, antes del calendario de control del Protocolo de Montreal.

42. El primer tramo de la etapa I del KIP que se solicita en esta reunión asciende a USD 17.392.844, que consta de USD 12.707.775, más gastos de apoyo al organismo de USD 889.544 para la ONUDI y USD 3.547.220, más gastos de apoyo al organismo de USD 248.305 para el PNUD, tal como se presentó originalmente, para el periodo de junio de 2025 a diciembre de 2027.

II. Antecedentes

Estado de ejecución del plan de gestión de eliminación de los HCFC

43. En el cuadro 1 se presenta información sobre el plan de gestión de eliminación de los HCFC (PGEH) en Egipto a fecha de febrero de 2025.

Cuadro 1. Estado de ejecución del PGEH para Egipto

	Etapa I	Etapa II
Reuniones en las que se aprobó/actualizó el PGEH	65 ^a	79 ^a /84 ^a
Reducción respecto al nivel básico	25% para 2018	67,5% para 2025
Costo total de proyecto (USD)	8.502.815	21.881.486
Fecha de terminación (real/planificada)	1 de diciembre de 2019	31 de diciembre de 2026

⁹ Según la nota del 22 enero de 2025, dirigida a la ONUDI por el Ministerio de Medio Ambiente de Egipto.

Estado de ejecución de las actividades previas relacionadas con los HFC

44. En el cuadro 2 se presenta un panorama general de las actividades ejecutadas en Egipto en el contexto de la Enmienda de Kigali que han sido financiadas por el Fondo Multilateral.

Cuadro 2. Actividades relacionadas con los HFC aprobadas anteriormente en Egipto

Reunión de aprobación	Título del proyecto	Organismo de ejecución	Coste (USD)	Fecha de finalización
81ª	Actividades de apoyo para la reducción de los HFC	ONUDI/PNUMA	250.000	Junio de 2022
93ª	Proyecto piloto de eficiencia energética en el sector de refrigeración y aire acondicionado en Egipto para mantener y/o mejorar la eficiencia energética de las tecnologías y equipos de sustitución en el contexto de la reducción de los HFC	ONUDI	285.000	En curso

III. Panorama general del consumo de HFC

Niveles de consumo de HFC

45. Egipto sólo importa HFC para su uso en los sectores de fabricación y servicio y mantenimiento. Las sustancias más consumidas en 2024 fueron el HFC-134a (37,8 por ciento del consumo total de HFC en eq. de CO₂), R-410 A (34,3 por ciento), R-404A (15,4 por ciento) y HFC-227ea (9,4 por ciento), y otros HFC representaron el 3,1 por ciento del consumo total. En el cuadro 1 se muestra el consumo de HFC del país notificado a la Secretaría del Ozono con arreglo al Artículo 7 del Protocolo de Montreal, y el nivel básico de HFC del país.

Cuadro 3. Consumo de HFC (datos de 2020-2024 con arreglo al Artículo 7) y nivel básico de referencia en Egipto

HFC	Potencial calentamiento atmosférico	2020	2021	2022	2023	2024*
Toneladas (t)						
HFC-134a	1.430	3.109,95	2.836,53	2.797,31	3.673,87	4.556,45
HFC-152a	124	275,45	454,66	429,90	227,00	281,22
HFC-227ea	3.220	539,55	429,94	460,20	502,41	500,50
HFC-245fa	1.030	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50
HFC-365mfc	794	30,45	33,06	34,80	0,00	33,00
R-404A	3.922	720,60	621,96	607,22	669,47	677,88
R-410A	2.088	1.501,90	2.114,50	2.844,18	2.415,15	2.832,64
Otros	n.a.	132,48	226,29	226,51	134,38	222,16
Total (t)		6.332,90	6.784,57	7.515,73	7.686,28	9.220,34
HFC-245fa en polioles premezclados*	1.030	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00
HFC-365mfc en polioles premezclados*	794	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00
Toneladas eq. de CO₂						
HFC-134a	1.430	4.447.229	4.056.238	4.000.162	5.253.638	6.515.716
HFC-152a	124	34.156	56.378	53.308	28.148	34.871
HFC-227ea	3.220	1.737.351	1.384.407	1.481.844	1.617.773	1.611.610
HFC-245fa	1.030	23.204	69.653	119.075	65.920	119.995
HFC-365mfc	794	24.177	26.250	27.631	0	26.202
R-404A	3.922	2.825.905	2.439.086	2.381.262	2.625.377	2.658.374
R-410A	2.088	3.135.216	4.414.019	5.937.217	5.041.627	5.913.136
Otros**	n.a.	271.598	394.098	317.447	258.398	353.623
Total (toneladas eq. de CO₂)		12.498.835	12.840.128	14.317.946	14.890.881	17.233.528
HFC-245fa en polioles premezclados*	1.030	22.062	24.493	32.816	28.191	29.870
HFC-365mfc en polioles premezclados*	794	0	0	0	0	16.674

HFC	Potencial calentamiento atmosférico	2020	2021	2022	2023	2024*
Cálculo de nivel básico de HFC (toneladas eq. de CO₂)						
Consumo medio de HFC en 2020-2022					13.218.970	
Nivel básico de HCFC (65%)					6.071.380	
Nivel básico de HFC					19.290.350	

* Datos del programa de país

** Incluye HFC-32, HFC-125, HFC-143a, HFC-236fa, HFC-23, R-406A, R-407C, R-407F, R-408A, R-417A, R-507A y R-508B

Informe de ejecución del programa de país

46. Los datos sectoriales de consumo de HFC facilitados por el Gobierno de Egipto en su informe de ejecución del programa de país para 2023 concuerdan con los datos notificados con arreglo al Artículo 7 del Protocolo de Montreal.

Tendencias del consumo de HFC

47. El consumo de HFC en Egipto ha ido aumentando cada año desde 2020, con aumentos sustanciales en 2022 y en 2024. En 2022, el consumo aumentó aproximadamente un 11,5 por ciento en toneladas eq. de CO₂, debido principalmente al aumento del uso de R-410A en el aire acondicionado. En 2023, el consumo aumentó moderadamente dado el aumento del consumo de tres de los HFC/mezclas más utilizados (HFC-134a, HFC-227ea y R-404A) y la disminución de algunos HFC. En 2024, el consumo aumentó un 16 por ciento en toneladas eq. de CO₂, impulsado en parte por la recuperación de la devaluación de la moneda de 2023. Si bien los aumentos en el consumo de HFC-134a y R-410A representaron una parte sustancial del aumento de 2024, también hubo aumentos en los otros siete HFC importados con más frecuencia en el país,¹⁰ y un aumento sustancial en el consumo de HFC-32 en consonancia con la reconversión de cinco empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial a esa tecnología en el marco del PGEH. El consumo medio de cada refrigerante en los tres años de referencia muestra que el HFC-134a y el R-410A constituyen el 73 por ciento en toneladas y el 66 por ciento en toneladas eq. de CO₂ del consumo de HFC en Egipto. Antes de 2024, los importadores informaban previamente a la Dependencia Nacional del Ozono de las importaciones relacionadas con todas las sustancias, incluidos los HFC, antes de la nueva medida, lo que permitió a la Dependencia Nacional del Ozono calcular el consumo de HFC para los años de notificación.

Consumo de HFC por sector

48. Los HFC se consumen en el sector de servicio y mantenimiento (59 por ciento del consumo en términos de toneladas eq. de CO₂), en diversos subsectores de fabricación (29 por ciento) y en la extinción de incendios (12 por ciento). En el sector manufacturero, el mayor porcentaje de HFC corresponde a la fabricación de equipos de aire acondicionado residencial y comercial, que representaron el 20 por ciento del consumo total en los años de referencia en toneladas eq. de CO₂,¹¹ seguida por la fabricación de equipos de refrigeración domésticos (4 por ciento), la fabricación de inhaladores de dosis medidas (1,3 por ciento), la fabricación de equipos de refrigeración comercial y de transporte (1 por ciento cada uno), espumas de poliuretano (casi el 1 por ciento), y la fabricación de espumas de aire acondicionado para vehículos y de poliestireno extruido (menos del 1 por ciento cada una).

49. Los HFC para servicio y mantenimiento se consumen principalmente en el subsector de refrigeración (37 por ciento en t y 39 por ciento en toneladas eq. de CO₂ del consumo total de HFC en los años de

¹⁰ HFC-134a (24 por ciento), HFC-152a (24 por ciento), HFC-245fa (82 por ciento), HFC-23 (5 por ciento), R-404A (1 por ciento), R-407C (32 por ciento), R-410A (17 por ciento), R-417A (6 por ciento) y R-507A (3 por ciento).

¹¹ Estos dos sectores se combinan en los datos del programa de país y el estudio de consumo en preparación del KIP no permitió identificar todas las empresas que utilizan HFC en la fabricación de aire acondicionado comercial, sin embargo, indicó que todos los R-410A notificados pertenecen al sector de aire acondicionado residencial.

referencia),¹² seguido por el subsector de aire acondicionado (14 por ciento en t y 15 por ciento en toneladas eq. de CO₂)¹³ y el subsector de aire acondicionado para vehículos (7 por ciento en toneladas y 5 por ciento en toneladas eq. de CO₂), como se indica en los cuadros 4 y 5.

¹² Debido a discrepancias en los datos, no se muestra un desglose adicional, pero el subsector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración está formado por lo siguiente en porcentajes aproximados del consumo total de HFC: comercial (34 por ciento en toneladas eq. de CO₂), industrial (15 por ciento), doméstico (11 por ciento) y transporte (7 por ciento).

¹³ El subsector de servicio y mantenimiento de equipos de aire acondicionado está integrado por los siguientes tipos en porcentajes aproximados del consumo total de HFC: residencial (25 por ciento) y comercial (menos del 1 por ciento).

Cuadro 4. Consumo de HFC en Egipto, por sector, en t (2020-2022)¹⁴

Sector	HFC-32	HFC-134a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-245fa	HFC365mfc	R-404A	R-407C	R-410A	Otros	Total	Parte del total (%)
Sectores de fabricación												
Refrigeración doméstica	0,00	409,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	409,44	6
Refrigeración comercial	0,00	31,79	0,00	0,00	0,00	0,00	5,24	0,45	0,00	0,00	37,48	1
Transporte refrigerado	0,00	37,51	0,00	0,00	0,00	0,00	8,51	45,55	0,00	0,00	91,58	1
Aire acondicionado residencial y comercial	3,35	41,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	1250,67	0,00	1.255,19	18
Aire acondicionado para vehículos	0,00	41,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,71	1
Espumas de poliuretano	0,00	0,00	0,00	4,90	68,59	32,77	0,00	0,00	0,00	0,00	106,25	2
Espumas de poliestireno extruido	0,00	0,00	386,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	386,67	6
Aerosoles	0,00	118,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,98	2
Subtotal para la fabricación	3,35	639,43	386,67	4,90	68,59	32,77	13,75	47,18	1250,67	0,00	2.447,29	36
Servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado												
Subsectores de refrigeración	0,00	1816,11	0,00	0,00	0,00	0,00	636,18	39,33	0,00	11,81	2.503,43	37
Subsectores de aire acondicionado	12,92	18,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	897,39	2,69	969,64	14
Aire acondicionado para vehículos	0,00	440,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00	445,86	7
Subtotal para servicio y mantenimiento	12,92	2275,14	0,00	0,00	0,00	0,00	636,18	77,33	902,86	14,50	3.918,93	57
Otros sectores												
Extin. de incendios	0,00	0,00	0,00	471,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	471,98	7
Otros	5,41	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,12	15,90	0
Subtotal para otros sectores	5,41	0,37	0,00	471,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,44	487,88	7
Total	21,67	2.914,94	386,67	476,56	68,59	32,77	649,93	124,51	2.153,53	24,94	6.854,10	100

* En los datos del programa de país también se notificó un consumo medio en el sector de espumas de 25,69 t de HFC-245a en polioles premezclados importados.

¹⁴ Los datos de este cuadro para los sectores de aire acondicionado comercial y residencial, extinción de incendios y "otros" provienen del informe del programa de país, mientras que los datos de otros sectores se toman del estudio. Los datos coinciden con el programa de país en la mayoría de los sectores, excepto en el sector de servicio y mantenimiento, donde hay una diferencia de 0,62 t con respecto al informe del programa de país.

Cuadro 5. Consumo de HFC en Egipto, por sector, en toneladas eq. de CO₂ (2020-2022)¹⁵

Sector	HFC-32	HFC-134a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-245fa	HFC-365mfc	R-404A	R-407C	R-410A	Otros*	Total	Parte del total (%)
Sectores de fabricación												
Refrigeración doméstica	0	585.499	0	0	0	0	0	0	0	0	585.499	4
Comercial Refrigeración	0	45.465	0	0	0	0	20.542	793	0	0	66.800	1
Transporte refrigerado	0	53.643	0	0	0	0	33.382	80.807	0	0	167.832	1
Aire acondicionado residencial y comercial	2.258	0	0	0	0	0	0	2.084	2.610.767	0	2.615.109	20
Aire acondicionado para vehículos	0	59.641	0	0	0	0	0	0	0	0	59.641	0
Espumas de poliuretano*	0	0	0	15.767	70.644	26.019	0	0	0	0	112.431	1
Espumas de poliestireno extruido	0	0	47.947	0	0	0	0	0	0	0	47.947	0
Aerosoles	0	170.137	0	0	0	0	0	0	0	0	170.137	1
Subtotal para la fabricación	2.258	914.385	47.947	15.767	70.644	26.019	53.922	83.684	2.610.767	0	3.825.393	29
Servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado												
Subsectores de refrigeración	0	2.597.040	0	0	0	0	2.494.840	69.767	0	8.184	5.202.265	39
Subsectores de aire acondicionado	8.721	26.645	0	0	0	0	0	67.406	1.873.306	6.320	1.982.398	15
Aire acondicionado para vehículos	0	629.761	0	0	0	0	0	0	11.412	0	641.173	5
Subtotal para servicio y mantenimiento	8.721	3.253.446	0	0	0	0	2.494.840	137.174	1.884.718	14.504	7.825.836	59
Otros sectores												
Extin. de incendios	0	0	0	1.518.767	0	0	0	0	0	3.113	1.521.880	12
Otros	3.650	529	0	0	0	0	0	0	0	41.921	46.099	0
Subtotal para otros sectores	3.650	529	0	1.518.767	0	0	0	0	0	45.034	1.567.979	12
Total	14.628	4.168.360	47.947	1.534.534	70.644	26.019	2.548.762	220.858	4.495.485	59.537	13.219.208	100

* En los datos del programa de país también se informó un consumo promedio en el sector de espumas de 26.457 toneladas eq. de CO₂ de HFC-245a en polioles premezclados importados.

¹⁵ Los datos de este cuadro para los sectores de aire acondicionado comercial y residencial, extinción de incendios y "otros" provienen del informe del programa de país, mientras que los datos de otros sectores se toman del estudio. Los datos coinciden con el programa de país en la mayoría de los sectores, excepto en el sector de servicio y mantenimiento, donde hay una diferencia de 2.343 toneladas eq. de CO₂ con respecto al informe del programa de país.

Sectores de fabricación

50. En Egipto, los sectores de fabricación que utilizan HFC incluyen empresas que fabrican equipos de refrigeración doméstica y comercial y equipos de aire acondicionado residencial y comercial, espumas de poliuretano, espumas de poliestireno extruido y aerosoles para producir inhaladores de dosis medida.

Sector de fabricación de espumas de poliuretano

51. En el marco del PGEH, se prestó asistencia a ocho empresas que fabrican espumas de poliuretano en el sector de refrigeración doméstica para reconvertir del HCFC-141b al ciclopentano. Sin embargo, varias pequeñas y medianas empresas del sector ya utilizaban HFC-245fa puro y en polioles premezclados importados como agente espumante antes de la ejecución del proyecto de reconversión, y una empresa que fabricaba calentadores de agua utilizaba HFC-365mfc mezclado con HFC-227ea como agente espumante. El consumo de HFC en este sector se abordaría en la etapa I del KIP.

Sector de fabricación de espumas de poliestireno extruido

52. En Egipto hay dos empresas que utilizan HFC-152a para fabricar paneles discontinuos para la construcción. Este sector manufacturero representa el 6 por ciento del consumo total de HFC del país en términos de t, pero sólo el 0,4 por ciento en términos de toneladas eq. de CO₂. El HFC-152a se utiliza únicamente en el sector de los poliestirenos extruidos, y se propone abordarlo durante la etapa I, después de lo cual se aplicaría una prohibición para 2028.

Sector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica

53. Hay seis empresas con un consumo de HFC-134a superior a 15 t, cinco empresas con un consumo entre 15 t y 1,5 t y cuatro empresas con un consumo inferior a 1,5 t que fabrican refrigeradores domésticos. Las empresas con un consumo inferior a 1,5 t cargan los equipos en campo y se denominarán microempresas, aunque algunas de estas empresas también fabrican otros productos de refrigeración y aire acondicionado.¹⁶ Se ha previsto la eliminación del consumo de este sector durante la etapa I del KIP. El HFC-134a es el refrigerante predominantemente consumido en este sector; sin embargo, se fabrican algunos equipos de refrigeración domésticos que utilizan R-600a; también se importan en el país refrigeradores domésticos que utilizan R-600a.

Sector de fabricación de equipos de refrigeración comercial

54. En el sector de fabricación de equipos de refrigeración comercial, un fabricante, seis pequeñas y medianas empresas y cuatro microempresas fabrican equipos autónomos de refrigeración comercial. El HFC-134a es el principal HFC utilizado en el sector (aproximadamente el 85 por ciento); el R-404A y el R-407C son los otros HFC utilizados por estas empresas. El consumo de este sector se abordaría en la etapa I del KIP.

Sector de fabricación de equipos de refrigeración para el transporte

55. Se identificaron tres empresas de fabricación e instalación de transporte refrigerado (dos pequeñas y medianas empresas y una microempresa). Estas empresas utilizan principalmente R-404A y R-407C, así como algo de HFC-134a. Este sector manufacturero se abordará en una etapa futura.

¹⁶ En el presente documento, las empresas manufactureras con un consumo superior a 15 t se denominarán "fabricantes", con un consumo de entre 1,5 y 15 t se denominarán "pequeñas y medianas empresas", y por debajo de 1,5 t, "microempresas".

Sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial

56. En la etapa II del PGEH, se apoyó a cinco empresas¹⁷ para que hicieran la reconversión de HCFC-22 a HFC-32 o R-454B.¹⁸ En la 84ª reunión, se observó que todas las empresas, excepto una, fabricaban aparatos que utilizan HCFC-22 y R-410A en las líneas de fabricación. En la 88ª reunión se acordó que las empresas eliminarían la fabricación de aparatos con R-410A para el mercado local a más tardar en 2028¹⁹, a fin de asegurar la introducción con éxito del HFC-32. En 2024, la fabricación de aparatos que utilizan HFC-32 en estas empresas representó el 0,04 por ciento de los aparatos producidos entre el 1 de enero de 2023 y el 13 de marzo de 2024. La ONUDI observó que las tres empresas habían firmado contratos para cumplir con el cronograma para la eliminación total de los aparatos que utilizan R-410A para el mercado local, que serían reemplazados por tecnología de HFC-32 para el 1 de enero de 2025 o el 31 de diciembre de 2026. En la 94ª reunión, celebrada en 2024, también se aclaró que las cinco empresas que se estaban reconvirtiendo no comprendían todo el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial y que varias otras empresas de este sector fabricaban productos que utilizan R-410A. A continuación, el Comité Ejecutivo decidió que el cuarto tramo, que incluiría la financiación de las dos empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que aún no habían firmado contratos para los costos adicionales de explotación del PGEH, podría presentarse en la misma reunión que el KIP.²⁰ En 2024, un aumento sustancial del consumo de HFC-32 se puede atribuir a la fabricación con HFC-32 en estas empresas.

57. Durante la preparación del KIP, se identificaron cuatro fabricantes, una pequeña o mediana empresa y una microempresa en el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que no habían participado en los proyectos de reconversión en el marco del PGEH, que fabrican aparatos a base de R-410A y son admisibles en el marco de la reducción de HFC. Si bien en 2020 no hubo crecimiento del consumo de HFC entre estas empresas, el consumo ha crecido de manera constante desde 2021, especialmente en 2021 y en 2024, con un crecimiento del 21 por ciento y del 57 por ciento, respectivamente. Mientras que dos de las empresas consumieron menos de 15 t de HFC entre 2019 y 2021 y, por lo tanto, se habrían considerado como pequeñas y medianas empresas, en 2023 había cuatro empresas que consumían más de 15 t de R-410A, y en 2024 las cinco empresas consumían más de 15 t de R-410A. Todo el consumo de R-410A del país se ha atribuido a estas 11 empresas de aire acondicionado residencial (las que recibieron asistencia en el marco del PGEH y las identificadas en el marco del KIP). Este sector se abordaría durante la etapa I del KIP para garantizar la sostenibilidad de las reconversiones en el marco del PGEH.

Sector de fabricación de equipos comerciales de aire acondicionado

58. Seis empresas del sector de fabricación de equipos comerciales de aire acondicionado recibieron asistencia técnica en el marco del PGEH para reconvertirse a HFC de bajo potencial de calentamiento atmosférico, y se informó de que cuatro de ellas, así como una séptima empresa que no estaba incluida en el proyecto, habían comenzado a fabricar aparatos de refrigeración de evaporación indirecta (IEC). Si bien el estudio no identificó el número de empresas que utilizan HFC en este sector, se puede atribuir parte del consumo de R-407C a este sector. Se ha propuesto un proyecto de demostración en el sector de aire acondicionado comercial durante la etapa I del KIP.

Sector de fabricación de equipos de aire acondicionado para vehículos

59. Durante la preparación del proyecto, se identificaron 12 empresas en el sector de fabricación de aire acondicionado para vehículos, algunas de las cuales son de propiedad conjunta extranjera. Este sector

¹⁷ El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire

¹⁸ En caso de que las empresas así lo decidan una vez que la tecnología esté disponible (decisión 84/72 b)).

¹⁹ Con tres objetivos intermedios: el 25 por ciento de los productos ofrecidos al mercado local para 2025; el 50 por ciento de los productos ofrecidos al mercado local para 2026; y el 75 por ciento de los productos ofrecidos al mercado local para 2027 (decisión 88/70 a) ii) a.).

²⁰ Decisión 94/35 c) i)

manufacturero depende del HFC-134a y consume menos del 1 por ciento del consumo total de HFC del país en términos de toneladas eq. de CO₂. El objetivo de este consumo será en una etapa futura.

Aerosoles y disolventes

60. Los HFC se utilizan como propulsor en los inhaladores de dosis medida en Egipto y este consumo ha ido aumentando anualmente.²¹ Por lo demás, en el país no hay consumo de HFC en disolventes industriales. El sector de fabricación de inhaladores de dosis medida en Egipto utiliza únicamente HFC-134a, mientras que el HFC-227ea sólo se encuentra en inhaladores de dosis medida precargados importados. En Egipto no se utilizan actualmente alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico, como el HFC-152a y el HFO-1234ze. Este sector se abordará en una etapa futura.

Sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado

61. En Egipto hay aproximadamente 100.000 técnicos (de los cuales las mujeres representan aproximadamente el 5 por ciento) y 24.000 talleres que consumen HFC. De estos, 75.000 técnicos (incluyendo 3.000 mujeres) están especializados en aire acondicionado, mientras que 25.000 técnicos (incluyendo 2.000 mujeres) están especializados en refrigeración. Aproximadamente el 35 por ciento de la fuerza laboral está empleada en talleres formales que se adhieren a las normas y reglamentos del sector, y el 65 por ciento restante trabaja en talleres informales con una supervisión regulatoria limitada. Se estima que el número de técnicos que trabajan en el sector de servicio y mantenimiento de equipos de aire acondicionado para vehículos es de 20.000 (de los cuales menos del 5 por ciento son mujeres).

62. La educación técnica y la formación profesional en refrigeración y aire acondicionado en Egipto se distribuyen entre tres entidades principales: el Ministerio de Educación y Enseñanza Técnica, que supervisa 285 escuelas técnicas con departamentos de refrigeración y aire acondicionado con 2.965 profesores especializados en la enseñanza de refrigeración y aire acondicionado; el Ministerio de Trabajo, que gestiona 27 centros de formación profesional centrados específicamente en la refrigeración y el aire acondicionado; y el Departamento de Productividad y Formación Profesional (PVTD), dependiente del Ministerio de Industria, que supervisa varios centros de formación en refrigeración y aire acondicionado. En el marco del PGEH, se mejoraron 21 centros de capacitación y se establecieron tres centros de capacitación maestros y un centro de excelencia, se formó a instructores y se actualizó y adoptó el programa de capacitación. Se estableció un centro de regeneración y está previsto y en marcha otro.

63. En 2024, la Organización Egipcia de Normalización emitió una directriz nacional para la certificación de técnicos con la norma egipcia número 8938/2024. La directriz se basa en buenas prácticas para los equipos de refrigeración y aire acondicionado que funcionan con refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico, incluida la manipulación segura de refrigerantes inflamables en los sectores de instalación y mantenimiento. Se han iniciado los esfuerzos para actualizar la certificación nacional de los técnicos de refrigeración y aire acondicionado a fin de que se ajuste a esta norma, con la colaboración entre la Dependencia Nacional del Ozono, los departamentos de formación profesional del Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Industria, y la Organización Egipcia de Normas.

Servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración residenciales, comerciales, industriales y de transporte

64. Los subsectores de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración que utilizan HFC en Egipto incluyen la refrigeración doméstica, comercial, industrial y de transporte. El consumo atribuido al servicio y mantenimiento en los subsectores de refrigeración durante los años de referencia del estudio fue

²¹ Este consumo en la fabricación de inhaladores de dosis medida se había notificado en el país en el campo de disolventes en lugar de en el de aerosoles en el informe del programa de país. En consecuencia, el país presentará los datos revisados del programa de país.

de aproximadamente el 37 por ciento en t y el 39 por ciento en toneladas eq. de CO₂, lo que lo convierte en el sector con mayor consumo de HFC. El HFC-134A es el principal HFC utilizado en el servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración, seguido del R-404A y el R-407C y, con un uso limitado del R-407F, R-507A y R-508A.

Servicio y mantenimiento de equipos de aire acondicionado residencial y comercial

65. Los subsectores de servicio y mantenimiento de equipos de aire acondicionado que utilizan HFC en Egipto incluyen aire acondicionado residencial y comercial. El consumo atribuido al servicio y mantenimiento en los subsectores de aire acondicionado durante los años de referencia del estudio fue de aproximadamente el 13,75 por ciento en toneladas y el 14,6 por ciento en términos de toneladas eq. de CO₂. El R-410A es el principal HFC utilizado en el aire acondicionado residencial, seguido del HFC-32. Otros HFC atribuidos al sector de aire acondicionado incluyen algo de HFC-134a (aproximadamente el 1 por ciento del uso de esta sustancia) y R-417A.

Servicio y mantenimiento de equipos de aire acondicionado para vehículos

66. El sector de servicio y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado para vehículos depende del HFC-134a y representa el 5 por ciento del consumo total de HFC del país en términos de toneladas eq. de CO₂. Este sector no se había abordado anteriormente en el marco del PGEH y algunas actividades del sector de servicio y mantenimiento en el marco de la etapa I del KIP se centrarán en este sector.

Extinción de incendios

67. Todos los sistemas de extinción de incendios se importan a Egipto, pero se llenan y mantienen en el país; no hay fabricación en este sector. Durante el estudio de preparación se identificaron 14 proveedores especializados de sistemas de extinción de incendios y 16 prestadores de servicio y mantenimiento. Los HFC representan el 75 por ciento del mercado de los sistemas de extinción de incendios, y algunas de las alternativas utilizadas en este sector son el nitrógeno, el CO₂, los productos químicos secos, el agua, el agua nebulizada y los hidrofluoroéteres, aunque se está evaluando el impacto medioambiental de estos últimos. El HFC-227ea es el principal HFC utilizado en el servicio y mantenimiento de la extinción de incendios, con un uso limitado del HFC-236fa. El consumo de HFC en la extinción de incendios asciende al 12 por ciento del consumo total de HFC del país en términos de toneladas eq. de CO₂.

Subsector de instalación y montaje locales

68. La propuesta, tal como se presentó, se refería a las empresas de varios sectores manufactureros con un consumo inferior a 1,5 t como "instaladores". Sin embargo, estas empresas cargan los equipos en campo y, como tales, no entran en la categoría de instalador definida en los documentos UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/49 y Corr.1. En el estudio del sector de servicio y mantenimiento, se estimó que 62,15 t (243.727 toneladas eq. de CO₂) pertenecían a este sector durante los años de referencia; sin embargo, no se disponía de un análisis más detallado del sector.

Fabricación de mezclas

69. En 2021, se fabricaron en el país un total de 39,89 t de mezclas de HFC (7,44 t de R-404A y 32,45 t de R-410A). No se notificaron dichas mezclas en ninguno de los demás años del periodo 2020-2024.

IV. Etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC según lo presentado

Marco institucional, normativo y reglamentario

70. Egipto ratificó la Enmienda de Kigali el 22 de agosto de 2023. Se ha actualizado el sistema de concesión de licencias y cupos de Egipto para incluir HFC y se emitieron cupos para 2024. Los HFC y otras

SAO se regulan y controlan a través del Comité Nacional del Ozono, que supervisa la ejecución del PGEH y el KIP, así como la gestión de la emisión de cupos; la oficina de aduanas, que supervisa y controla la importación y exportación de sustancias controladas; y la Agencia de Protección del Cliente, que ha establecido mecanismos para vigilar y disuadir el comercio ilícito en el mercado. En 2024, una decisión del Comité Nacional del Ozono prohibió la emisión de licencias industriales para nuevas líneas de fabricación de aire acondicionado residencial basadas en R-410A. Egipto también ha dado prioridad a la reducción del consumo de energía y a la mejora de la eficiencia energética en el país y, con ese fin, un decreto del Ministerio de Medio Ambiente de 2023 añadió un representante del Ministerio de Electricidad y Energía al Comité Nacional del Ozono.

Estrategia de reducción para la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC

Estrategia general

71. La estrategia general de Egipto se basa en lograr el requisito de cumplimiento para 2029 mediante las actividades del sector de servicio y mantenimiento, al tiempo que utiliza los proyectos de inversión para reducir aún más las necesidades futuras del país mediante la reconversión de empresas en los sectores prioritarios.

Reducciones propuestas

72. El Gobierno de Egipto pronosticó el consumo de HFC con un escenario en el que todo sigue igual y un crecimiento anual del 4,3 por ciento. La proyección se calcula sobre la base del consumo estimado para 2024 y las proyecciones del Ministerio de Economía de Egipto de un crecimiento del PIB del 4 por ciento y un crecimiento de la población del 1,3 por ciento para el año fiscal 2024-2025. Con dicho escenario en el que todo sigue igual, se espera que el crecimiento del consumo de HFC supere el nivel de control para 2028, como se indica en el cuadro 6.

Cuadro 6. Consumo de HFC previsto en la hipótesis sin restricciones, límites del Protocolo de Montreal y reducciones propuestas de HFC en la etapa I (toneladas eq. de CO₂)

	2025	2026	2027	2028	2029
Consumo de HFC previsto con una tasa de crecimiento anual del 4,3%	17.093.331	17.828.344	18.594.963	19.394.546	20.228.512
Límites del consumo de HFC del Protocolo de Montreal	19.290.350	19.290.350	19.290.350	19.290.350	17.361.315
Niveles de consumo de HFC propuestos en el marco del KIP	19.290.350	19.290.350	19.290.350	19.290.350	15.161.919*
Reducciones propuestas respecto del nivel básico de consumo de HFC (%)	congelado	congelado	congelado	congelado	21,40

* Sobre la base del cálculo original de la reducción de las toneladas eq. de CO₂ notificado en la presentación. La reducción en toneladas eq. de CO₂ respecto a la propuesta original se corrigió durante el examen del proyecto, como se indica en el cuadro 27.

Actividades propuestas

73. La etapa I incluye proyectos de inversión en los sectores de fabricación de espumas de poliuretano y poliestireno extruido, los sectores de fabricación de equipos de refrigeración doméstica y comercial y el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial, así como proyectos sin inversión en el sector de servicio y mantenimiento, incluidos proyectos reglamentarios y de creación de capacidad, comunicaciones y divulgación, y proyectos sectoriales en los sectores de aire acondicionado residencial, aire acondicionado comercial, inhaladores de dosis medida, aire acondicionado para vehículos, aire acondicionado y refrigeración, y extinción de incendios, según lo presentado originalmente.

Sectores de fabricación de espumas - PNUD

74. Egipto ha propuesto reconversiones en los sectores de espumas de poliuretano y poliestireno extruido, que serán ejecutadas por el PNUD. El total solicitado para los dos sectores es de USD 4.131.206, que comprende USD 1.560.431 para espumas de poliuretano, USD 2.195.211 para espumas de poliestireno extruido y un costo de gestión del proyecto del 10 por ciento de USD 375.564. Esto se analizará por sectores a continuación.

I. Sector de fabricación de espumas de poliuretano

75. Se propone un proyecto de inversión en el sector de fabricación de espumas de poliuretano en una empresa, El Araby (fundada en 2008), para eliminar 37,67 t (41.797 toneladas eq. de CO₂)²² de HFC-365mfc/227ea²³ en la fabricación de calentadores de agua²⁴ mediante la reconversión a ciclopentano, y un proyecto general para 30 pequeñas y medianas empresas y microempresas para eliminar 68,59 t de HFC-245fa (puro) y 25,68 t de HFC-245fa contenido en el polioles premezclados importados mediante reconversiones a ciclopentano. El consumo del sector es el que se muestra en el cuadro 7 a continuación.

Cuadro 7. Consumo de HFC-365mfc/227ea, HFC-245fa puro y contenido en polioles premezclados en fabricantes de espumas de poliuretano para 2020-2024

Empresa	Sustancia	2020	2021	2022	2023	2024	Promedio 2020-2022
t							
El Araby	HFC-365mfc/227ea	66,11	68,81	121,83	71,76	77,50	85,58*
30 pequeñas y medianas empresas, y microempresas	HFC-245fa	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50	68,59
30 pequeñas y medianas empresas, y microempresas	HFC-245fa en polioles premezclados	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00	25,68

* El consumo a nivel de empresa es diferente de los datos del programa de país, que inicialmente se atribuyeron a que la empresa utilizaba existencias a un nivel superior a las importaciones y los datos notificados en el programa de país.

76. Se solicitó financiación para dos espumadoras por inyección de alta presión (USD 240.000) y para encapsulación, depósito de ciclopentano, tuberías y conexiones eléctricas (USD 47.200), auditoría de seguridad, ensayos y puesta en marcha (USD 40.000), asistencia técnica (USD 50.000) y gastos imprevistos del 5 por ciento (USD 18.860); resultando en un costo de USD 396.060 en costos adicionales de capital. Los costos adicionales de explotación se calcularon en menos USD 27.687; esos ahorros se restaron de los costos adicionales de capital para un costo total del proyecto de USD 368.373. Los costos del proyecto general se calcularon sobre la base del umbral de costo a eficacia para los HCFC del sector de espumas de USD 9,78/kg para la eliminación del HFC-245fa puro y contenido en polioles premezclados importados, por un monto de 94,28 t (97.108 toneladas eq. de CO₂), para un total de USD 922.058, y se solicitan USD 270.000 adicionales para apoyo técnico a tres proveedores de sistemas que participan en el desarrollo de la formulación y que suministran a las pequeñas y medianas empresas/microempresas, para la gestión de proyectos, el desarrollo de tecnología, los ensayos, las pruebas y la capacitación. En el cuadro

²² Según lo presentado, se basó en el promedio de 2020-2022 presentado en los datos del programa de país.

²³ 32,77 t (26.019 toneladas eq. de CO₂) de HFC-365mfc y 4,90 t (15.778 toneladas eq. de CO₂) de HFC-227ea. La mezcla comúnmente disponible de HFC-365mfc y HFC-227ea tiene una composición del 93 por ciento y el 7 por ciento, respectivamente, de esos HFC. La formulación utilizada por El Araby tiene un mayor contenido porcentual de HFC-227ea dadas las altas temperaturas que prevalecen en Egipto y para controlar mejor el proceso de espumación endotérmica.

²⁴ El Araby recibió asistencia en la etapa I del PGEH para eliminar el uso de HCFC-141b en la fabricación de espumas para refrigeración doméstica a ciclopentano.

8 se muestran las reducciones, las cantidades solicitadas y la relación de costo a eficacia en términos de USD/kg y USD/toneladas eq. de CO₂.

Cuadro 8. Reducciones, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para un proyecto de inversión en espumas de poliuretano en Egipto

Empresa	Sustancia	Eliminación		Financiación solicitada (USD)	Relación costo a eficacia	
		t	Toneladas eq. de CO ₂		USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
El Araby	HFC-365mfc	32,77	26.019	368.373	9,78	8,81
	HFC-227ea	4,90	15.778			
Proyecto general para pequeñas y medianas empresas/microempresas	HFC-245fa	68,59	70.648	670.810	9,78	9,50
	HFC-245fa en polioles premezclados importados	25,69	26.461	251.248	9,78	9,50
Asistencia técnica a los proveedores de sistemas		n.a.	n.a.	270.000	n.a.	n.a.
Total para el sector de espumas de poliuretano		131,95	138.905	1.560.431	11,83	11,23

II. Sector de fabricación de espumas de poliestireno extruido

77. Se propone un proyecto de inversión en el sector de fabricación de espumas de poliestireno extruido en dos empresas, Egypt Foam Co. (fundada en 2019) y Al Alamiya for Insulation Co. (comenzó a fabricar en 2019), para eliminar 386,67 t (47.947 toneladas eq. de CO₂)²⁵ de HFC-152a utilizado en el sector como agente espumante en la fabricación de espumas de poliestireno extruido y sustituirlo por CO₂. El cuadro 9 muestra el consumo en las dos empresas y el sector.²⁶

Cuadro 9. Consumo de HFC-152a en fabricantes de espumas de poliestireno extruido, en t y toneladas eq. de CO₂ (2020-2024)

Empresa	2020	2021	2022	2023	2024	Promedio 2020-2022
t						
Egypt Foam Co.	90	103	95	85	93	96,00
Al Alamiya	100	114	112	115	147	108,67
Otros	85,45	237,66	222,9	27	41,22	182,00
Total del sector	275,45	454,66	429,9	227	281,22	386,67
Toneladas eq. de CO₂						
Egypt Foam Co.	11.160	12.772	11.780	10.540	11.532	11.904
Al Alamiya for Insulation Co.	12.400	14.136	13.888	14.260	18.228	13.475
Otros	10.596	29.470	27.640	3.348	5.111	22.568
Total del sector	34.156	56.378	53.308	28.148	34.871	47.947

78. Los costos adicionales de capital solicitados incluyen la modernización de la extrusora en Egypt Foam (USD 516.000) y de la extrusora en Al Alamiya (USD 633.620) dado que los sistemas actuales son demasiado sensibles, y para cada empresa, asistencia técnica (USD 50.000); depósito de éter de dimetilo, incluyendo instalación y certificación (USD 85.000); bomba de agente espumante de un solo cabezal (USD 60.000); modernización de fontanería (USD 60.000); modernización de sistemas de escape y ventilación (USD 60.000), sistema de sensores de gas (USD 30.000), ensayos de fabricación y auditoría de

²⁵ Según lo presentado, se basó en el promedio de 2020-2022 presentado en los datos del programa de país.

²⁶ Si bien el consumo de las dos empresas no es igual al consumo de HFC-152a notificado en el informe del programa de país, el Gobierno se ha comprometido a eliminar todo el consumo de HFC-152a según el informe del programa de país, cuya totalidad se atribuye a este sector.

seguridad (USD 65.000), y gastos imprevistos del 10 por ciento. Se solicitan costos adicionales de explotación de USD 0,57/kg debido al mayor costo de la tecnología, por un total de USD 54.720 para Egypt Foam Co. y USD 61.940 para Al Alamiya for Insulation Co., sobre la base de sus respectivos consumos medios de 2020-2022. El total solicitado para Egypt Foam Co. es de USD 1.029.320 y de USD 1.165.891 para Al Alamiya, como se indica en el cuadro 10.

Cuadro 10. Eliminación, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para proyecto de inversión en espumas de poliestireno extruido en Egipto

Sector de espumas de poliestireno extruido	Eliminación		Financiación solicitada (USD)	Relación costo a eficacia	
	t	Toneladas eq. de CO ₂		USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Egypt Foam Co.	96,00	11.904	1.029.320	10,72	86,47
Al Alamiya	108,67	13.475	1.165.891	10,73	86,52
Otros	182,00	22.568	n.a.	n.a.	n.a.
Total	386,67	47.947	2.195.211	5,68	45,78

Sectores de fabricación de equipos de refrigeración doméstica y comercial y de aire acondicionado residencial - ONUDI

79. Egipto ha propuesto proyectos de reconversión para fabricantes, pequeñas y medianas empresas y microempresas de los sectores de refrigeración doméstica, refrigeración comercial y aire acondicionado residencial. Se ejecutarán a través de la ONUDI y se examinarán por sectores más adelante. El total solicitado para los tres sectores es de USD 15.735.232, que comprende USD 9.215.527 para refrigeración doméstica, USD 1.366.823 para refrigeración comercial, USD 3.722.407 para aire acondicionado residencial y un costo de gestión del proyecto del 10 por ciento de USD 1.430.476 para la eliminación de 613,44 t de HFC²⁷ o 993.926 toneladas eq. de CO₂.

I. Sector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica

80. Seis empresas que fabrican aparatos de refrigeración domésticos eliminarán 345,59 t²⁸ (494.197 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a mediante proyectos de reconversión en cinco empresas²⁹ con un total de 22 líneas de fabricación. Cinco pequeñas y medianas empresas eliminarían 17,38 t (24.858 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a en cinco líneas de fabricación, y cuatro microempresas eliminarían 2,85 t (4.069 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a en cuatro líneas de fabricación. Todas las empresas se reconvertirían a R-600a, eliminando un total de 365,82 t (523.124 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a en 31 líneas de fabricación de refrigeración doméstica. En el cuadro 11 a continuación se presenta una visión general de las empresas de este sector.

²⁷ HFC-134a-422,04 t/603.518 toneladas eq. de CO₂; R-404A-11,15 t/14.318 toneladas eq. de CO₂; R-407A-0,55 t/976 toneladas eq. de CO₂; y R-410A-179,70 t/375.114 toneladas eq. de CO₂.

²⁸ El proyecto de reconversión presentado se basó en el consumo de 2023, que para algunas empresas se actualizó posteriormente.

²⁹ No se solicitó financiación para reconvertir una empresa que ya había instalado equipos para permitir la fabricación de refrigeradores domésticos de R-600a, a pesar de que la empresa también siguió fabricando refrigeradores domésticos de HFC-134a.

Cuadro 11. Empresas de refrigeración doméstica, aparatos fabricados, líneas de fabricación y consumo

Empresa	Año de esta- blecimiento	Líneas de fabricación		Aparatos (2023)	Consumo (2023)		Sectores para la reconversión propuesta en el KIP o cubiertos en la etapa anterior del PGEH
		HFC- 134a	HC- 600a		t	Toneladas eq. de CO ₂	
Fabricante							
Electrostar	1986	3	1	321.072	48,96	70.014	Espuma de poliuretano PGEH etapa II
Alaska	1978	5	0	230.000	49,00	70.070	
Kiriazzi	1986	6	1	244.238	38,82	55.518	KIP de aire acondicionado resi- dencial; espumas de poliuretano etapa I del PGEH; espumas de poliuretano etapa II del PGEH
Fresh	2012	6	0	1.751.000	158,50	226.655	Espumas de poliuretano etapa I del PGEH; espumas de poliure- tano y aire acondicionado resi- dencial según la etapa II del PGEH
El Araby	2001	3*		296.331	39,30	56.204	Espumas de poliuretano del KIP; espumas de poliuretano etapa I del PGEH; Aire acondicionado residencial, etapa II del PGEH
Unionaire	2013	2	0	100.038	11,00	15.736	Aire acondicionado residencial, etapa II del PGEH
Subtotal de fabrica- ción	n.a.	22	5	2.942.679	345,58	494.197	n.a.
Pequeñas y medianas empresas							
Alradwan Internatio- nal	2008	1	0	33.000	3,24	4.633	Refrigeración comercial, KIP
Minlo	2005	1		120.000	4,74	6.774	
Akwarj	2014	1	0	29.000	3,00	4.290	
Mas Electric	2018	1	0	21.000	2,10	3.003	
Trust for Ind.	2017	1	0	21.100	4,31	6.158	Refrigeración comercial, KIP
Subtotal pequeñas y medianas empresas	n.a.	5	0	224.100	17,38	24.858	n.a.
Microempresas							
Tredco for Engi- neering Industries	1989	1	3	13.300	1,40	1.995	Espuma de poliuretano PGEH etapa II
Eastern Engineering Enterprises	1996	1		10.000	0,90	1.287	
Elsaedy Electrical Appliances	2018	1		10.000	0,34	486	
Tiba	2010	1		680	2,11	301	Aire acondicionado residencial, KIP; aire acondicionado comercial de etapa II del PGEH
Subtotal de microempresas	n.a.	4	3	33.980	2,85	4.069	n.a.
Total para el sector	n.a.	31	8	3.200.759	365,81	523.124	n.a.

* El Araby tiene tres fábricas, una de las cuales produce HFC-134a y R-600a en la misma línea. En consecuencia, no se solicitó financiación para la reconversión de la empresa.

81. Los costos adicionales de capital para la reconversión de los fabricantes de refrigeración doméstica incluyen equipos relacionados con el helio, equipos relacionados con el R-600a, un equipo de soldadura por ultrasonidos, equipos de seguridad y modernizaciones/mejoras, adaptaciones de líneas de montaje y piezas de repuesto; así como instalación, desarrollo y pruebas de prototipos, capacitación, certificación de seguridad e imprevistos. El total de los costos adicionales de capital correspondientes a las empresas de fabricación de este sector asciende a USD 6.999.685. En el cuadro 12 se detallan los costos adicionales de capital calculados.

Cuadro 12. Costos adicionales de capital para proyecto de reconversión en fabricantes del sector de refrigeración doméstica

Empresa	Electrostar		Alaska		Kiriazi		Fresh		Unionaire	
Elementos	Cdad.	USD	Cdad.	USD	Cdad.	USD	Cdad.	USD	Cdad.	USD
Sistema de detección de fugas de helio (unidad de carga, detector y calibrador y unidad de recuperación)	3	215.550	1	71.850	1	71.850	6	431.100	2	143.700
Sistema de suministro de R-600a (máquina de carga, bomba y detectores de fugas)	3	231.450	5	385.750	6	462.900	6	462.900	2	154.300
Equipo de soldadura por ultrasonidos	3	90.000	5	150.000	6	180.000	6	180.000	2	60.000
Infraestructura de seguridad (ventilación; control de seguridad y control de gases; pisos antiestáticos)	3	188.100	5	313.500	6	376.200	6	376.200	2	125.400
Adaptación de la línea de montaje	3	27.000	5	45.000	6	54.000	6	54.000	2	18.000
Repuestos	3	36.000	5	60.000	6	72.000	6	72.000	2	24.000
Subtotal de equipos	n.a.	788.100	n.a.	1.026.100	n.a.	1.216.950	n.a.	1.576.200	n.a.	525.400
Instalación, entrega, desarrollo de prototipos, pruebas y capacitación	3	146.100	5	243.500	6	292.200	6	292.200	2	97.400
Auditoría y certificación de seguridad	3	60.000	5	100.000	6	120.000	6	120.000	2	40.000
Gastos imprevistos en equipos (6,4 por ciento a 7,3 por ciento)	n.a.	57.300	n.a.	66.760	n.a.	78.675	n.a.	114.600	n.a.	38.200
Total de costos adicionales de capital	n.a.	1.051.500	n.a.	1.436.360	n.a.	1.707.825	n.a.	2.103.000	n.a.	701.000

82. Para refrigeración doméstica, se utilizó un costo adicional de explotación de USD 5,75/kg, según el umbral acordado en la decisión 95/86 a). En el cuadro 13 se muestran los costos adicionales de explotación, el costo total del proyecto y la relación de costo a eficacia propuesta para los fabricantes de equipos de refrigeración domésticos.

Cuadro 13. Costo adicional de explotación, costo adicional de capital y financiación solicitada para los fabricantes de refrigeración doméstica

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Financiación solicitada			Relación costo a eficacia	
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de explotación (USD)	Costos adicionales de capital (USD)	Total (USD)	USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Electrostar	3	48.961	70.014	281.526	1.051.500	1.333.026	27,23	19,04
Alaska	5	49.000	70.070	281.750	1.436.360	1.718.110	35,06	24,52

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Financiación solicitada			Relación costo a eficacia	
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de explotación (USD)	Costos adicionales de capital (USD)	Total (USD)	USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Kiriazzi	6	38.824	55.518	223.238	1.707.825	1.931.063	49,74	34,78
Fresh	6	158.500	226.655	911.375	2.103.000	3.014.375	19,02	13,30
Unionaire	2	11.004	15.736	63.273	701.000	764.273	69,45	48,57
El Araby*	3	39.304	56.204	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	25	345.584	494.197	1.761.162	6.999.685	8.760.847	25,35	17,73

* El equipo básico ya incluye equipos que utilizan R-600a y la empresa ya fabrica algunos refrigeradores domésticos con R-600a

83. La financiación total estimada necesaria para la reconversión de las cinco pequeñas y medianas empresas del sector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica es de USD 2.476.020; sin embargo, sobre la base de la decisión 95/86 d) i), la cantidad solicitada de USD 315.732 se calculó en USD 18,16/kg (32 por ciento por encima del umbral de relación de costo a eficacia de USD 13,76 para los fabricantes de refrigeración doméstica para las pequeñas y medianas empresas con un consumo de HFC de 15 toneladas o menos), y la relación de costo a eficacia en términos de toneladas eq. de CO₂ es de USD 12,70/tonelada eq. de CO₂ por proyecto. Los detalles de los costos calculados y las sumas solicitadas se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Costos calculados, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para las pequeñas y medianas empresas en refrigeración doméstica con un consumo inferior a 15 t

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Costos calculados			Financiación solicitada (USD)
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de capital (USD)	Costos adicionales de explotación (USD)	Total (USD)	
Alradwan International	1	3.240	4.633	350.500	106.590	457.090	58.849
Minlo	1	4.737	6.774	350.500	387.600	738.100	86.039
Akwarj	1	3.000	4.290	350.500	93.670	444.170	54.490
Mas Electric	1	2.100	3.003	350.500	67.830	418.330	38.143
Trust for Ind.	1	4.306	6.158	350.500	67.830	418.330	78.211
Total	5	17.383	24.858	1.752.500	723.520	2.476.020	315.732

84. Las cuatro microempresas tienen un consumo inferior a 1,5 t y la financiación solicitada para estas empresas se ha basado en una relación de costo a eficacia de USD 34,40/kg (de acuerdo con la decisión 95/86 e), según la cual las empresas con un consumo inferior a 1,5 toneladas podrían recibir financiación de hasta 2,5 veces el umbral de relación de costo a eficacia acordado especificado para los fabricantes); sin embargo, se pide un mínimo de USD 30.000 por empresa. Los detalles de los costos calculados y las sumas solicitadas se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Financiación solicitada y relación de costo a eficacia para las microempresas de refrigeración doméstica con un consumo inferior a 1,5 t

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Gastos adicionales de explotación solicitados	Relación costo a eficacia	
		kg	Toneladas eq. de CO ₂		USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Tredco	1	1.395	1.995	47.988	34,40	24,05
Eastern Engineering Enterprises	1	900	1.287	30.960	34,40	24,06
Elsaeedy Electrical Appliances	1	340	486	30.000	88,24	61,73
Tiba	1	211	301	30.000	142,31	99,67
Total	4	2.846	4.069	138.948	48,82	34,15

II. Sector de fabricación de equipos de refrigeración comercial

85. Según lo presentado, se considera que una empresa, Miraco, es fabricante y eliminaría un total de 21,50 t (30.745 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a y 8,50 t (3.922 toneladas eq. de CO₂) de R-404A en una línea de fabricación. Seis pequeñas y medianas empresas eliminarían 33,10 t (47.336 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a en nueve líneas de fabricación y 2,36 t (9.255 toneladas eq. de CO₂) de R-404A en una línea de fabricación, y cuatro microempresas eliminarían 1,62 t (2.313 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a, 0,29 t (1.141 toneladas eq. de CO₂) de R-404A, y 0,55 t (976 toneladas eq. de CO₂) de R-407A en cuatro líneas de fabricación. Todas las empresas se reconvertirían a R-290 o a una mezcla de HFO como el R-452B y eliminarían en total 67,92 t (95.688 toneladas eq. de CO₂) en 14 líneas de fabricación, como se indica en el cuadro 16 a continuación.

Cuadro 16. Empresas de refrigeración comercial, aparatos fabricados, líneas de fabricación y consumo de 2023

Sumo de 2023

Empresa	Año de esta- blecimiento	HFC	Núm. líneas	Aparatos (2023)	Consumo (2023)		Sectores para la reconver- sión propuesta en el KIP o cubiertos en la etapa ante- rior del PGEH
					t	Toneladas eq. de CO ₂	
Fabricante							
Miraco*	1995	HFC-134a	1	4.300	21,50	30.745	Aire acondicionado residen- cial y comercial según la etapa II del PGEH
		R-404A		1.700	8,50	3.922	
Subtotal del fa- bricante	n.a.	n.a.	1	6.000	30,00	34.667	n.a.
Pequeñas y medianas empresas							
Alradwan Inter- national	2008	HFC-134a	1	65.000	13,00	18.590	Refrigeración doméstica, KIP
Trust for Ind.	2017	HFC-134a	1	14.650	4,33	6.188	Refrigeración doméstica, KIP
Everest Egypt In- dustrial**	2003	HFC-134a	1	35.349	9,50	13.587	Espuma de poliuretano PGEH etapa II
ICEBERG	2019	HFC-134a	1	2.500	1,07	1.530	
		R-404A		1.385	2,36	9.255	
Egyptian Gulf Co.	2006	HFC-134a	2	7.890	2,68	3.837	
Makka for refri- gerators	2006	HFC-134a	3	21.000	2,52	3.604	
Subtotal Pequeñas y me- dianas empresas	n.a.	n.a.	9	147.774	35,46	56.591	n.a.
Microempresas							
Ratomag	1975	HFC-134a	1	169	0,18	255	
		R-404A		40	0,04	165	
DRIC	1988	HFC-134a	1	3.333	1,00	1.430	
		R-407A		28	0,55	976	
MOG	1961	HFC-134a	1	1.070	0,30	428	Espumas de poliuretano PGEH etapa I
		R-404A		830	0,25	976	
Masria	1985	HFC-134a	1	1.550	0,14	200	
Subtotal Microempresas	n.a.	n.a.	4	7.020	2,46	4.430	n.a.
Total	n.a.	n.a.	14	160.795	67,92	95.688	n.a.

* Según lo presentado, Miraco tenía un consumo de 30 t de HFC. Este consumo se revisó posteriormente a un total de 7 t y la fabricación de 6.000 aparatos en 2023, y un consumo medio en 2020-2022 de 5,5 t con una fabricación media de 5.533 aparatos.

** Everest Egypt Industrial también fabrica enfriadores de botellas a base de R-290 y es una empresa de propiedad de los Emiratos Árabes Unidos.

86. Los costos adicionales de capital para la reconversión de un fabricante a R-290 son similares a los del sector de refrigeración doméstica descritos en el párrafo 78 anterior, pero con equipos relacionados con el R-290. Los costos adicionales de capital totales correspondientes a las empresas de fabricación de este sector ascienden a USD 350.500. En el cuadro 17 se detallan los costos adicionales de capital calculados.

Cuadro 17. Costos adicionales de capital para proyecto de reconversión en un fabricante del sector de refrigeración comercial

Empresa	Miraco	
	Elementos	USD
	Sistema de detección de fugas de helio	71.850
	Sistema de suministro relacionado con el R-290, máquinas de carga y detectores de fugas	77.150
	Equipo de soldadura por ultrasonidos (USD 30.000)	30.000
	Infraestructura relacionada con la seguridad	62.700
	Adaptación de la línea de montaje	9.000
	Repuestos	12.000
	Subtotal	262.700
	Instalación, entrega, desarrollo de prototipos, pruebas y capacitación	48.700
	Auditoría y certificación de seguridad	20.000
	Gastos imprevistos en equipos (6,4 por ciento a 7,3 por ciento)	19.100
	Total de costos adicionales de capital	350.500

87. Para el fabricante de equipos de refrigeración comercial, los costos adicionales de explotación solicitados se calcularon en USD 3,00/kg. En el cuadro 18 se muestran los costos adicionales de explotación, el costo total del proyecto y la relación de costo a eficacia propuesta para el fabricante de equipos de refrigeración comercial.

Cuadro 18. Costos adicionales de explotación, costos adicionales de capital, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para el fabricante de equipos de refrigeración comercial

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Financiación solicitada			Relación costo a eficacia	
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de explotación (USD)	Costos adicionales de capital (USD)	Total (USD)	USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Miraco	1	30.000	34.667	90.000	350.500	440.500	14,68	12,71

88. La financiación total calculada para la reconversión de las seis pequeñas y medianas empresas del sector de fabricación de equipos de refrigeración comercial es de USD 2.197.263, sin los costos adicionales de capital calculados para la empresa Trust for Ind. y con los costos adicionales de explotación calculados para la reconversión de HFC-134a y R-404A para ICEBERG. Sin embargo, sobre la base de la decisión 95/86 d) i), la cantidad solicitada se calculó en USD 21,78/kg (32 por ciento por encima del umbral de relación de costo a eficacia de USD 16,50 para los fabricantes de refrigeración comercial para las pequeñas y medianas empresas con un consumo de HFC de 15 toneladas o menos), y la relación de costo a eficacia en términos de toneladas eq. de CO₂ es de USD 15,23/tonelada eq. de CO₂ para cada empresa en la que solo hay que reconvertir HFC-134a y USD 6,93/tonelada eq. de CO₂ para ICEBERG para la reconversión de HFC-134a y R-404A. Los detalles de los costos calculados y las sumas solicitadas se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Costos calculados, financiación solicitada y relación de costo a - eficacia para las pequeñas y medianas empresas en refrigeración comercial con un consumo inferior a 15 t

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Costos calculados			Financiación solicitada (USD)
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de capital (USD)	Costos adicionales de explotación (USD)	Total (USD)	
Alradwan International	1	13.000	18.590	350.500	227.500	578.000	283.140
Trust for Ind.	1	4.328	6.188	0	51.275	51.275	94.264
Everest Egypt industrial	1	9.502	13.587	350.500	51.275	401.775	206.954

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Costos calculados			Financiación solicitada (USD)
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de capital (USD)	Costos adicionales de explotación (USD)	Total (USD)	
ICEBERG	1	3.430	10.785	350.500	13598*	364.098	74.705
Egyptian Gulf Co.	2	2.683	3.837	350.500	27.615	378.115	58.436
Makka for refrigerators	3	2.520	3.604	350.500	73.500	424.000	54.886
Total	5	35.463	56.591	1.752.500	444.763	2.197.263	772.385

* Los costos adicionales de explotación calculados fueron de USD 8.750 para el HFC-134a y de USD 4.848 para el R-404A.

89. Las cuatro microempresas tienen un consumo inferior a 1,5 t, y la financiación solicitada para ellas se ha basado en una relación de costo a eficacia de USD 41,25/kg (según la decisión 95/86 e), por la que las empresas con un consumo inferior a 1,5 toneladas podrían recibir financiación de hasta 2,5 veces el umbral de costo a eficacia acordado especificado para los fabricantes) o USD 30.000, lo que sea menor. Los detalles de los costos calculados y las sumas solicitadas se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Financiación solicitada y relación de costo a eficacia para las microempresas de refrigeración comercial con un consumo inferior a 1,5 t

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Financiación solicitada (USD)	Relación costo a eficacia	
		kg	Toneladas eq. de CO ₂		USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Ratomag	1	220	420	30.000	136,26	71,43
DRIC	1	1.550	2.406	63.938	41,25	26,57
MOG	1	549	1.404	30.000	54,64	21,37
Masria	1	140	200	30.000	214,29	150,00
Total	4	2.459	4.430	153.938	62,60	34,75

III. Sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial

90. Cuatro fabricantes del sector de aire acondicionado residencial eliminarían 169,25 t (353.320 toneladas eq. de CO₂)³⁰ de R-410A mediante la reconversión de seis líneas de fabricación, una pequeña o mediana empresa eliminaría 9,95 t (20.779 toneladas eq. de CO₂) y una microempresa eliminaría 0,49 t (1.015 toneladas eq. de CO₂) de R-410A en 1 línea de fabricación cada una. Todas las empresas se reconvertirán a HFC-32, eliminando un total de 179,70 t (375.114 toneladas eq. de CO₂) de R-410A en ocho líneas de fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial. En el cuadro 21 a continuación se presenta una visión general de las empresas de este sector.

Cuadro 21. Empresas de aire acondicionado residencial, aparatos fabricados, líneas de fabricación y consumo de 2023

Consumo de 2023					
Empresa	Año de establecimiento	Núm. líneas	Aparatos fabricados (2023)	Consumo (2023)	
				t	Toneladas eq. de CO ₂
Fabricante					
Kiriazí*	2017	1	39.440	41,40	86.431
Raya Electric	2019	1	30.738	27,66	57.749
Free Air	2016	3	62.650	64,55	134.754
Tiba**	2010	1	24.697	35,63	74.386
Subtotal de fabricación	n.a.	6	157.525	169,25	353.320
Pequeña o mediana empresa					

³⁰ El proyecto de reconversión presentado se basó en el consumo de 2023.

Empresa	Año de establecimiento	Núm. líneas	Aparatos fabricados (2023)	Consumo (2023)	
				t	Toneladas eq. de CO ₂
Elteriak	2018	1	10.000	9,95	20.779
Subtotal pequeñas y medianas empresas	n.a.	1	10.000	9,95	20.779
Microempresa					
Helwan Industries	?	1	400	0,49	1.015
Subtotal microempresas	n.a.	1	400	0,49	1.015
Total	n.a.	8	167.925	179,70	375.114

* Sectores para reconversión propuesta en KIP o cubiertos en etapa previa del PGEH: Refrigeración doméstica, KIP y espuma de poliuretano, etapa II del PGEH

** En el caso de Tiba, debido a la reducción del volumen en 2023, una situación que no afectó a los demás fabricantes, se utilizó el consumo y la fabricación de los años de referencia en lugar de los de 2023.

91. Los costos adicionales de capital para las reconversiones de fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial incluyen equipos relacionados con la carga y la recuperación, equipos de detección de fugas, un equipo de soldadura por ultrasonidos, equipos relacionados con la seguridad, adaptaciones de líneas de montaje y piezas de repuesto cuya cantidad se basa en el número de líneas de fabricación. Además, los costos adicionales de capital incluyen la instalación, la entrega, la capacitación, los consultores, la certificación de seguridad y los imprevistos. El total de los costos adicionales de capital correspondientes a las empresas de fabricación de este sector asciende a USD 2.489.800. En el cuadro 22 se detallan los costos adicionales de capital calculados.

Cuadro 22. Costos adicionales de capital para proyectos de reconversión en fabricantes del sector de aire acondicionado residencial

Empresa	Kiriazzi	Raya Electric	Free Air	Tiba
Número de líneas	1	1	3	1
Carga y recuperación: máquina de carga, bombas de suministro de refrigerante y máquina de recuperación	92.000	92.000	276.000	92.000
Detección de fugas: Detector industrial de fugas, incluida la calibración, y detector portátil de fugas para hidrocarburos	17.000	17.000	51.000	17.000
Equipo de soldadura por ultrasonidos	30.000	30.000	90.000	30.000
Relacionado con la seguridad: ventilación; sistema de control de seguridad y control de gases para el área de carga; zona de carga en suelo antiestático; ventilación para el área de almacenamiento; zona de almacenamiento en suelo antiestático	93.700	93.700	255.100	93.700
Adaptación de la línea de montaje y zona de pruebas de funcionamiento	89.000	89.000	267.000	89.000
Repuestos	20.000	20.000	60.000	20.000
Subtotal	341.700	341.700	999.100	341.700
Instalación, entrega, capacitación y consultores	33.700	33.700	101.100	33.700
Certificación de seguridad	20.000	20.000	60.000	20.000
Gastos imprevistos en equipos (7,0 por ciento a 7,2 por ciento)	23.900	23.900	71.700	23.900
Total de costos adicionales de capital	419.300	419.300	1.231.900	419.300

92. Para los costos adicionales de explotación de aire acondicionado residencial, sobre la base de una fabricación de USD 6,5/aparato en lugar de basarse en un consumo de refrigerante de USD 7,60/kg, según la decisión 95/86 a). Esto se solicita dado que la fabricación en este sector es más relevante para el número de líneas, que deben reconvertirse todas para garantizar el éxito de la migración desde el R-410A. En el cuadro 23 se muestran los costos adicionales de explotación, así como el costo total del proyecto y la relación de costo a eficacia propuesta para los fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial.

Cuadro 23. Costos adicionales de explotación, costos adicionales de capital, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para los fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial

Empresa	Núm. líneas	Aparatos fabricados (2023)	Consumo (2023)		Financiación solicitada			Relación costo a eficacia	
			kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de explotación (USD)	Costos adicionales de capital (USD)	Total (USD)	USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Kiriazzi	1	39.440	41.404	86.431	256.360	419.300	675.660	16,32	7,82
Raya Electric	1	30.738	27.664	57.749	199.797	419.300	619.097	22,38	10,72
Free Air	3	62.650	64.553	134.754	407.225	1.231.900	1.639.125	25,39	12,16
Tiba	1	24697*	31.321	65.383	160.531	419.300	579.831	16,27	7,79
Total	6	157.525	169.255	353.320	1.023.913	2.489.800	3.513.713	20,76	9,94

* En el caso de Tiba, se utilizó el promedio de fabricación de 2020-2021 que se muestra en este cuadro. Los costos adicionales de explotación de las empresas se calcularon con la fabricación de 2023.

93. La financiación solicitada para reconvertir una pequeña y mediana empresa del sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial es de USD 178.694, sobre la base de un umbral de relación de costo a eficacia de USD 17,95/kg (un 32 por ciento por encima del umbral de relación de costo a eficacia de USD 13,60, según la decisión 95/86 d) i)); se calculó la cantidad solicitada, como se indica en el cuadro 24.

Cuadro 24. Costos calculados, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para las pequeñas y medianas empresas de aire acondicionado residencial con consumo inferior a 15 t

Empresa	Núm. líneas	Consumo (2023)		Costos calculados			Financiación solicitada (USD)
		kg	Toneladas eq. de CO ₂	Costos adicionales de capital (USD)	Costos adicionales de explotación (USD)	Total (USD)	
Elteriak	1	9.954	20.779	419.300	65.000	484.300	178.694
Total	1	9.954	20.779	419.300	65.000	484.300	178.694

94. La financiación total calculada para la reconversión de una microempresa del sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial es de USD 30.000, sobre la base de una relación de costo a eficacia de USD 34,00/kg (según la decisión 95/86 e), por la que las empresas con un consumo inferior a 1,5 toneladas podrían recibir financiación de hasta 2,5 veces el umbral de costo a eficacia acordado especificado para los fabricantes) y con un mínimo de USD 30.000. Los detalles de los costos calculados y las sumas solicitadas se presentan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Costos calculados, financiación solicitada y relación de costo a eficacia para las microempresas de aire acondicionado residencial con un consumo igual o inferior a 1,5 t

Empresa	Núm. líneas	Aparatos fabricados (2023)	Consumo (2023)		Gastos adicionales de explotación solicitados USD 34,00/kg y mínimo de USD 30.000	Relación costo a eficacia	
			kg	Toneladas eq. de CO ₂		USD/kg	USD/tonelada eq. de CO ₂
Helwan Industries	1	400	486	1.015	30.000	61,73	29,57
Total	1	400	486	1.015	30.000	61,73	29,57

Actividades sin inversión en el sector de servicio y mantenimiento y otros

95. Se propone la ejecución de actividades sin inversión en los sectores de servicio y mantenimiento, inhaladores de dosis medida y extinción de incendios en la etapa I, y en el cuadro 26 se presenta el primer tramo y su desglose de costos.

Cuadro 26. Actividades sin inversión en los sectores de servicio y mantenimiento, inhaladores de dosis medida y extinción de incendios, y sus costos en la etapa I y el primer tramo del KIP para Egipto, según lo presentado

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
1. Marco re- glamentario y mecanismo de control	Fortalecimiento del marco jurídico, normativo y reglamentario de los HFC: • Revisión y actualización del marco normativo y reglamentario para la reducción de los HFC; • Actualización de las normas de competencia laboral, elaboración/actualización de normas de seguridad para los refrigerantes naturales y otros códigos y normas; • Reuniones con partes interesadas/talleres/actividades de difusión sobre ajustes reglamentarios; • Capacitación para las instituciones gubernamentales pertinentes sobre medidas legales y reglamentarias; • Desarrollo de un modelo de economía circular para el sector de refrigeración y aire acondicionado; • Estudio sobre el impacto económico de las subvenciones o medidas fiscales en el sector de refrigeración y aire acondicionado residencial; y • Creación de un registro de usuarios finales medianos y grandes y proceso de actualización del mismo.	PNUD	250.000	125.000
	Programa de capacitación sobre las políticas y reglamentaciones actualizadas en materia de control de HFC: • Seis cursos de capacitación para funcionarios de aduanas y de control fronterizo; tres sesiones de capacitación para importadores; diseño y actualización de materiales de capacitación, incluido un manual de control de fronteras; • Desarrollo de una aplicación para ayudar a los funcionarios de aduanas en el control y la aplicación de la normativa y un programa informático de capacitación; • Compra de 10 identificadores de refrigerantes y un nuevo cromatógrafo de gases para el laboratorio central de aduanas; y • Examen y actualización de los procedimientos del sistema de concesión de licencias y cupos, incluida la contabilidad para el control de los cupos en toneladas eq. de CO₂.		322.000	88.700
	Programa de igualdad de género: • Contratación de un especialista y estudio de la igualdad de género en el sector de refrigeración y aire acondicionado, incluyendo la identificación de obstáculos y esferas de acción clave, y elaboración de un plan de acción para la igualdad de género; y • Actividades de promoción para fomentar la participación de las mujeres en la ejecución, incluidos seis talleres para 50 a 80 interesados directos cada uno y la elaboración de materiales de promoción.		156.000	78.000
<i>Subtotal del marco reglamentario y mecanismo de control</i>		<i>PNUD</i>	<i>728.000</i>	<i>291.700</i>

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
2. Creación de capacidad de los técnicos	Revisión/actualización de las normas, directrices y planes de estudios de refrigeración y aire acondicionado: • Revisión/actualización de los códigos de buenas prácticas que abarcan todos los sectores y las nuevas tecnologías; • Elaboración de una norma y directrices para el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado para vehículos y la traducción de los materiales destinados a su difusión; • Campañas de sensibilización y talleres para las partes interesadas, incluido el personal de las instituciones de capacitación, las asociaciones nacionales, los instructores, los reguladores y los operadores de centros de reciclaje; y • Actualización del programa de capacitación sobre sistemas de aire acondicionado para vehículos que garantice la vinculación con las normas adoptadas a nivel nacional.	ONUDI	80.000	80.000
	Ampliación de la certificación de técnicos al sector de sistemas de aire acondicionado para vehículos: • Establecimiento de un comité con expertos técnicos y partes interesadas nacionales para preparar una nueva certificación basada en el plan de estudios actualizado de aire acondicionado para vehículos; • Creación de una base de datos de posibles técnicos de servicio y mantenimiento de aire acondicionado para vehículos para su certificación; • 23 talleres de sensibilización en todo el país para promover la certificación de sistemas de aire acondicionado para vehículos; y • Capacitación de 100 evaluadores para la certificación de aire acondicionado para vehículos.		250.000	95.000
	Suministro de herramientas a 900 talleres de aire acondicionado para vehículos y de refrigeración y aire acondicionado: ³¹ • Estudio para identificar los talleres de aire acondicionado para vehículos y los talleres de refrigeración y aire acondicionado y sus necesidades y compra y entrega de equipos		2.295.000	510.000
	Creación de cinco centros de capacitación para sistemas de aire acondicionado para vehículos y creación/mejora de cinco centros de capacitación en refrigeración y aire acondicionado para cinco regiones: ³² • Estudio y consulta con los fabricantes de sistemas de aire acondicionado para vehículos para identificar centros y necesidades; • Adquisición de herramientas y contratación de un experto en seguridad; y • Vinculación de los centros establecidos con otras actividades de divulgación.		1.000.000	418.000

³¹ Incluye el suministro de equipos y herramientas, como una unidad de recuperación de HFC, varias mangueras, filtro, bombonas de refrigerante, báscula electrónica, bomba de vacío, detector electrónico de fugas, juego de destornilladores, herramientas de ensanchado y embutido, juego de llaves Allen, cortador de tubos.

³² Incluye módulos didácticos de formación (tres por centro), unidades de recuperación, bombas de vacío, identificadores de refrigerantes, juegos de anillos de seguridad, detectores de fugas, manómetros para colectores de cuatro válvulas y herramientas de mantenimiento. Otros gastos cubrirían la evaluación de la seguridad y las mejoras/preparativos de seguridad (por ejemplo, sistema de alarma, sistema de ventilación forzada, detectores de humo y fugas y conexiones eléctricas a prueba de explosiones).

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
	Capacitación y pruebas de 1.000 técnicos de aire acondicionado para vehículos y 1.000 técnicos de equipos de refrigeración y aire acondicionado: • Sesiones de capacitación de tres días en centros de excelencia e institutos de capacitación sobre buenas prácticas, competencia en soldadura fuerte y uso seguro de refrigerantes inflamables y preparación para las pruebas de certificación.		400.000	160.000
	Formación posventa de 1.250 técnicos en los centros de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado y equipos de aire acondicionado para vehículos de las principales marcas: • Instrucción detallada en el diagnóstico y la resolución de problemas, utilizando las herramientas y las técnicas apropiadas, la seguridad y los estándares del sector.		250.000	10.000
<i>Subtotal de creación de capacidad de técnicos</i>		ONUDI	4.275.000	1.363.000
3. Divulgación y comunicación	Campañas de sensibilización en diversos sectores (inhaladores de dosis medida, aire acondicionado para vehículos, refrigeración y aire acondicionado) sobre la reducción y sobre la eficiencia energética y la refrigeración sostenible: • Elaboración de materiales de divulgación, mesas redondas bi-anuales, cuatro talleres específicos y participación en línea.	ONUDI	400.000	160.000
	Campañas para promover actividades en los sectores de espumas y sensibilización sobre los cambios regulatorios: • Elaboración de materiales de divulgación, talleres específicos y participación multimedia.	PNUD	180.000	65.000
<i>Subtotal de divulgación y comunicaciones</i>		ONUDI	400.000	160.000
		PNUD	180.000	65.000
4. Proyectos sectoriales a) Aire acondicionado residencial	Proyecto de demostración para una bomba de calor con R-290 en aire acondicionado residencial: • Diseño de proyectos/procesos para la selección de beneficiarios; • Lanzamiento de incentivos para que las empresas ofrezcan a los consumidores hasta 200 aparatos; • Prestación de asistencia técnica sobre la instalación y el mantenimiento preventivo, y suministro de un aparato que utiliza R-290 para cada centro de capacitación; y • Seguimiento e informe de los resultados del programa.	ONUDI	140.000	15.000
	Proyecto de demostración para dos tecnologías distintas a las convencionales ³³ de refrigeración evaporativa directa-indirecta (D-IEC) ³⁴ para aplicaciones residenciales tipo split: • Fabricación de prototipos de aparatos tipo D-IEC de 5 a 7,5 kW de capacidad; • Ensayos de eficiencia energética y otras características en un laboratorio acreditado,³⁵ y comparación con aparatos	ONUDI	125.000	45.000

³³ El término tecnologías de refrigeración distintas a las convencionales se refiere a cualquier sistema de refrigeración alternativo que no sea un sistema de refrigeración por compresión de vapor.

³⁴ Refrigeración por evaporación directa-indirecta: En primer lugar, se utiliza la refrigeración por evaporación indirecta para preenfriar el aire sin añadir humedad. A continuación, el aire preenfriado se somete a un enfriamiento por evaporación directa, lo que reduce aún más su temperatura. La combinación maximiza la eficiencia de enfriamiento al tiempo que controla los niveles de humedad, lo que la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones.

³⁵ Los parámetros que se ensayarán incluyen la eficiencia energética, la capacidad de refrigeración, la temperatura de bulbo seco en interiores y la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo en exteriores del sistema en las condiciones de prueba de Egipto.

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
	individuales tipo split de las mismas capacidades; • Análisis financiero y preparación de materiales comparativos del valor actual neto de los aparatos prototipo con otros aparatos individuales tipo split; y • Informe final y difusión de resultados, incluyendo talleres y visitas a las instalaciones.			
	Proyecto de demostración de la sustitución de tres sistemas de agua refrigerada envasada con tecnología distinta a la convencional que sustituyan a unidades tipo multisplit • Fabricación de prototipos de sistemas de agua refrigerada de 10 a 17,5 kW de capacidad; • Ensayos de eficiencia energética y otras características en un laboratorio acreditado, y comparación con unidades tipo multisplit de las mismas capacidades; • Análisis financiero y preparación de materiales comparativos del valor actual neto de los aparatos prototipo con otros aparatos tipo multisplit; y • Informe final y difusión de resultados, incluyendo talleres y visitas a las instalaciones.	ONUDI	135.000	55.000
Proyectos sectoriales b) Aire acondicionado comercial	Proyecto de demostración para la tecnología distinta a la convencional de refrigeración por aguas de mar profundas ³⁶ en aire acondicionado comercial: • Contratación de un consultor para determinar la viabilidad de los sistemas urbanos de refrigeración mediante tecnología de refrigeración por aguas de mar profundas en dos nuevos proyectos; • Recopilación de datos mediante un vehículo operado por control remoto en las profundidades del Golfo de Áqaba; • Identificación de un beneficiario para sustituir un enfriador con una capacidad propuesta de 350 kW en un hotel con la tecnología de demostración; • Medida del rendimiento del enfriador existente durante seis meses y de la tecnología de sustitución durante seis meses; y • Informe final y difusión de los resultados, incluyendo talleres, una visita de estudio a las instalaciones existentes en Egipto y visitas a las instalaciones.	ONUDI	360.000	40.000
4. Proyectos sectoriales c) Sectores de aire acondicionado para vehículos y refrigeración y aire acondicionado	Gira de estudio, evaluación de riesgos y aceptación en el mercado local para el sector de aire acondicionado para vehículos, y gira de estudio para el sector de refrigeración y aire acondicionado: • Gira de estudio a centros y laboratorios de investigación y desarrollo que trabajan en tecnologías de aire acondicionado para vehículos con bajo potencial de calentamiento atmosférico, incluidos el R-744 y el R-290, para que las partes interesadas puedan acceder a estas tecnologías para su adopción en sus instalaciones de fabricación. • Estudio de la aceptación en el mercado local de los refrigerantes naturales en el sector de aire acondicionado para vehículos y evaluación de riesgos para complementar la gira	ONUDI	150.000	60.000

³⁶ Las tecnologías de enfriamiento por aguas de mar profundas aprovechan las temperaturas naturalmente frías de las aguas profundas para proporcionar enfriamiento para edificios y procesos industriales. Este método puede reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los sistemas de aire acondicionado convencionales.

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
	para despertar el interés del sector de los sistemas de aire acondicionado para vehículos en pasar directamente a refrigerantes naturales, y talleres para difundir los resultados; y • Gira de estudio para observar las alternativas de refrigeración y aire acondicionado de bajo potencial de calentamiento atmosférico que se utilizan, promoviendo su adopción, y las reglamentaciones que han ayudado a los países a mantenerse en cumplimiento y dentro de los objetivos de reducción de HFC.			
4. Proyectos sectoriales d) Sector de inhaladores de dosis medidas	Gira de estudio para el sector de inhaladores de dosis medidas y proyecto de investigación: • Gira de estudio a centros de investigación y desarrollo y laboratorios especializados en tecnologías propulsoras de bajo potencial de calentamiento atmosférico, en particular el HFO-1234ze(E) y el R-290, a fin de facilitar a las partes interesadas acceso a innovaciones de vanguardia adecuadas para su integración en la fabricación de inhaladores de dosis medida; y • Construcción de un prototipo basado en estas tecnologías y pruebas de campo, realización de un estudio de viabilidad de mercado que cubra las barreras a la introducción y los beneficios medioambientales, y taller para difundir los resultados.	ONUDI	160.000	60.000
4. Proyectos sectoriales e) Sector de extinción de incendios;	Asistencia técnica y control del uso de HFC como agentes extintores de incendios: • Elaboración de un inventario de las empresas que importan, venden, usan, instalan y rellenan equipos de control de incendios y sistemas de inundación que utilizan HFC; • Promoción y desarrollo/impresión de folletos sobre las mejores prácticas de mantenimiento y recarga de extintores portátiles; • Coordinación de un grupo de trabajo para desarrollar la capacidad técnica sobre códigos aduaneros para controlar el comercio de bombonas utilizadas en el sector de extinción de incendios; • Realización de dos giras de estudio para representantes del sector y visitar organismos que tienen experiencia en extintores sin HFC; • Demostración de aplicaciones y evaluaciones del tiempo de reacción y reducción de daños; • Establecimiento de un centro de formación y examen que sea compatible con las normas internacionales sobre protección contra incendios y manipulación segura de gases fluorados y su recuperación, que pueda ser acreditado por una institución de cualificación profesional; y • Elaboración de material divulgativo para aplicadores y usuarios.	PNUD	520.000	162.000
4. Proyectos sectoriales f) Sector de transporte refrigerado	Asistencia técnica al subsector de transporte refrigerado: • Identificación de todas las partes interesadas en el subsector, las tecnologías y las aplicaciones (camiones portacontenedores, camiones pequeños, contenedores refrigerados o refrigeración marina), las tendencias de consumo de uso, y la disposición para tecnologías alternativas; y evaluación de la capacidad de servicio posventa; • Talleres para pequeñas y medianas empresas e instaladores sobre nuevas tecnologías, reducción de fugas mediante el	ONUDI	255.000	102.000

Componente	Actividad	Orga- nismo	Coste (USD)	
			Etapas	Primer tramo
	diseño y las herramientas adecuadas; • Asistencia técnica proporcionada a través de visitas individuales concertadas con las partes interesadas.			
<i>Subtotal de proyectos sectoriales</i>		ONUDI	1.325.000	377.000
		PNUD	520.000	162.000
Total de actividades en el sector de servicio y mantenimiento*			7.428.000	2.418.700
Subtotal para la ONUDI			6.000.000	1.900.000
Subtotal para el PNUD			1.428.000	518.700

* Excluyendo la supervisión de proyectos discutida en el párrafo 96 y mostrada en el cuadro 27 a continuación.

Ejecución, coordinación y supervisión del proyecto

96. Las actividades de supervisión y ejecución de proyectos se llevarán a cabo a través de la Dependencia Nacional del Ozono, que será responsable de la recopilación de datos, la supervisión y la preparación de informes, mientras que la oficina de gestión de proyectos será responsable de la ejecución de los proyectos y el apoyo a la Dependencia Nacional del Ozono. El PNUD coordinará con la Dependencia Nacional del Ozono y la oficina de gestión de proyectos los proyectos de inversión en el sector de espumas y sus actividades ajenas a la inversión, mientras que la ONUDI coordinará la supervisión y ejecución de los proyectos de inversión en los sectores de aire acondicionado y refrigeración y sus actividades ajenas a la inversión, como se indica en el cuadro 26 anterior. En el cuadro 27 a continuación se describen los costos de supervisión y ejecución de las actividades de inversión y ajenas a la inversión.

Costo total de la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC

97. Se propone un presupuesto para la etapa I de USD 27.866.395. El costo de las actividades del sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración se ha propuesto en USD 7.428.000 de conformidad con la decisión 92/37. Los componentes y costo propuestos de la etapa I del KIP se resumen en el cuadro 27.

Cuadro 27. Costo propuesto de actividades que se ejecutarán en la etapa I del KIP para Egipto (USD)

Sector	Sustancias	Eliminación		Financia- ción solici- tada (USD)	Relación costo a eficacia (USD/kg)	Orga- nismo
		t	Tonela- das eq. de CO ₂			
Espumas de poliuretano	HFC-365mfc/HFC-227ea, HFC-245fa, HFC-245fa en polioles pre-mezclados	131,95	138.905	1.560.431	11,83	PNUD
Poliestireno extruido	HFC-152	386,67	47.947	2.195.211	5,68	PNUD
<i>Subtotal de proyecto de inversión en los sectores de espumas</i>		518,62	186.852	3.755.642	7,24	PNUD
<i>Subtotal de gestión de proyectos para el proyecto de inversión de espumas</i>		n.a.	n.a.	375.564	n.a.	PNUD
Refrigeración doméstica	HFC-134a	365,82	523.124	9.215.527	25,19	ONUDI
Refrigeración comercial	HFC-134a, R-404A, R-407A	67,92	95.688	1.366.823	20,12	ONUDI
Aire acondicionado residencial	R-410A	179,70	375.114	3.722.407	20,72	ONUDI
<i>Subtotal de proyecto de inversión en el sector de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado</i>		613,44	993.926	14.304.757	23,32	ONUDI
<i>Subtotal de gestión de proyectos para proyectos de inversión de refrigeración y aire acondicionado</i>		n.a.	n.a.	1.430.476	n.a.	ONUDI
Sector de servicio y mantenimiento	n.a.	1.456,47	3.068.017	6.000.000	5,10	ONUDI
				1.428.000		PNUD

Sector	Sustancias	Eliminación		Financia- ción solici- tada (USD)	Relación costo a eficacia (USD/kg)	Orga- nismo
		t	Tonela- das eq. de CO ₂			
Gestión de proyectos para el sector de servicio y mantenimiento	n.a.	n.a.	n.a.	462.000	n.a.	ONUDI
				109.956		PNUD
Total general	n.a.	2.558,53	4.248.795	27.866.395	10,77	n.a.

Plan de ejecución para el primer tramo

98. El primer tramo de financiación de la etapa I del KIP se presentó por un monto total de USD 17.392.844 (incluidos USD 2.418.700 para actividades en el sector de servicio y mantenimiento, como se indica en el cuadro 26 anterior), que se ejecutará entre junio de 2025 y diciembre de 2027. En el párrafo 145 a continuación y en el anexo II del presente documento se presenta información detallada sobre las actividades que se ejecutarán en el marco del primer tramo, incluidos los ajustes y el nivel de fondos acordado.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIÓN DE LA SECRETARÍA

V. Observaciones

Estrategia general

99. De conformidad con la decisión 92/44, el Gobierno de Egipto ha expresado su firme compromiso de apoyar las reducciones del consumo de HFC con antelación a los objetivos del Protocolo de Montreal.³⁷

100. En 2023, el Banco Central de Egipto devaluó la libra egipcia, lo que supuso una pérdida de aproximadamente el 40 por ciento de su valor en relación con el dólar estadounidense, lo que a su vez limitó las importaciones de HFC en relación con el aumento de la demanda del mercado. El consumo en 2024 aumentó un 16 por ciento en toneladas eq. de CO₂, impulsado en parte por la recuperación de la devaluación de la moneda de 2023. A pesar de ese aumento, el consumo en 2024 se mantuvo un 10,7 por ciento por debajo del nivel básico de HFC del país.

Admisibilidad de los HFC contenidos en polioles premezclados importados

101. Egipto es el primer país en incluir en su KIP un proyecto para eliminar el uso de HFC tanto puros como contenidos en polioles premezclados.³⁸ Con el fin de eliminar de manera sostenible el consumo de los primeros, el país también debe ser capaz de abordar los segundos. El Comité Ejecutivo está considerando, en la presente reunión, en relación con el punto 10 c) del orden del día, un análisis adicional de la cuestión de los HFC contenidos en polioles premezclados importados en el sector de espumas de poliuretano en países que operan al amparo del Artículo 5 (decisión 95/88 b)). A pesar de que el Comité Ejecutivo todavía no ha decidido si financiará la eliminación de los HFC contenidos en polioles premezclados importados, la Secretaría ha examinado el proyecto de fabricación de espumas de poliuretano en Egipto de conformidad con el enfoque propuesto por la Secretaría en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/59. En particular, los costes admisibles se determinaron sobre la base del consumo de HFC vendido en el país para su uso por las empresas de espumas de poliuretano entre 2022 y 2024. En sus conversaciones con la ONUDI y el PNUD, la Secretaría enfatizó que su recomendación sobre la inclusión del proyecto de reconversión de

³⁷ Según la nota del 22 enero de 2025, dirigida a la ONUDI por el Ministerio de Medio Ambiente de Egipto.

³⁸ Anteriormente, el Comité Ejecutivo decidió que los proyectos para eliminar los HFC contenidos en polioles premezclados importados en el sector de espumas de poliuretano estarían sujetos a la decisión que tomara el Comité sobre si financiaría la eliminación de HFC contenidos en polioles premezclados importados.

la fabricación de espumas de poliuretano estaba sujeta a una decisión que el Comité Ejecutivo podría adoptar en relación con el punto 10 c) del orden del día.

102. La Secretaría toma nota de que la propuesta de la etapa I para Egipto incluía la cantidad y el tipo de HFC importados en polioles premezclados para los años 2022 a 2024; la lista de 32 empresas de espumas de poliuretano establecida antes del 1 de enero de 2020 que utilizaban sistemas de polioles importados, incluida la cantidad y el tipo de HFC que contienen; un plan para la eliminación completa del uso de HFC contenidos en polioles premezclados importados; y el compromiso del país de establecer, en el momento en que la última planta de fabricación de espumas se haya reconvertido a una tecnología sin HFC, reglamentos o políticas que prohíban la importación y el uso de HFC, tanto puro como contenido en polioles premezclados, en el sector de espumas de poliuretano. Además, la Secretaría toma nota de que la priorización del sector de fabricación de espumas de poliuretano por parte del país está en consonancia con la decisión 95/86 g), y que las empresas que participan en el proyecto se reconvertirán exclusivamente a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico.

Marco institucional, normativo y reglamentario

Sistema de otorgamiento de licencias y cupos de HFC

103. De conformidad con la decisión 87/50 g), la ONUDI ha confirmado que Egipto cuenta con un sistema en marcha y aplicable de otorgamiento de licencias y cupos para supervisar las importaciones/exportaciones de HFC. Los cupos para 2025 se han fijado al nivel del nivel básico en 19.290.350 toneladas eq. de CO₂. Los cupos se asignan a los importadores sobre la base del consumo de años anteriores, reservándose el 10 por ciento del cupo nacional para los nuevos importadores.

Cuestiones técnicas y relacionadas con los costos

Sector de fabricación de espumas de poliuretano

104. Al aclarar la diferencia entre el uso de HFC notificado por las empresas de fabricación de espumas de poliuretano y el presentado en el informe del programa de país, el PNUD explicó que las empresas podrían haber incluido inadvertidamente retardantes de llama y otros aditivos en su uso notificado. En consecuencia, se acordó evaluar el proyecto y los costos utilizando los datos del informe del programa de país para uso sectorial, de conformidad con las decisiones 34/18 y 41/16, y como se indica en el cuadro 28 a continuación.

Cuadro 28. Consumo de HFC, puro y contenido en polioles premezclados importados, en el sector de fabricación de espumas de poliuretano*

HFC	2020	2021	2022	2023	2024	Promedio 2022-2024
HFC-227ea	4,55	4,94	5,20	5,16	0,00	3,45
HFC-245fa	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50	98,70
HFC-365mfc	30,45	33,06	34,80	0,00	33,00	22,60
HFC-245fa en polioles premezclados importados	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00	29,41
HFC-365mfc en polioles premezclados importados	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	7,00
Total del sector	78,95	129,40	187,47	96,53	199,50	161,17

* Según lo notificado en los informes del programa de país

105. En relación al proyecto de reconversión de la línea de fabricación de espumas de poliuretano para calentadores de agua en El Araby, la Secretaría observó que, debido a un error involuntario, los costos adicionales de explotación solicitados se calcularon por kilogramo de sistema de espuma de poliuretano y no por kilogramo de agente espumante. La corrección de ese cálculo produce ahorros generales gracias a

la aplicación de la reconversión, dado el menor precio del ciclopentano (USD 3/kg) en comparación con el de la mezcla HFC-365mfc/HFC-227ea (USD 12/kg). Además, la Secretaría observó que las dos máquinas de espumación de alta presión de la empresa podrían seguir utilizándose con ciclopentano, aunque se requeriría encapsulación para hacerlo en condiciones de seguridad.

106. A pesar de que habría ahorros a largo plazo si la empresa pasara de utilizar HFC-365mfc/HFC-227ea a ciclopentano, hasta la fecha la empresa ha optado por no hacerlo. Se necesitan algunas inversiones para permitir la reconversión de la empresa al ciclopentano, un agente espumante inflamable. Por lo tanto, la Secretaría consideró que sería importante prestar asistencia para permitir la reconversión oportuna de la empresa, lo que, a su vez, permitiría al Gobierno aplicar a más tardar el 1 de enero de 2028 una prohibición de la importación de HFC-365mfc y HFC-245fa puro y contenido en polioles premezclados importados. En consecuencia, de forma excepcional, y sin sentar precedente, se acordó no considerar los ahorros adicionales de explotación y que la Secretaría recomendará un total de USD 101.420 para permitir que la empresa se reconvirtiera al ciclopentano, sobre la base de: USD 10.000 para asistencia técnica, pruebas y puesta en marcha, teniendo en cuenta que la empresa ya había recibido asistencia en el marco del PGEH para la reconversión a ciclopentano en la fabricación de espumas de poliuretano para refrigeradores domésticos; USD 30.200 para la encapsulación de las máquinas de espumación, un depósito de almacenamiento de ciclopentano y tuberías; USD 25.000 para ventilación y un sistema de detección de gas; USD 17.000 para adaptaciones eléctricas; USD 10.000 para una auditoría de seguridad; y un 10 por ciento para imprevistos (USD 9.220) sobre esos gastos. La reconversión de El Araby, sobre la base del consumo medio de 2022-2024, permitirá eliminar 22,60 t de HFC-365mfc, 3,45 t de HFC-227ea y 7,00 t de HFC-365mfc en polioles premezclados importados.

107. En relación al proyecto de reconversión de las 31 pequeñas y medianas empresas que consumen HFC-245fa puro y contenido en polioles premezclados, la Secretaría observó que el precio del HFC-245fa es de USD 10/kg, el del HFO-1233zd es de USD 17/kg y el del formiato de metilo es de USD 6/kg. Si las pequeñas y medianas empresas se reconvierten al formiato de metilo, habrá ahorros adicionales en sus operaciones, mientras que si las pequeñas y medianas empresas deciden reconvertirse al HFO-1233zd, habrá costos adicionales de explotación. La Secretaría considera que las pequeñas y medianas empresas se beneficiarían de una asistencia que les permitiera reconvertirse a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico. En consecuencia, de forma excepcional, y sin sentar precedente, y recordando que los proveedores de sistemas admisibles en Egipto ya habían recibido asistencia en el marco del PGEH para permitirles proporcionar a los usuarios subsecuentes sistemas de bajo potencial calentamiento atmosférico, se acordó que la Secretaría recomendaría:

- a) USD 124.000 para los proveedores de sistemas para ayudar a 31 pequeñas y medianas empresas, sobre la base de USD 1.000 y USD 3.000 por usuario subsecuente para gestión de proyectos y ensayos, pruebas y capacitación, respectivamente; y
- b) USD 192.169 para los costos adicionales de explotación para las pequeñas y medianas empresas sobre la base de las importaciones medias de 2022-2024 de HFC-245fa puro y contenido en polioles premezclados importados (128,11 t) y, de forma excepcional y sin sentar precedente, sobre la base del precio del HFO-1233zd, teniendo en cuenta al mismo tiempo que, durante la ejecución, las pequeñas y medianas empresas tendrían flexibilidad para seleccionar el agente espumante de bajo potencial de calentamiento atmosférico más adecuado para su uso.

108. Sobre esa base, el costo total convenido para reconvertir las 31 pequeñas y medianas empresas al formiato de metilo o HFO-1233zd es de USD 316.169 y dará lugar a la eliminación de 98,70 t de HFC-245fa (101.663 toneladas eq. de CO₂) y 29,41 t de HFC-245fa contenido en polioles premezclados importados (30.292 toneladas eq. de CO₂). El PNUD confirmó que ninguna de las pequeñas y medianas empresas había recibido asistencia en el marco del PGEH. Si durante la ejecución se determinara que alguna pequeña o mediana empresa no es admisible, se informaría de ello al Comité Ejecutivo de conformidad con el párrafo

7 c) del proyecto de Acuerdo para la etapa I del KIP, y la financiación asociada a su reconversión se devolvería al Fondo Multilateral, conforme al párrafo 7 d) del proyecto de Acuerdo.

109. A fin de garantizar la sostenibilidad de la eliminación, el Gobierno prohibirá la importación de HFC-245fa y HFC-365mfc a más tardar el 1 de enero de 2028, tanto puros como contenidos en polioles premezclados importados, y prohibirá el uso de HFC en la fabricación de espumas de poliuretano. El HFC-227ea, que no es un agente espumante y se añade al HFC-365mfc para reducir la inflamabilidad, no se prohibirá, ya que seguirá utilizándose en el sector de la extinción de incendios.

Sector de fabricación de espumas de poliestireno extruido

110. Si bien el sector de fabricación de poliestireno extruido aportaría solo una pequeña parte de la eliminación por lograr, su inclusión en la etapa I del KIP es coherente con la flexibilidad proporcionada a los países que operan al amparo del Artículo 5 en la decisión 95/86 g) y el párrafo 13 de la decisión XXVIII/2, que especificaba que los países que operan al amparo del Artículo 5 tendrían flexibilidad para dar prioridad a los HFC, definir sectores, seleccionar tecnologías y alternativas, y elaborar y aplicar sus estrategias para cumplir las obligaciones acordadas en materia de HFC, sobre la base de sus necesidades específicas y circunstancias nacionales, siguiendo un enfoque impulsado por país.

111. Al examinar los equipos básicos de cada empresa, la Secretaría observó que no era necesario modernizar la extrusora de Al Alamiya dado que la extrusora era compatible con CO₂ y éter dimetilico; y que la extrusora de Egypt Foam Co. era de 2005 y probablemente estaba cerca del final de su vida útil. Para entender mejor el costo de modernizar la extrusora, la Secretaría solicitó un presupuesto a un proveedor de líneas de fabricación de espumas de poliestireno extruido. El precio de flete a bordo de una línea completamente nueva de fabricación de espumas de poliestireno extruido compatible con CO₂ y éter de dimetilo es de USD 569.500, que incluye un sistema automático de alimentación y mezcla; la extrusora primaria con intercambiador hidráulico de malla; sistema de dosificación del agente espumante; extrusora secundaria de un solo tornillo y mezcladora estática; boquilla de ranura con controlador de temperatura; calibrador de tablero y sistema de primer arrastre; rejilla de enfriamiento, recortadora; segundo sistema de arrastre; sistema de corte de longitud en línea; rodillo impulsor; máquina de empuje horizontal y recorte de bordes; y sistema de control. El precio de la extrusora primaria, el sistema de dosificación del agente espumante y la extrusora secundaria de un solo tornillo es de USD 238.000. Además, la Secretaría tomó nota de que el HFC-152a era inflamable y de que las empresas ya dispondrían de un sistema de extracción y ventilación para operar en condiciones de seguridad.

112. Sobre la base de los ajustes indicados anteriormente para la extrusora de Al Alamiya y el sistema de extracción y ventilación de cada empresa; los costos convenidos en la comunicación original incluyen (por empresa, un depósito de éter de dimetilo, bomba de agente espumante y fontanería (USD 165.000); sistema de sensores de gas (USD 30.000), y auditoría de seguridad (USD 15.000)), y USD 50.000 por empresa para asistencia técnica y pruebas, así como, de conformidad con la decisión 18/25, el 50 por ciento de la financiación solicitada para la modernización de la extrusora en Egypt Foam Co. (USD 258.000); y el 10 por ciento para imprevistos, lo que dio lugar a costos adicionales de capital convenidos de USD 286.000 y USD 569.800 para Al Alamiya y Egypt Foam Co., respectivamente.

113. El precio del HFC-152a (USD 3,24/kg), del CO₂ (USD 3,83/kg) y del éter de dimetilo (USD 2,00/kg), más una mezcla de agente espumante de 2/3 de CO₂ y 1/3 de éter de dimetilo dan como resultado ahorros adicionales de USD 0,01/kg en las operaciones. Sobre la base del consumo de 2023, esto se traduce en ahorros operativos adicionales de USD 1.599 y USD 1.182 para Al Alamiya y Egypt Foam Company, respectivamente.

114. Las importaciones de HFC-152a en 2020-2024 son sustancialmente superiores al consumo notificado por las dos empresas. El PNUD confirmó que no había otras empresas de fabricación de espumas de poliestireno extruido que consumieran HFC-152a en el país, ni había uso de HFC-152a en la fabricación de

vidrio o en el sector de aerosoles. En consecuencia, el Gobierno prohibiría la importación de HFC-152a para el 1 de enero de 2028 a fin de garantizar la sostenibilidad de la reconversión.

115. Sobre la base de lo anterior, incluyendo la consideración de los pequeños ahorros de explotación, los costos adicionales totales convenidos para la reconversión de Al Alamiya son de USD 284.402 para eliminar 115 t de HFC-152a, y para la reconversión de Egypt Foam Co. son de USD 568.619 para eliminar 85 t de HFC-152a. Las importaciones de HFC-152a en 2023 fueron de 227 t. En consecuencia, las 27 t restantes de HFC-152a se deducirían del consumo restante del país admisible para la financiación.

Sector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica

116. En cuanto a los costos adicionales de explotación propuestos para los fabricantes, la Secretaría observó que el menor precio de R-600a (USD 4,74/kg) en relación con el del HFC-134a (USD 6,43/kg) notificado por el país, y la reducción de la carga de refrigerante al reconvertir de HFC-134a a R-600a, daría lugar a ahorros. Además, la información proporcionada por expertos del sector indica que la fabricación mundial de compresores de R-600a para refrigeradores domésticos supera a la de los compresores de HFC-134a y que el precio de esos compresores es generalmente más bajo, aunque puede haber variaciones en el precio relativo de los dos tipos de compresores en función de la cadena de suministro local y otros factores. Hay un fabricante local de compresores en el país que tiene capacidad para abastecer a parte de la industria local de fabricación de equipos de refrigeración³⁹ y que puede suministrar compresores de HFC-134a a un precio competitivo en relación con los compresores de R-600a importados. Además, podría requerir algún tiempo establecer una cadena de suministro para los compresores de R-600a, lo que daría lugar a costos que inicialmente son más altos en relación con los de los compresores de HFC-134a. En consecuencia, y teniendo en cuenta el costo de los ajustes relacionados con la seguridad necesarios para la reconversión a R-600a, se acordó fijar los costos adicionales de explotación a cero.

117. La Secretaría y la ONUDI mantuvieron conversaciones detalladas sobre los costos adicionales de capital para reconvertir las cinco empresas de fabricación de gran tamaño, que dieron lugar a los siguientes ajustes acordados:

- a) Según lo presentado, la propuesta preveía el uso de bombonas para almacenar R-600a en la zona de carga, que el personal cambiaría según fuera necesario. Dada la capacidad de las líneas de fabricación, el volumen de R-600a necesario y los riesgos potenciales asociados con el cambio de bombonas llenas de R-600a, la Secretaría propuso en su lugar utilizar un isotanque con las tuberías, la bomba y los dispositivos de seguridad asociados por USD 130.000 por empresa; excepto en el caso de la empresa Fresh, para la que se recomendaron dos isotanques, tuberías y los dispositivos de seguridad asociados, dada la mayor capacidad de fabricación de la empresa;
- b) Dado que la empresa Fresh tiene un consumo sustancialmente mayor, fabrica más modelos y tiene dos fábricas con un total de seis líneas de fabricación, se aumentó la financiación para las auditorías de seguridad, la capacitación y el prototipo y las pruebas, en consecuencia;
- c) El costo de una máquina de carga de R-600a de alta capacidad se incrementó a USD 72.000, en consonancia con el precio vigente en el mercado. Los costos de los detectores de fugas de hidrocarburos industriales y portátiles se ajustaron a USD 12.000 y USD 1.000 por unidad, respectivamente, y el del equipo de soldadura por ultrasonidos a USD 25.000 por unidad. El costo de la infraestructura de seguridad se redujo a USD 20.900

³⁹ En la 87ª reunión, el Comité Ejecutivo examinó, pero no aprobó, un proyecto para reconvertir el fabricante de compresores de HFC-134a a R-600a. Se prevé que se presentará un proyecto a la 97ª o 98ª reunión, de conformidad con la decisión 95/87, para mejorar la eficiencia energética de los compresores fabricados por la empresa en el contexto de la reducción de HFC.

por línea, y los gastos imprevistos se ajustaron al 10 por ciento del costo del equipo de capital;

- d) Sobre la base del equipo básico de las empresas, el número de máquinas de soldadura por ultrasonidos para Fresh se redujo a cinco; se excluyeron los detectores de fugas industriales para Fresh y Unionaire, dado que el equipo básico ya era capaz de detectar R-600a; se retiró la financiación para el sistema de detección de fugas de helio para Alaska y para los detectores de fugas de hidrocarburos para Fresh y Unionaire, dado que estas empresas ya contaban con tales equipos; y se excluyó el costo de las piezas de repuesto, ya que se trataba de un gasto operativo continuo para las empresas.

118. En vista de los ajustes antes mencionados, y de conformidad con el umbral de relación de costo a eficacia especificado en la decisión 95/86 a), el costo adicional acordado para reconvertir los cinco fabricantes de refrigeradores domésticos de gran tamaño es de USD 4.157.495, como se resume en el cuadro 29 a continuación.

Cuadro 29. Consumo de 2023 y costos adicionales acordados para los cinco fabricantes de refrigeradores domésticos de gran tamaño

Concepto	Electrostar	Alasaka	Kiriazzi	Fresh	Unionaire	Total
Consumo (t)	48,96	49,00	49,97*	158,50	11,00	317,43
Costos convenidos (USD)	673.703	674.240	687.601	1.970.536	151.415	4.157.494

* Consumo de la empresa corregido durante el proceso de examen del proyecto.

119. La Secretaría y la ONUDI también mantuvieron conversaciones detalladas sobre la reconversión de El Araby, una empresa de propiedad 100 por ciento local con líneas de fabricación de equipos de refrigeración domésticos establecida antes del 1 de enero de 2020, para la cual no se había solicitado financiación. La empresa ya cuenta con el equipo necesario para fabricar refrigeradores domésticos de R-600a y, por lo tanto, no tiene derecho a gastos de capital. Sin embargo, en 2020, el 88 por ciento de los refrigeradores fabricados por la empresa fueron a base de HFC-134a, y el porcentaje en 2023 era del 76. Teniendo en cuenta que más de las tres cuartas partes de la fabricación de la empresa seguía utilizando HFC-134a, la Secretaría consideró importante recomendar USD 50.000 para asistencia técnica a fin de que la empresa pudiera finalizar su reconversión a R-600a en consonancia con el calendario de las demás empresas que recibieron asistencia en el marco del proyecto, es decir, el 1 de enero de 2028.

120. Tras las deliberaciones, se acordó el costo adicional para reconvertir las pequeñas y medianas empresas que consumen entre 1,5 t y 15 t por año en USD 78.300 por empresa, sobre la base del costo del rediseño de productos, el desarrollo de prototipos y pruebas; la modificación de los sistemas de suministro y carga de refrigerantes; detectores de fugas de R-600a; modificaciones de la infraestructura de seguridad y de la línea de montaje; formación en inspección, puesta en marcha y seguridad; asistencia técnica; certificación de productos; e imprevistos. Análogamente, el costo adicional de reconversión para las empresas que consumen 1,5 t o menos al año se acordó en USD 31.150 por empresa, sobre la base de los elementos anteriores y teniendo en cuenta los menores volúmenes de fabricación.

121. Aunque las empresas del sector de refrigeración doméstica no están incluidas en la definición de pequeñas y medianas empresas que figura en la decisión 95/86(c), la Secretaría consideró que las empresas más pequeñas del sector de fabricación de equipos de refrigeración domésticos se enfrentarían a limitaciones financieras y técnicas similares a las de las pequeñas y medianas empresas de fabricación de equipos comerciales de refrigeración y aire acondicionado en su reducción de los HFC. En consecuencia, la Secretaría propuso utilizar la misma definición para las pequeñas y medianas empresas en refrigeración doméstica que se especifica en el párrafo c) de la decisión 95/86, y utilizar como guía la financiación adicional para las pequeñas y medianas empresas especificada en los párrafos d) i) y e) de la misma decisión. Con respecto a esto último, la ONUDI confirmó que el proyecto incluía a todas las empresas restantes del sector

y que se entendía que Egipto no presentaría más solicitudes de financiación del Fondo Multilateral para ninguna empresa del sector de fabricación de equipos de refrigeración domésticos.

122. De las nueve empresas con un consumo de HFC inferior a 15 t por año, Alradwan International, Minlo, Tredco Engineering Industries y Tiba no se consideraron como pequeñas y medianas empresas con arreglo a la decisión 95/86 c) sobre la base del consumo total de la empresa o el volumen de equipos fabricados. En consecuencia, el costo adicional para esas empresas se acordó sobre la base del costo menor entre USD 78.300 y una relación de costo a eficacia de USD 13,76/kg. Para las pequeñas y medianas empresas con un consumo superior a 1,5 t (es decir, Akwarj, Mas Electric y Trust for Ind.), el costo adicional se acordó sobre la base de la cifra menor entre USD 78.300 y una relación de costo a eficacia de USD 18,16/kg, y sobre la base de la cifra menor entre USD 31.150 y USD 34,40/kg para las pequeñas y medianas empresas con un consumo de 1,5 t o menos (Eastern Engineering Enterprises y Elsaedy Electrical Appliances).

123. Sobre la base de lo anterior, la financiación total convenida para los proyectos de refrigeración doméstica es de USD 4.552.856, tal como se resume en el cuadro 30 a continuación.

Cuadro 30. Financiación convenida para el sector de fabricación de equipos de refrigeración domésticos

Concepto	Núm.	Consumo (t)	Financiación acordada (USD)	Relación de costo a eficacia (USD/kg)
Grandes empresas (> 15 t)	5	317,43	4.157.494	13,10
El Araby	1	39,30	50.000	1,27
Empresas con consumo entre 1,5 y 15 t	5	17,38	280.607	16,14
Empresas con consumo igual o inferior a 1,5 t	4	2,85	64.755	22,75
Total	15	376,97	4.552.856	12,08

Sector de fabricación de equipos de refrigeración comercial

124. La Secretaría trató de entender mejor si Miraco fabricaba o ensamblaba unidades de condensación, y cómo se aseguraría la sostenibilidad de la reconversión, dado que Miraco era la única empresa que fabricaba unidades de condensación que participaba en el proyecto y otras empresas podían seguir ensamblando e instalando unidades de condensación de HFC después de la reconversión de Miraco. Tras deliberaciones con la ONUDI y dadas las dificultades para garantizar la sostenibilidad de la reconversión, se acordó retirar la reconversión de la empresa del proyecto.

125. La Secretaría y la ONUDI mantuvieron conversaciones detalladas sobre la reconversión de las empresas que fabrican equipos autónomos de refrigeración comercial. Si bien los precios del HFC-134a (USD 6,43/kg) y del R-290 (USD 6,40/kg) son comparables, la reducción de la carga de refrigerante redundaría en ahorros de funcionamiento. En cambio, el precio de los compresores que funcionan con R-290 es más alto que el de los compresores que funcionan con HFC-134a, lo que resulta en costos adicionales de explotación de USD 5,50/kg, conforme a la decisión 95/86 a).

126. De las seis empresas presentadas como pequeñas y medianas empresas con un consumo de HFC de entre 15 t y 1,5 t por año, de conformidad con la decisión 23/14, Everest no es admisible ya que la empresa es de propiedad de los Emiratos Árabes Unidos. De conformidad con la decisión 95/96 c) i), Alradwan no se considera una pequeña o mediana empresa, dado que la totalidad de su consumo de HFC es superior a 15 t. Los costos adicionales de capital para Alradwan se acordaron en USD 82.496, dada la mayor capacidad de fabricación de la empresa. Para el resto de las empresas, los costos adicionales de capital se acordaron en USD 65.120 por empresa, sobre la base del rediseño de productos, el desarrollo de prototipos

y pruebas; modificación de los sistemas de suministro y carga de refrigerantes; infraestructura de seguridad; asistencia técnica; capacitación relacionada con la seguridad; certificación de productos y verificación de la seguridad; y el 10 por ciento para imprevistos. Los costos convenidos para la reconversión de las seis empresas se basaron en el menor entre los costos adicionales de capital y costos adicionales de explotación acordados, y el umbral de relación de costo a eficacia aplicable, que es de USD 16,50/kg para Alradwan y de USD 21,78/kg para las demás pequeñas y medianas empresas, lo que dio como resultado un costo acordado de USD 430.947 para reconvertir las seis empresas, como se resume en el cuadro 31 a continuación.

127. Para las cuatro empresas con un consumo de HFC de 1,5 o menos al año, se acordaron costos adicionales de capital de USD 25.300 por empresa. Los costos convenidos para la reconversión de cada empresa se determinaron sobre la base del menor entre los costos adicionales de capital y costos adicionales de explotación convenidos, y el umbral de relación de costo a eficacia aplicable. A pesar de que el Comité Ejecutivo especificó un umbral de relación de costo a eficacia para la refrigeración comercial que abarca los equipos de refrigeración comercial individuales, pero que no es exclusivo de ellos, la Secretaría tomó nota y la ONUDI confirmó que el proyecto incluía a todas las empresas restantes que fabricaban equipos de refrigeración comercial independientes a base de HFC y que el Gobierno de Egipto no presentaría más solicitudes de financiación del Fondo Multilateral para ninguna empresa que fabricase dichos equipos. En consecuencia, la Secretaría propuso utilizar el umbral de relación de costo a eficacia más alto previsto en la decisión 95/86 e) para las empresas que consumen 1,5 t o menos de HFC. Al respecto, la ONUDI confirmó que la empresa DRIC consumió más de 1,5 t y, por lo tanto, el umbral aplicable para la empresa es de USD 21,78/kg, mientras que para las otras tres empresas el umbral de relación de costo a eficacia aplicable es de USD 41,25/kg, lo que resulta en costos convenidos de USD 72.255 para reconvertir las cuatro empresas, como se resume en el cuadro 31 a continuación.

128. Sobre la base de lo anterior, la financiación total convenida para los proyectos de refrigeración comercial es de USD 502.202, tal como se resume en el cuadro 31 a continuación.

Cuadro 31. Financiación acordada para fabricantes de equipos de refrigeración comercial

Concepto	Núm.	Consumo (t)	Financiación acordada (USD)	Relación de costo a eficacia (USD/kg)
Empresas con consumo entre 1,5 y 15 t	6	35,46*	430.947	12,15
Empresas con consumo igual o inferior a 1,5 t**	4	2,46	71.255	28,97
Total	10	37,92	502.202	13,24

* Incluye 9,50 t de HFC-134a en Everest, una empresa no admisible.

** Incluye DRIC que tiene un consumo de 1,55 t

Fabricación de equipos de aire acondicionado residencial

129. La Secretaría recordó el compromiso contraído por el Gobierno en el marco del PGEH de, entre otras cosas, garantizar el control total de los equipos de aire acondicionado residencial a base de R-410A y R-407C, importados o disponibles en el mercado local (decisión 84/72 e) i) b) y asegurar la adopción del HFC-32 en el mercado local (decisión 84/72 e) i) b); y el compromiso de las cinco empresas que participan en la etapa II del PGEH para, entre otras cosas, participar activamente en los esfuerzos para promover la aceptación en el mercado de los equipos de aire acondicionado residencial basados en la tecnología acordada (decisión 84/72 e) iv)). Además, la Secretaría recordó el compromiso asumido en la 94ª reunión por las empresas que recibieron asistencia en el marco del PGEH y que firmaron contratos de costos adicionales de explotación para cumplir con el cronograma para la fabricación completa para el mercado local con tecnología de HFC-32 para el 1 de enero de 2025 o el 31 de diciembre de 2026. A la luz de esos compromisos, y del progreso continuo de las cinco empresas que se habían reconvertido a HFC-32 en el marco del PGEH, como se describe en los párrafos 25 y 26 del presente documento, la Secretaría consideró que la reconversión de las empresas que fabrican con R-410A que no habían recibido asistencia en el marco del

PGEH era fundamental para la reconversión sostenible del sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial en el país.

130. Sobre esa base, la Secretaría y la ONUDI mantuvieron deliberaciones detalladas sobre la reconversión propuesta a HFC-32 de las empresas que siguen fabricando aparatos de aire acondicionado residenciales con R-410A en el país, incluidos los costos admisibles, las políticas para garantizar la sostenibilidad de la reconversión y las deducciones conexas en el consumo de HFC admisible para la financiación. Esas cuestiones se examinarán sucesivamente.

131. La información proporcionada por expertos del sector indica que el precio de los compresores de HFC-32 ha cambiado sustancialmente en los últimos cinco años. La fabricación mundial de compresores de HFC-32 para equipos de aire acondicionado residenciales supera actualmente a la de los compresores de R-410A. Dado que el volumen de fabricación y, por ende, las economías de escala son uno de los principales impulsores del costo de los compresores, el precio mundial de los compresores de HFC-32 es ahora comparable o inferior al de los compresores de R-410A, aunque puede haber algunas variaciones en el precio relativo de los dos tipos de compresores en función de la cadena de suministro local y otros factores. El menor precio del HFC-32 (USD 3,56/kg) en comparación con el del R-410A (USD 7,51/kg) y la reducción prevista del 10 por ciento de la carga al reconvertir de R-410A a HFC-32 permitirían ahorros de explotación. No obstante, dada la necesidad de las empresas de establecer sus propias cadenas de suministro para los compresores de HFC-32, lo que puede dar lugar a costos inicialmente más elevados en comparación con los compresores de R-410A, y dada la necesidad de realizar ajustes menores relacionados con la seguridad para la reconversión a HFC-32, se acordó fijar los costos adicionales de explotación en cero.

132. La Secretaría y la ONUDI mantuvieron conversaciones detalladas sobre los costos adicionales de capital para reconvertir las cinco empresas (es decir, Kiriazi, Raya Electric, Free Air, Tiba y Elteriak), lo que dio lugar a los siguientes ajustes acordados:

- a) De conformidad con los proyectos precedentes anteriores, para todas las empresas: precio de un equipo de soldadura por ultrasonidos de USD 25.000; precio de una estación de recuperación de HFC-32, incluyendo una bombona para la zona de reparación, de USD 2.750; precio de un detector de fugas industrial capaz de detectar HFC-32 de USD 12.000; y medidas relacionadas con la seguridad (como ventilación, sistema de control del gas, suelo antiestático, etc.) de USD 62.700 por línea. A esos gastos se añade un 10 por ciento de gastos imprevistos;
- b) Se ajustó el equipo proporcionado a las empresas en función de si ya tenían equipo básico capaz de manejar HFC-32, lo que resultó en un detector de fugas industrial proporcionado a cada empresa, excepto a Raya Electric, que ya tenía tres detectores de este tipo; y si el equipo básico se hubiera adquirido después de la fecha límite del 1 de enero de 2020 para la capacidad admisible (la bomba de suministro de Free Air);
- c) Para las empresas que no disponían de una estación de recuperación o de detectores portátiles de fugas en sus equipos básicos, se aportaría, de forma excepcional, el 50 por ciento de los costos de los equipos necesarios para buenas prácticas; y
- d) De forma excepcional, se proporcionarían USD 25.000 adicionales por empresa a las empresas que consuman más de 20 t para medidas de seguridad adicionales, incluyendo una línea de suministro para el almacenamiento externo de refrigerante, válvulas de cierre y otras medidas de seguridad.

133. La Secretaría trató de entender mejor la situación de la fabricación en Helwan Industries. La empresa está asociada con el Ministerio de Producción Militar, en los últimos años no ha fabricado regularmente aparatos de aire acondicionado residencial a base de R-410A y tiene una fábrica que produce

refrigeradores domésticos a base de R-600a. Como se refleja en su limitado consumo de R-410A, la empresa importó un pequeño número de juegos de despiece completos que ensambló y cargó con refrigerante en su fábrica. Sobre esa base, se acordó que la ONUDI proporcionaría asistencia técnica a la empresa de acuerdo con el umbral de relación de costo a eficacia especificado en la decisión 95/86 (es decir, USD 6.610). A pesar del consumo limitado de Helwan, así como de Eletriak, se acordó no considerar a esas empresas como pequeñas y medianas empresas dadas otras fabricaciones realizadas por esas empresas. No obstante, se acordó que Helwan podría aprovechar la asistencia técnica que se proporcionaría en el marco del programa de asistencia técnica específico para las pequeñas y medianas empresas propuesto por la Secretaría para el sector de fabricación de equipos de refrigeración domésticos y comerciales, que se examina con más detalle en el párrafo 139 a continuación.

134. Sobre la base de los ajustes descritos en los párrafos 129 y 133 anteriores, el consumo de las empresas en 2023 y el umbral de relación de costo a eficacia especificado en la decisión 95/86, los costos adicionales convenidos para reconvertir las seis empresas ascienden a USD 1.948.235, como se resume en el cuadro 32 a continuación.

Cuadro 32. Consumo de R-410A y costos convenidos para la reconversión de seis fabricantes de aparatos de aire acondicionado residenciales

	Kiriaz	Raya Electric	Free Air	Tiba	Eletriak	Helwan	Total
Consumo (t)	41,40	27,66	64,55	19,69	9,95	0,49	163,75
Costos convenidos (USD)	361.168	348.086	829.296	267.719	135.374	6.610	1.948.235

135. Si bien las empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que participan en el marco del PGEH dejaron de fabricar con R-410A para el mercado local el 1 de enero de 2025 (Unionaire), el 31 de diciembre de 2025 (Power) o lo harán a más tardar el 31 de diciembre de 2026 (El Araby, Fresh y Miraco), las empresas que participan en la etapa I del KIP necesitarán tiempo adicional para completar su reconversión. En consecuencia, se acordó que las seis empresas que participan en el KIP dejarán de fabricar aparatos de aire acondicionado residencial a base de R-410A a partir del 1 de enero de 2028. A fin de garantizar la sostenibilidad de la reconversión del sector al HFC-32, el Gobierno prohibirá la fabricación e importación de aparatos de aire acondicionado residenciales a base de R-410A a partir del 1 de enero de 2029.

136. La ONUDI observó que una empresa propiedad de una multinacional que opera al amparo del Artículo 5 estableció una nueva línea de fabricación residencial de R-410A en 2024. Posteriormente, el Comité del Ozono tomó la decisión número 2 de 2024 que prohíbe la emisión de aprobaciones o licencias industriales para nuevas líneas de fabricación de aparatos de aire acondicionado residencial basados en R-410A. La nueva empresa se reconvertirá a HFC-32 a más tardar el 1 de enero de 2029 con sus propios recursos.

137. Como se indica en el párrafo 25 del presente documento, el consumo de R-410A por las cinco empresas asistidas en el marco del PGEH aumentó de 716,92 t en 2020 a 1.407,25 t en 2022 y luego disminuyó a 1.212,28 t en 2024. Dada la inclusión de ese consumo en los años de referencia, la reconversión de R-410A a HFC-32 por los cinco fabricantes de equipos de aire acondicionado residencial que recibieron asistencia en el marco del PGEH se debe considerar para determinar las deducciones en el consumo restante de HFC admisible para la financiación de la etapa I del KIP. Teniendo en cuenta que el país proponía reducir su consumo adelantándose a los objetivos del Protocolo de Montreal, y de conformidad con la decisión 92/44, y de forma excepcional; y recordando que las empresas que recibieron asistencia en el marco del PGEH se habían comprometido a fabricar aparatos de aire acondicionado residencial a base de HFC-32 para el mercado interno, pero que podían seguir fabricando aparatos de aire acondicionado residencial a base de R-410A para la exportación, y que todo el consumo de las empresas se estaba eliminando sin asistencia adicional del Fondo Multilateral en el marco de la etapa I del KIP, se acordó considerar únicamente

el consumo de R-410A de 2020 de las empresas asistidas en el marco del PGEH al evaluar las deducciones del consumo restante admisible para la financiación (es decir, 716,92 t o 1.496.571 toneladas eq. de CO₂).

138. En la 95ª reunión, el Comité Ejecutivo aprobó la financiación para la preparación de un proyecto que se presentaría en virtud de la decisión 94/60 para, entre otras cosas, mejorar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado residencial fabricados por empresas en Egipto como parte de su reducción de HFC (decisión 95/35). La Secretaría tomó nota con beneplácito de que el Gobierno tenía la intención de presentar dicho proyecto a la 97ª reunión. Si bien los costos adicionales de explotación para la reconversión de R-410A a HFC-32 fueron cero, la aprobación de un proyecto en virtud de la decisión 94/60 permitiría proporcionar financiación adicional a las empresas para mejorar la eficiencia energética de los equipos que fabrican como parte de su reducción de HFC. Además, para garantizar la sostenibilidad de un proyecto presentado en virtud de la decisión 94/60 a la 97ª reunión, la Secretaría recomienda que, independientemente de la decisión 84/72 e) iii), El Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire sean elegibles para un proyecto destinado a mejorar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado residencial que las empresas fabriquen en virtud de la decisión 94/60, con sujeción a los criterios de la decisión 94/60.

Actividades sin inversión en el sector de servicio y mantenimiento y otros

139. Tras deliberaciones detalladas entre la Secretaría y la ONUDI, se acordaron los siguientes ajustes a las actividades propuestas:

- a) Dada la gran cantidad de técnicos de equipos de refrigeración y aire acondicionado y de equipos de aire acondicionado para vehículos que hay en el país (cantidades estimadas en 100.000 y 20.000, respectivamente), aumento del número de técnicos de equipos de aire acondicionado para vehículos y de equipos de refrigeración y aire acondicionado entre 1.000 y 1.600 cada uno, y aumentar los fondos en consecuencia;
- b) Se sustituyeron la gira de estudio, las evaluaciones de riegos y la aceptación en el mercado local para el sector de aire acondicionado para vehículos, y la gira de estudio para el sector de refrigeración y aire acondicionado, y la gira de estudio para el sector de inhaladores de dosis medida y el proyecto de investigación, para los que se habían solicitado USD 310.000, con consultas preparatorias con partes interesadas técnicas sobre las tendencias tecnológicas, incluidas las evaluaciones de riesgos y la aceptación en el mercado en sistemas de aire acondicionado para vehículos, equipos de refrigeración y aire acondicionado de gran tamaño, centros de datos e inhaladores de dosis medida, con una financiación acordada de USD 150.000;
- c) En lo que respecta a la asistencia técnica para el sector de extinción de incendios, la ONUDI confirmó que las telecomunicaciones y las salas de informática, los edificios energéticos, las bibliotecas y archivos y los sectores de petróleo y gas son los principales consumidores de HFC en la extinción de incendios, y que los gases inertes, los sistemas de CO₂, el FK-5-1-12, los sistemas de polvo y los sistemas de agua nebulizada pueden considerarse como alternativas. Por consiguiente, en los dos proyectos de demostración se pondrá a prueba el funcionamiento de varias alternativas en diferentes condiciones. Los parámetros medidos incluyen la velocidad de reacción, el daño de los materiales, el porcentaje de daño por el fuego, los posibles riesgos para las vidas humanas y otros parámetros. Sobre esa base, y en consonancia con los proyectos anteriores, los costos se ajustaron a USD 515.000 después de eliminar las giras de estudio y aumentar el número de talleres a nueve;
- d) Teniendo en cuenta que el riesgo para la reconversión sostenible a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico es mayor para las pequeñas y medianas empresas que para las empresas más grandes, que cuentan con más capacidad técnica y financiera para facilitar su reconversión, se incluyó un programa específico de asistencia técnica para

asistir a las pequeñas y medianas empresas y mitigar ese riesgo por un costo de USD 68.400;

- e) Teniendo en cuenta la limitada información sobre las pequeñas y medianas empresas en el sector de transporte refrigerado, y que el proyecto implicó el suministro de herramientas a empresas del sector, cuyos beneficiarios y herramientas requeridas solo pudieron determinarse durante la ejecución, sobre la base de las recomendaciones del consultor nacional que se contratará para este fin, ajuste de la financiación a USD 205.000; y
- f) A la luz de los ajustes anteriores, se aumentó a USD 595.000 la financiación para actividades de sensibilización y divulgación para la evaluación de alternativas en los sectores de inhaladores de dosis medida, aire acondicionado para vehículos y refrigeración y aire acondicionado y otras actividades para promover la refrigeración sostenible.

140. La financiación de las actividades en los sectores de la extinción de incendios debe examinarse caso por caso. Teniendo en cuenta que las actividades propuestas son similares a las del sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración, se acordó financiarlas conjuntamente con el sector de servicio y mantenimiento con USD 5,10/kg. Por lo tanto, las reducciones del consumo de HFC admisibles para la financiación se basaron en el potencial de calentamiento atmosférico medio del sector de servicio y mantenimiento y extinción de incendios. En consecuencia, sobre la base del costo de las actividades en el sector de servicio y mantenimiento (incluida la extinción de incendios), acordado en USD 7.576.400, las reducciones del consumo restante de HFC admisible para financiación en el sector de servicio y mantenimiento ascienden a 3.162.252 toneladas eq. de CO₂, como se resume en el cuadro 33.⁴⁰

Cuadro 33. Reducciones del consumo restante de HFC admisibles para financiación en el sector de servicio y mantenimiento*

Consumo medio de HFC en el sector de servicio y mantenimiento en los años de referencia*	t	4.390,29
	Toneladas eq. de CO ₂	9.345.372
Financiación convenida	USD	7.576.400
Umbral de relación de costo a eficacia acordado	USD/kg	5,10
Reducciones del consumo restante de HFC en el sector*	t	1.485,57
	Toneladas eq. de CO ₂	3.162.252

* Incluido el consumo para el servicio y mantenimiento de equipos de extinción de incendios.

Oficina de gestión de proyectos

141. Se acordó una financiación para la oficina de gestión de proyectos de USD 1.347.277, que consiste en USD 1.118.320 para la ONUDI, que cubrirá la ejecución y la supervisión de proyectos de reconversión en los sectores de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado (USD 595.281) y las actividades dirigidas por la ONUDI en el sector de servicio y mantenimiento (USD 523.039); y USD 228.957 para el PNUD, que cubrirán la ejecución y supervisión de los proyectos de reconversión en los sectores de espumas (USD 108.002) y actividades dirigidas por el PNUD en el sector de servicio y mantenimiento (USD 120.955).

Costo total del proyecto

142. Con un costo total de USD 17.197.598, la etapa I del KIP para Egipto dará lugar a una reducción de 5.795.458 toneladas eq. de CO₂ del consumo de HFC del país admisible para la financiación, incluyendo 35.850 toneladas eq. de CO₂ de HFC contenidos en polioles premezclados importados y 1.496.571 toneladas eq. de CO₂ asociadas a la reconversión de cinco empresas de fabricación de aparatos de aire

⁴⁰ Calculado con arreglo a la metodología presentada en el anexo I del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/46.

acondicionado residencial que cuentan con asistencia en el marco de la etapa II del PGEH, como se resume en el cuadro 34 a continuación.

Cuadro 34. Costo acordado de las actividades que se ejecutarán durante la etapa I del KIP en Egipto

Sector	Sustancias	Eliminación		Financiación acordada (USD)	Relación costo a eficacia (USD/kg)	Organismo
		t	Toneladas eq. de CO ₂			
Espumas de poliuretano	HFC-365mfc, HFC-227ea	26,05	29.066	101.420	3,07	PNUD
	HFC-365mfc premezclado	7,00	5.558			
	HFC-245fa	98,70	101.663	316.169	2,47	
	HFC-245fa premezclado	29,41	30.292			
Espumas de poliestireno extruido	HFC-152a	227,00	28.148	853.021	3,76	PNUD
Subtotal de proyecto de inversión en los sectores de espumas		388,16	194.727	1.270.610	3,27	PNUD
Oficina de gestión de proyectos para el proyecto de inversión en espumas		n.a.	n.a.	108.002	n.a.	PNUD
Refrigeración doméstica	HFC-134a	376,97	539.066	4.552.856	12,08	ONUDI
Refrigeración comercial	HFC-134a, R-404A, R-407C	*37,92	61.023	502.202	13,24	ONUDI
Aire acondicionado residencial	R-410A	163,75	341.819	1.948.253	11,90	ONUDI
	R-410A del PGEH **	716,92	1.496.571	0	n.a.	n.a.
Subtotal de proyecto de inversión en el sector de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado		1.295,56	2.438.478	7.003.311	** 5,41	ONUDI
Oficina de gestión de proyectos para proyecto de inversión en refrigeración y aire acondicionado		n.a.	n.a.	595.281	n.a.	ONUDI
Sector de servicio y mantenimiento	Varios	1.206,55	2.568.318	6.153.400	5,10	ONUDI
		279,02	593.934	1.423.000		PNUD
Subtotal de actividades del sector de servicio y mantenimiento		1.485,57	3.162.253	7.576.400	5,10	n.a.
Oficina de gestión de proyectos para el sector de servicio y mantenimiento		n.a.	n.a.	523.039	n.a.	ONUDI
				120.955		PNUD
Subtotal de todos los proyectos (sin oficina de gestión de proyectos)		3.169,29	5.795.458	15.850.320	5,00	n.a.
Subtotal de todas las oficinas de gestión de proyectos		n.a.	n.a.	1.347.277	n.a.	n.a.
Total general (incluyendo la eliminación de 5 empresas de aire acondicionado residencial del PGEH**)		3.169,29	5.795.458***	17.197.598	5,43	n.a.

* Incluye el consumo no admisible de 9,50 t (13.588 toneladas eq. de CO₂) de HFC-134a asociado con Everest

** La eliminación asociada de R-410 de los proyectos de reconversión de aire acondicionado residencial en el marco del PGEH asciende a 716,92 t (1.496.571 toneladas eq. de CO₂)

*** Incluye 35.850 toneladas eq. de CO₂ de HFC contenidos en polioles premezclados importados

143. Las deducciones totales del consumo restante del país admisibles para financiamiento ascienden a 5.795.458 toneladas eq. de CO₂, incluyendo 1.496.571 toneladas eq. de CO₂ asociadas con la reconversión de las cinco empresas de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial que se reconvierten a HFC-32 en el marco del PGEH. Se prevé que la reducción de esas cinco empresas, y de las seis empresas que se reconvertirán a HFC-32 en la etapa I del KIP, conduzca a la incorporación de 535.004 toneladas eq. de CO₂ de HFC-32. Si se tiene en cuenta esa incorporación y se excluye la eliminación de 35.850 toneladas eq. de CO₂ de HFC contenidos en polioles premezclados importados, se obtienen reducciones netas del consumo de 5.224.604 toneladas eq. de CO₂. Para considerar un objetivo final adecuado, la Secretaría tomó nota del aumento del consumo en 2024, que reflejaba las necesidades continuas del país de refrigeración, y de que podría ser necesario algún tiempo para que las actividades planificadas en el marco del KIP se ejecuten y afecten a la demanda del mercado. Sobre esa base, se acordó establecer el objetivo final para la

etapa I del KIP en 15.046.473 toneladas eq. de CO₂, un punto intermedio entre el objetivo propuesto originalmente (15.471.223 toneladas eq. de CO₂) y el calculado sobre la base de las reducciones de consumo anteriores (14.065.746 toneladas eq. de CO₂). A fin de garantizar que el Gobierno dispusiera de tiempo suficiente para cumplir ese objetivo final, se acordó prorrogar la etapa I del KIP hasta 2030.

144. La etapa I del KIP se ejecutará en tres tramos. A pesar de que en la decisión 95/49 c) se especifica que el primer tramo de la etapa I no debe constituir más del 60 por ciento de la financiación total de la etapa I, excepcionalmente se acordó que el primer tramo representará el 62,7 por ciento de la financiación total de la etapa I, dada la necesidad de proporcionar los costos adicionales de capital para las reconversiones de fabricación, que constituyen la mayoría (más del 80 por ciento) de la financiación necesaria para las actividades del tramo.

Plan de ejecución para el primer tramo del plan de ejecución de Kigali para los HFC

145. Sobre la base de los cambios descritos en los párrafos 104 a 142 anteriores, la ONUDI y el PNUD acordaron un plan de acción revisado para el primer tramo que incluye la supresión del proyecto de demostración sobre bombas de calor residenciales, la adición del programa de asistencia técnica específico para las pequeñas y medianas empresas de actividades de reconversión de la fabricación, consultas con las partes interesadas sobre las tendencias tecnológicas en el sector de aire acondicionado para vehículos y el sector de grandes equipos de refrigeración comercial, ajustes en la distribución de los tramos, y costos y objetivos revisados para varias actividades. Los costos de las actividades revisadas del primer tramo ascienden a USD 10.786.475 y se presentan en el anexo II del presente documento.

Exención para partes con alta temperatura ambiente

146. Egipto no se acogerá a la exención relativa a las altas temperaturas ambientales, como se informó en la carta enviada por la Dependencia Nacional del Ozono a la Secretaría del Ozono el 24 de octubre de 2024.

Cofinanciación

147. Las fuentes de cofinanciación identificadas en este proyecto incluían los costos asumidos por las pequeñas y medianas empresas en los sectores de fabricación de equipos de refrigeración y aire acondicionado para cubrir la diferencia entre el costo calculado de la reconversión y la cantidad solicitada para los proyectos de reconversión; los gastos sufragados por los distribuidores de aire acondicionado que participan en el proyecto de demostración para recuperar aparatos retirados, la recuperación de refrigerante y asegurar su correcta eliminación; la posible cofinanciación por parte de los participantes en el proyecto de demostración para los aparatos residenciales tipo split; los costos soportados por los fabricantes de inhaladores de dosis medida para contribuir al desarrollo y ensayo de prototipos; la cofinanciación de los participantes en la demostración de sistemas de agua refrigerada; y servicios en especie prestados por centros de capacitación que contribuirán con el uso de sus locales y personal para actividades relacionadas con el KIP.

Plan administrativo del Fondo Multilateral para 2025-2027

148. La ONUDI y el PNUD solicitan USD 17.197.598, más gastos de apoyo al organismo, para la ejecución de la etapa I del KIP para Egipto. El total solicitado de USD 16.455.213, inclusive los gastos de apoyo al organismo para el periodo 2025-2027, está USD 10.425.357 por encima del monto que figura en el plan administrativo.

Aplicación de políticas de género

149. De conformidad con las decisiones 84/92 d), 90/48 c) y 92/40 b), Egipto ha incorporado un debate sobre la política de género del Fondo Multilateral en su plan de ejecución del KIP, que incluye un estudio

para identificar las barreras a la participación equitativa en el sector de proyectos y equipos de refrigeración y aire acondicionado, la elaboración de un plan de acción y el diseño de talleres y materiales; así como la impartición de capacitaciones, talleres y actividades promocionales. La Dependencia Nacional del Ozono ha preparado un proyecto de esbozo de una política para promover la igualdad de género que incluye la mejora de los sistemas de presentación de informes y supervisión para monitorizar y registrar las cuestiones de género, incluyendo objetivos mensurables específicos y el indicador de género obligatorio, y los resultados se han incluido con la presentación del proyecto

Sostenibilidad de la reducción de los HFC y evaluación de riesgos

150. La sostenibilidad de la eliminación en los sectores de fabricación de espumas de poliuretano y poliestireno extruido se mantendrá mediante la aplicación de la prohibición de la importación de HFC-245fa y HFC-365mfc puros y contenidos en polioles premezclados importados, la prohibición de la importación de HFC-152a, y la prohibición de la fabricación de espumas de poliuretano y poliestireno a base de HFC. La eliminación en los sectores de fabricación de equipos de refrigeración domésticos y equipos autónomos de refrigeración comercial, así como la reducción en el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residenciales, se verán sustentadas por la prohibición de fabricación e importación de los equipos pertinentes que utilizan HFC a partir del 1 de enero de 2029. Las empresas que participan en el proyecto completarán su reconversión un año antes de la prohibición, y tendrán que competir con las importaciones y, en el caso del sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial, con una empresa no admisible que se reconvertirá utilizando sus propios recursos. La Secretaría considera que el riesgo para la sostenibilidad de la reducción debido a la diferencia de un año entre la finalización de las reconversiones y la aplicación de la prohibición es bajo, dado que la inmensa mayoría del mercado se habrá reconvertido a más tardar el 1 de enero de 2028. En el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial, la mayor parte de la fabricación local del país para el mercado interno se habrá reconvertido totalmente a HFC-32 para el 31 de diciembre de 2026, dada la reconversión de las cinco empresas de fabricación de aire acondicionado residencial en el marco de la etapa II del PGEH.

151. Es probable que las pequeñas y medianas empresas que participan en los proyectos de reconversión se enfrenten a mayores dificultades para llevar a cabo su reconversión que las grandes empresas, dada su limitada capacidad financiera y técnica. Para abordar esto y mitigar el riesgo para la sostenibilidad de su reconversión, la etapa I del KIP incluye un programa específico de asistencia técnica. Las actividades de capacitación y creación de capacidad en el sector de servicio y mantenimiento, incluido el fortalecimiento de la capacidad de los técnicos de refrigeración y aire acondicionado para manipular refrigerantes inflamables en condiciones seguras, así como la aplicación del sistema de otorgamiento de licencias y cupos, que está alineada con el calendario de reducción de los HFC, mitigarán aún más el riesgo para la sostenibilidad de la reducción del país.

Impacto sobre el clima

152. Las actividades propuestas, en particular la reconversión del sector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica a R-600a, los equipos autónomos de refrigeración comercial a R-290, el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial a HFC-32, y los sectores de fabricación de espumas de poliuretano y poliestireno extruido a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico, y los esfuerzos para promover alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico, la recuperación de refrigerantes y su reutilización indican que la ejecución de la etapa I del KIP reducirá las emisiones de refrigerantes a la atmósfera, lo que se traducirá en beneficios climáticos. El cálculo del impacto sobre el clima de las actividades del KIP indica que, para 2030, Egipto habrá reducido sus emisiones en aproximadamente 4.243.877 de toneladas eq. de CO₂ de HFC, calculadas como la diferencia entre el nivel HFC básico de cumplimiento y el objetivo para 2030, suponiendo que se hubieran emitido todos los HFC consumidos.

Proyecto de Acuerdo

153. En el anexo I del presente documento se incluye un proyecto de Acuerdo entre el Gobierno de Egipto y el Comité Ejecutivo para la etapa I del KIP. El Comité Ejecutivo está considerando la cuestión de los HFC contenidos en polioles premezclados en el sector de espumas de poliuretano en países que operan al amparo del Artículo 5, en el marco del punto 10 c) del orden del día de la presente reunión. En caso de que se adopte una decisión sobre este asunto, el Comité podrá decidir si incluir una cláusula pertinente en el Acuerdo.

Coordinación de actividades en el sector de servicio y mantenimiento en el marco de los planes de eliminación de HCFC y reducción de HFC

154. Las actividades en los sectores de fabricación y servicio y mantenimiento son complementarias a las actividades aprobadas en el marco de la etapa II del PGEH, cuyo tramo final se ejecutará simultáneamente con la etapa I del KIP hasta diciembre de 2026. La etapa III del PGEH, cuya presentación está prevista para la 96ª reunión, se está planificando en consonancia con las actividades de la etapa I del KIP. La coordinación de actividades se evaluará como parte de la revisión de la etapa III del PGEH en el momento en que se presente.

VI. Recomendación

155. El Comité Ejecutivo podría decidir contemplar lo siguiente:

- a) Aprobar, en principio, la etapa I del plan de ejecución de Kigali para los HFC (KIP) para Egipto para reducir en el periodo 2025-2030 el 22 por ciento del consumo de HFC respecto del nivel básico del país, por un monto de USD 18.401.430, cifra consistente en USD 14.275.031 más gastos de apoyo de USD 999.252 para la ONUDI y USD 2.922.567 más gastos de apoyo de USD 204.580 para el PNUD;
- b) Tomar nota de:
 - i) Que el Gobierno de Egipto establecerá su punto de partida para las reducciones acumulativas sostenidas del consumo de HFC sobre la base de la orientación proporcionada por el Comité Ejecutivo;
 - ii) Que, una vez que el Comité Ejecutivo proporcione la orientación a que se refiere el subpárrafo b) i), las reducciones del consumo restante de HFC del país admisible para la financiación se determinarán en consonancia con dicha orientación;
 - iii) Que las reducciones de la admisibilidad para financiación del consumo restante de HFC del país indicadas en subpárrafo b) ii) anterior se deducirán del punto de partida mencionado en el subpárrafo b) i);
 - iv) Que las reducciones del consumo restante de HFC del país admisibles para financiación a que se refiere el subpárrafo b) ii) incluyen 35.850 toneladas equivalentes de dióxido de carbono de HFC contenidos en polioles premezclados importados;
 - v) Que, de forma excepcional, se deduciría una reducción adicional de 1.496.571 toneladas equivalentes de dióxido de carbono del punto de partida sobre la base del consumo de R-410A de 2020 de las cinco empresas que fabrican aparatos de aire acondicionado residencial que se estaban reconvirtiendo a HFC-32 en el marco de la etapa II del país del plan de gestión de eliminación de los HCFC (PGEH) (El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire);

- vi) Que, independientemente de lo dispuesto en la decisión 84/72 e) iii), las cinco empresas mencionadas en el subpárrafo v) anterior podrán optar a un proyecto de mejora de la eficiencia energética de los aparatos de aire acondicionado residencial que fabriquen con arreglo a la decisión 94/60, con sujeción a los criterios de la decisión 94/60;
- c) Tomar nota además del compromiso del Gobierno de Egipto para:
 - i) Prohibir o proscribir de cualquier otro modo la importación de HFC-245fa y HFC-365mfc puros y contenidos en polioles premezclados importados, y prohibir también o proscribir de otro modo estas sustancias en la fabricación de espumas de poliuretano a base de HFC para el 1 de enero de 2028;
 - ii) Prohibir o proscribir de cualquier otro modo la importación de HFC-152a y la fabricación de espumas de poliestireno extruido a base de HFC para el 1 de enero de 2028;
 - iii) Prohibir o proscribir de cualquier otro modo la importación y fabricación de refrigeradores domésticos a base de HFC a más tardar el 1 de enero de 2029, teniendo en cuenta que las empresas para las que se estaba proporcionando financiación para su reconversión en el marco de la etapa I del KIP dejarían de fabricar refrigeradores domésticos a base de HFC-134a a más tardar el 1 de enero de 2028;
 - iv) Prohibir o proscribir de cualquier otro modo la importación y fabricación de equipos autónomos de refrigeración comercial a base de HFC a más tardar el 1 de enero de 2029; y
 - v) Prohibir o proscribir de cualquier otro modo la importación y fabricación de aparatos de aire acondicionado residenciales a base de R-410A a más tardar el 1 de enero de 2029, teniendo en cuenta que las empresas para las que se estaba proporcionando financiación para su reconversión en el marco de la etapa I del KIP dejarían de fabricar aparatos de aire acondicionado residenciales a base de R-410A a más tardar el 1 de enero de 2028;
- d) Aprobar el proyecto de Acuerdo entre el Gobierno de Egipto y el Comité Ejecutivo para la reducción del consumo de los HCFC, de conformidad con la etapa I del KIP, incluido en el anexo I del presente documento; y
- e) Aprobar el primer tramo de la etapa I del KIP para Egipto, y el plan de ejecución del tramo correspondiente, por la cantidad de USD 11.541.528, que comprende USD 9.081.787, más gastos de apoyo al organismo de USD 635.725 para la ONUDI y USD 1.704.688, más gastos de apoyo al organismo de USD 119.328 para el PNUD.

Anexo I

PROYECTO DE ACUERDO ENTRE EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA ÁRABE DE EGIPTO Y EL COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE HIDROFLUOROCARBONOS EN EL MARCO DE LA ETAPA I DEL PLAN DE APLICACIÓN DE LA ENMIENDA DE KIGALI RELATIVA A LOS HFC

(Período: 2025–2030)

Objetivo

1. El presente Acuerdo representa el entendimiento al que han llegado el Gobierno de la República Árabe de Egipto (el “País”) y el Comité Ejecutivo con respecto a la reducción del uso controlado de las sustancias del Anexo F indicadas en el Apéndice 1-A (las “Sustancias”) hasta un nivel sostenido de 15.046.473 toneladas de CO₂ equivalente antes del 1 de enero de 2030 en cumplimiento del calendario del Protocolo de Montreal y las condiciones de este Acuerdo.
2. El País conviene en cumplir con los límites anuales de consumo de las Sustancias del Anexo F tal como se establecen en la fila 1.2 del Apéndice 2-A (“Objetivos y financiamiento”) del presente Acuerdo, así como en el calendario de reducción del Protocolo de Montreal para todas las sustancias del Anexo F mencionadas en el Apéndice 1-A. El País acepta que, en virtud de su aceptación del presente Acuerdo y del cumplimiento por parte del Comité Ejecutivo de sus obligaciones de financiación descritas en el párrafo 3, se le impide solicitar o recibir nuevos fondos del Fondo Multilateral en relación con ningún consumo de las sustancias del Anexo F que supere el nivel definido en la fila 1.2 del Apéndice 2-A como medida de reducción final conforme a este Acuerdo para todas las sustancias del Anexo F especificadas en el Apéndice 1-A y en relación con cualquier consumo de las sustancias del Anexo F que supere el nivel [o niveles] definido[s] en la fila 4.1.3 [y la fila 4.2.3] (consumo remanente admisible para la financiación).
3. Sujeto al cumplimiento por el País de sus obligaciones establecidas en el presente Acuerdo, el Comité Ejecutivo acuerda, en principio, proporcionar al país la financiación establecida en la fila 3.1 del Apéndice 2-A. En principio, el Comité Ejecutivo proporcionará esta financiación en las reuniones del Comité Ejecutivo especificadas en el Apéndice 3-A (“Calendario de aprobación de la financiación”).
4. El país acepta aplicar este Acuerdo conforme a la etapa I del plan de aplicación de la Enmienda de Kigali de los HFC (“el Plan”) tal como se aprobó. Conforme al subpárrafo 5 b) de este Acuerdo, el País aceptará la verificación independiente del logro de los límites anuales de consumo de las sustancias del Anexo F que se estipulan en la fila 1.2 del Apéndice 2-A de este Acuerdo. La verificación mencionada será encomendada por el organismo bilateral o de ejecución pertinente.

Condiciones para la liberación de la financiación

5. El Comité Ejecutivo proporcionará únicamente la financiación, conforme al Calendario de Aprobación de la Financiación, cuando el País satisfaga las siguientes condiciones con una antelación de por lo menos 10 semanas con respecto a la reunión del Comité Ejecutivo correspondiente indicada en el Calendario de Aprobación de la Financiación:
 - a) Que el país haya cumplido con los Objetivos estipulados en la fila 1.2 del Apéndice 2-A para todos los años pertinentes. Los años pertinentes son todos los años desde el año en que se aprobó este Acuerdo. Los años para los que no hay informes de ejecución de programas de país pendientes en la fecha de celebración de la reunión del Comité Ejecutivo en la que se presente la solicitud de financiación están exentos;
 - b) Que salvo que el Comité Ejecutivo indique que no es necesario, una entidad independiente

haya verificado el cumplimiento de los Objetivos para todos los años pertinentes;

- c) Que el País haya presentado un Informe de Ejecución de Tramos conforme al Apéndice 4-A (“Formato de Informes y Planes de Ejecución de Tramos”) que cubra cada año civil anterior; que haya logrado un nivel importante de ejecución de las actividades iniciadas con tramos aprobados anteriormente; y que la tasa de desembolso de financiación disponible del tramo aprobado anterior sea superior al 20 por ciento; y
- d) Que el País haya presentado para todos los años civiles un Plan de Ejecución de Tramo conforme al Apéndice 4-A, hasta e inclusive el año en que el Calendario de Aprobación de la Financiación contemple la presentación del tramo siguiente. Cuando se trate del último tramo, el plan deberá abarcar hasta el término de todas las actividades previstas.

Supervisión

6. El País garantizará que realiza una supervisión precisa de sus actividades en virtud del presente Acuerdo. Las instituciones indicadas en el Apéndice 5-A (“Instituciones y funciones de supervisión”) supervisarán e informarán sobre la ejecución de las actividades previstas en los anteriores Planes de Ejecución de Tramos, de conformidad con sus funciones y responsabilidades estipuladas en dicho Apéndice.

Flexibilidad en la reasignación de fondos

7. El Comité Ejecutivo conviene en que el País podrá tener flexibilidad para reasignar parte o la totalidad los fondos aprobados según la evolución de las circunstancias, para lograr la reducción del consumo y la reducción gradual más ágil posible de las sustancias del Anexo F especificadas en el Apéndice 1-A de acuerdo con las consideraciones siguientes:

- a) Las reasignaciones que supongan cambios significativos deberán documentarse por anticipado en el Plan de Ejecución del Tramo previsto en el subpárrafo 5 d), o bien como revisión de un Plan de Ejecución de Tramo existente que deberá presentarse a aprobación 10 semanas antes de la sesión correspondiente del Comité Ejecutivo. Los cambios importantes estarían relacionados con:
 - i) Materias que pudieran afectar el reglamento y las políticas del Fondo Multilateral;
 - ii) Cambios que modifiquen cláusulas de este Acuerdo;
 - iii) Cambios en los niveles anuales de financiación asignados a organismos bilaterales o de ejecución individuales para los diferentes tramos;
 - iv) La entrega de financiación a actividades no contempladas en el Plan de Ejecución de Tramo en curso avalado o la eliminación de una actividad del Plan de Ejecución de Tramo, con un costo mayor al 30 por ciento del costo total del último tramo aprobado;
 - v) Cambios en las tecnologías alternativas, en el entendido de que cualquier presentación de una solicitud de ese tipo deberá precisar los respectivos sobrecostos, impacto climático potencial y diferencia en toneladas de CO₂ equivalente a reducir si es aplicable, y confirmar que el País conviene en que el menor costo de la tecnología redundará en una disminución equivalente en el nivel general de financiamiento previsto en este Acuerdo;

- b) Las reasignaciones que no supongan cambios significativos podrán incorporarse al Plan de Ejecución de Tramo aprobado en curso y notificarse al Comité Ejecutivo en el siguiente Informe de Ejecución de Tramo;
- c) Cualquier empresa incluida en el Plan que se considere inadmisible según las políticas del Fondo Multilateral (es decir, debido a propiedad extranjera o establecimiento después de la fecha límite aplicable) no recibiría asistencia financiera. Esta información se notificará como parte del Plan de Ejecución de Tramo; y
- d) Los fondos remanentes que conserven los organismos bilaterales o de ejecución o el País en virtud del Plan serán devueltos al Fondo Multilateral al concluirse el último tramo previsto conforme a este Acuerdo.

8. Se prestará especial atención a la ejecución de actividades en el sector de servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración incluidos en el Plan, en particular que el País podrá utilizar la flexibilidad disponible en virtud de este Acuerdo para abordar las necesidades específicas que pudieran surgir durante la ejecución de proyectos.

Organismos bilaterales y de ejecución

9. El País conviene en asumir la responsabilidad general en cuanto a la gestión y aplicación de este Acuerdo y de todas las actividades emprendidas por el País o en su nombre, en cumplimiento de las obligaciones en virtud del presente Acuerdo. La ONUDI acordó ser el organismo de ejecución principal (el “OE Principal”) y el PNUD ha convenido ser el [los] organismo[s] de ejecución cooperante[s] (“OE Cooperante[s]”), bajo la dirección del OE Principal, en lo relativo a las actividades del País en virtud de este Acuerdo. El País acepta que se lleven a cabo evaluaciones, que podrían ser realizadas en el marco de los programas de trabajo de supervisión y evaluación del Fondo Multilateral o en el marco del programa de evaluación del OE Principal y/o el OE Cooperante que participan en este Acuerdo.

10. El OE Principal tendrá la responsabilidad de garantizar la planificación, ejecución y presentación de informes de forma coordinada de todas las actividades comprendidas en el presente Acuerdo, incluida, entre otras cosas, la verificación independiente a realizar conforme al subpárrafo 5 b). El OE Cooperante apoyará al OE Principal mediante la ejecución del Plan en el marco de la coordinación global del OE Principal. Las funciones del OE Principal y del OE Cooperante se describen en el Apéndice 6-A y el Apéndice 6-B, respectivamente. El Comité Ejecutivo acuerda, en principio, pagar al OE Principal y al OE Cooperante los honorarios que indican las filas 2.2 y 2.4 del Apéndice 2-A.

Incumplimiento de los Objetivos del Acuerdo

11. Si por cualquier motivo el País no logra cumplir los Objetivos de eliminación de las sustancias del Anexo F que establece la fila 1.2 del Apéndice 2-A, o si de cualquier otra forma incumple lo estipulado en el presente Acuerdo, entonces el País acepta que no podrá recibir Financiación según lo previsto en el Calendario de Aprobación de la Financiación. A discreción del Comité Ejecutivo, la financiación se reanudará según un Calendario de Aprobación de la Financiación revisado determinado por el Comité Ejecutivo después de que el País haya demostrado que cumple todas sus obligaciones que debían cumplirse antes de recibir el siguiente tramo de financiación según el Calendario de Aprobación de la Financiación. El País reconoce que el Comité Ejecutivo puede reducir el monto de la Financiación en la medida que se precisa en el Apéndice 7-A (“Reducciones de la Financiación en caso de Incumplimiento”) por cada kg de CO₂ equivalente de reducciones del consumo no alcanzado en cualquiera de los años establecidos. El Comité Ejecutivo analizará cada caso específico en que el País no haya cumplido con este Acuerdo, y adoptará las decisiones relacionadas. Una vez que se adopten las decisiones, el caso específico de incumplimiento de este Acuerdo no constituirá un impedimento para el suministro de financiación para los tramos siguientes conforme al párrafo 5 supra.

12. No se modificará la Financiación del presente Acuerdo en virtud de decisiones futuras del Comité Ejecutivo que pudieran afectar la financiación de cualquier otro proyecto en el sector de consumo o de otras actividades afines en el País.

13. El País acatará cualquier solicitud razonable del Comité Ejecutivo, el OE Principal y el OE Cooperante para facilitar la aplicación del presente Acuerdo. En particular, proporcionará al OE Principal y al OE Cooperante acceso a la información necesaria para verificar el cumplimiento del presente Acuerdo.

Fecha de finalización

14. El Plan y el Acuerdo asociado concluirán al final del año siguiente al último año para el que se haya especificado un nivel de consumo total máximo permitido en el Apéndice 2-A. En el caso de que para ese entonces sigan pendientes actividades previstas en el último Plan de Ejecución del Tramo y sus modificaciones según el subpárrafo 5 d) y el párrafo 7, la conclusión del Plan se aplazará hasta el término del año que siga a la ejecución de las actividades pendientes. Salvo indicación en contrario del Comité Ejecutivo, la obligación de informar conforme a lo previsto en los subpárrafos 1 a), 1 b) y 1 d) del Apéndice 4-A se mantendrá vigente hasta la conclusión del Plan.

Validez

15. Todas las condiciones del presente Acuerdo han de ser aplicadas exclusivamente en el contexto del Protocolo de Montreal y tal como se las estipula en este Acuerdo. Salvo indicación en contrario, los términos utilizados en este Acuerdo tienen el significado que les asigna el Protocolo de Montreal.

16. El presente Acuerdo solo podrá modificarse o extinguirse por la voluntad escrita del País y del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral.

APÉNDICES

APÉNDICE 1-A: SUSTANCIAS

Sustancias	Punto de partida para reducciones acumulativas del consumo
Por determinar	

APÉNDICE 2-A: OBJETIVOS Y FINANCIACIÓN

Línea	Concepto		2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
1.1	Calendario del Protocolo de Montreal para la reducción de las sustancias del Anexo F	%	congelado	congelado	congelado	congelado	10	10	n.a.
		Toneladas de CO2 equiv.	19.290.350	19.290.350	19.290.350	19.290.350	17.361.315	17.361.315	n.a
1.2	Consumo total máximo permitido para sustancias del Anexo F	Reducción en %	0	0	4,1	6,7	15,0.	22,0	n.a
		Toneladas de CO2 equiv.	19.290.350	19.290.350	18.500.000	18.000.000	16.387.179	15.046.473	n.a
2.1	Financiación convenida para el OE Principal (ONUDI) (USD)		9.081.787	0	3.545.129	0	1.648.115	0	14.275.031
2.2	Gastos de apoyo para el OE Principal (USD)		635.725	0	248.159	0	115.368	0	999.252
2.3	Financiación convenida para el OE Cooperante (PNUD) (USD)		1.704.688	0	1.047.100	0	170.779	0	2.922.567

Línea	Concepto	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
2.4	Gastos de apoyo para el OE Cooperante (USD)	119.328	0	73.297	0	11.955	0	204.580
3.1	Financiación convenida total (USD)	10.786.475	0	4.592.229	0	1.818.894	0	17.197.598
3.2	Total gastos de apoyo (USD)	755.053	0	321.456	0	127.323	0	1.203.832
3.3	Gastos convenidos totales (USD)	11.541.528	0	4.913.685	0	1.946.217	0	18.401.430
4.	Por determinar							

APÉNDICE 3-A: CALENDARIO DE APROBACIÓN DE LA FINANCIACIÓN

1. La financiación para los tramos futuros se examinará para su aprobación en la primera reunión del año especificado en el Apéndice 2-A.

APÉNDICE 4-A: FORMATO DE LOS PLANES E INFORMES DE EJECUCIÓN DE TRAMOS

1. La presentación del Informe de Ejecución de Tramo y de los Planes para cada tramo solicitado constará de cuatro partes:

- a) Un informe descriptivo, que proporcione datos por tramo, que describa los progresos logrados desde el informe anterior, que refleje la situación del País respecto a la reducción de las sustancias del Anexo F, cómo las diferentes actividades contribuyen a la misma, y cómo se relacionan entre sí, incluyendo, cuando corresponda, actividades relacionadas con la eficiencia energética aprobadas en el contexto de la reducción de los HFC conforme a la decisión 91/65. El informe debería incluir la reducción lograda del consumo de sustancias del Anexo F como consecuencia directa de la ejecución de las actividades, por sustancia, la tecnología alternativa utilizada y la introducción correspondiente de alternativas, de forma que la Secretaría pueda informar al Comité Ejecutivo sobre el cambio resultante de emisiones relevantes para el clima. El informe debe además incluir información cuantitativa sobre las actividades ejecutadas y destacar los logros, experiencias y retos relacionados con las diferentes actividades incluidas en el Plan, reflexionando acerca de los cambios de circunstancias en el País y proporcionar toda otra información pertinente. El informe también deberá notificar y justificar los cambios respecto del Plan de Ejecución del Tramo o Planes de Ejecución del Tramo, tales como retrasos, uso de flexibilidad o reasignación de fondos durante la ejecución conforme lo permite el párrafo 7 de este Acuerdo, y otros cambios;
- b) Un informe de verificación independiente de resultados del Plan y del consumo de sustancias del Anexo F, según lo previsto en el subpárrafo 5 b) del Acuerdo. Si el Comité Ejecutivo no decide otra cosa, se debe proporcionar dicha verificación de los datos de consumo con cada solicitud de tramo, abarcando todos los años pertinentes para los que el Comité no haya reconocido aún un informe de verificación, tal como se especifica en el subpárrafo 5 a) del Acuerdo;
- c) El Plan proporcionará cada año civil la descripción escrita de las actividades previstas durante el período contemplado en el tramo solicitado, incluyendo información cuantitativa, destacando los plazos programados, fecha de término e interdependencia entre actividades e incorporando las experiencias adquiridas y avances logrados en la ejecución de tramos anteriores. La descripción debería incluir una referencia al Plan general y los progresos logrados, así como a los posibles cambios al Plan general que se prevén. La descripción también debería especificar y explicar en detalle dichos cambios al Plan general. La descripción de actividades futuras se podrá presentar como parte del mismo documento que el informe descriptivo según el subpárrafo 1 a) anterior; y

- d) Un Resumen Ejecutivo de unos cinco párrafos con una síntesis de la información de los subpárrafos 1 a) a 1 c) anteriores.

APÉNDICE 5-A: INSTITUCIONES DE SUPERVISIÓN Y FUNCIONES

1. La Dependencia Nacional del Ozono coordinará y gestionará todas las actividades de supervisión. El País se asegurará de llevar a cabo una supervisión precisa de las actividades comprendidas en el presente Acuerdo. Las instituciones indicadas en los Apéndices 6-A y 6-B (Funciones de los organismos de ejecución principal y cooperante) supervisarán e informarán sobre la ejecución de las actividades de conformidad con sus funciones y responsabilidades estipuladas en los mismos Apéndices.
2. La Dependencia Nacional del Ozono forma parte integrante del Ministerio de Estado para los Asuntos del Medio Ambiente, bajo la responsabilidad directa del Organismo Egipcio de Asuntos Medioambientales de Egipto (EEAA). La Dependencia Nacional del Ozono seguirá teniendo la responsabilidad general de la ejecución de las actividades previstas en el presente Acuerdo. Para asistir a la Dependencia Nacional del Ozono en estas responsabilidades, se ha establecido la oficina de gestión de proyectos dentro de la Dependencia Nacional del Ozono y bajo su supervisión directa.
3. La oficina de gestión de proyectos supervisa la ejecución cotidiana de los proyectos, los programas de capacitación, la asistencia técnica y las actividades de sensibilización incluidos en el Plan aprobado para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los efectos de esas actividades sobre la reducción del consumo y el uso de HFC. La oficina de gestión de proyectos estará en contacto continuo con las partes interesadas y otros agentes del mercado para supervisar las tendencias y garantizar el cumplimiento de la estrategia y el plan establecidos.
4. La Dirección General de Control de Exportaciones e Importaciones y el Departamento de Aduanas, a través de un protocolo que se firmó con el Comité Nacional del Ozono, desempeñan un papel especialmente destacado en la supervisión de las importaciones de HFC y la prevención del comercio ilegal. Los registros aduaneros sirven como referencia de verificación cruzada en todos los programas de seguimiento de los diferentes proyectos dentro del KIP.
5. El proceso de supervisión será gestionado por la Dependencia Nacional del Ozono, en estrecha cooperación con las autoridades pertinentes, con la asistencia del OE Principal y del OE Cooperante. La Dependencia Nacional del Ozono se encargará de supervisar la sostenibilidad de los objetivos de reducción del consumo alcanzados mediante el presente Acuerdo.
6. El consumo de las sustancias controladas se supervisará y se determinará sobre la base de los datos oficiales sobre importación y exportación registrados por los departamentos gubernamentales pertinentes. La Dependencia Nacional del Ozono recopilará datos e informará anualmente, en las fechas pertinentes establecidas o antes, sobre el consumo de las sustancias que se presentará a la Secretaría del Ozono y sobre los progresos logrados en la ejecución del Plan que se presentará a la Secretaría del Fondo Multilateral.

APÉNDICE 6-A: FUNCIÓN DEL ORGANISMO DE EJECUCIÓN PRINCIPAL

1. El OE Principal tendrá, como mínimo, las siguientes responsabilidades:
 - a) Velar por la verificación financiera y el desempeño según lo previsto en el presente Acuerdo y en los procedimientos y requisitos internos específicos establecidos en el Plan del País;
 - b) Colaborar con el País en la confección de los Informes y Planes de Ejecución de Tramos previstos en el Apéndice 4-A;

- c) Proporcionar al Comité Ejecutivo verificación independiente de haberse alcanzado los Objetivos y completado las actividades asociadas del tramo, como se indica en el Plan de Ejecución del Tramo, de conformidad con el Apéndice 4-A;
- d) Asegurar que las experiencias y avances se reflejen en las actualizaciones del Plan general y en los futuros Planes de Ejecución de Tramos, de conformidad con el subpárrafo 1 c) del Apéndice 4-A;
- e) Cumplir los requisitos de información respecto de los Informes y Planes de Ejecución de Tramos y el Plan general especificados en el Apéndice 4-A que se deben presentar al Comité Ejecutivo incluyendo las actividades desempeñadas por el OE Cooperante;
- f) Cuando el tramo final del financiamiento se solicite uno o más ejercicios antes del último año para el cual se ha fijado una meta de consumo, los informes anuales de ejecución de tramos y, cuando corresponda, los informes de verificación de la etapa en curso del Plan deberán seguirse presentando hasta el término de todas las actividades previstas y el logro de las metas de consumo de HFC;
- g) Velar por que las evaluaciones técnicas las realicen expertos independientes calificados;
- h) Llevar a cabo las misiones de supervisión requeridas;
- i) Asegurar la presencia de un mecanismo de funcionamiento que permita la ejecución eficaz y transparente del Plan de Ejecución del Tramo y la presentación de datos precisos;
- j) Coordinar las actividades del OE Cooperante y asegurar que las actividades se ejecuten en la secuencia apropiada;
- k) En el caso de que se reduzca la financiación por falta de cumplimiento conforme al párrafo 11 del Acuerdo, determinar, en consulta con el País y el OE Cooperante, la asignación de las reducciones a las diferentes partidas presupuestarias y a la financiación del OE Principal y del OE Cooperante;
- l) Asegurar que los desembolsos hechos al País se basen en el uso de los indicadores;
- m) Brindar asistencia respecto de políticas, gestión y apoyo técnico, cuando sea necesario;
- n) Consensuar con el [los] OE Cooperante[s] las medidas de planificación, coordinación y presentación de informes que faciliten la ejecución del Plan; y
- o) Liberación oportuna de fondos al País/empresas participantes para terminar las actividades relacionadas con el proyecto.

2. Tras consultar con el País y teniendo en cuenta las opiniones que pudieran expresarse, el OE Principal seleccionará y encomendará a una entidad independiente la verificación de los resultados del Plan y del consumo de sustancias del Anexo F mencionadas en el Apéndice 1-A, conforme al subpárrafo 5 b) del Acuerdo y el subpárrafo 1 b) del Apéndice 4-A.

APÉNDICE 6-B: FUNCIÓN DE LOS ORGANISMOS DE EJECUCIÓN COOPERANTES

1. El [los] OE Cooperante[s] tendrá a su cargo diversas actividades. Éstas se especifican con más detalle en el Plan, e incluyen como mínimo las siguientes:

- a) Apoyar el desarrollo de políticas, cuando sea necesario;
- b) Brindar asistencia al País en la ejecución y evaluación de las actividades que financie el [los] OE Cooperante[s], remitiéndose al OE Principal para asegurar que las actividades se ejecuten en una secuencia coordinada;
- c) Informar de estas actividades al OE Principal para su inclusión en los informes refundidos que se presenten con arreglo al Apéndice 4-A; y
- d) Consensuar con el OE Principal las medidas de planificación, coordinación y presentación de informes que faciliten la ejecución del Plan.

APÉNDICE 7-A: REDUCCIONES DE FINANCIACIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL ACUERDO

1. Conforme al párrafo 11 del Acuerdo, la cantidad de financiación proporcionada puede verse reducida en USD 5,93 por tonelada de CO₂ equivalente de consumo por encima del nivel definido en la fila 1.2 del Apéndice 2-A por cada año en el que no se cumpla el objetivo especificado en la fila 1.2 del Apéndice 2-A, en el entendido de que la reducción de financiación máxima no superará el nivel de financiación del tramo solicitado. Podría evaluarse la adopción de medidas adicionales en aquellos casos en que el incumplimiento se prolongue durante dos años consecutivos. Cuando el país haya incumplido el Acuerdo debido al comercio ilegal, la reducción de la financiación no se aplicaría si las sustancias controladas comercializadas ilegalmente son incautadas y, posteriormente, confiscadas, destruidas, exportadas o devueltas al país de origen.

Annex II

Details of the implementation plan for the first tranche of the KIP for Egypt

Component	Activity	Agency	Cost US\$
Manufacturing activities			
Foam sectors	PU foam El Araby conversion	UNDP	101,420
	PU foam group project (SMEs)		124,000
	XPS foam conversion		853,021
	<i>Subtotal first tranche investment projects for foam sectors</i>		<i>1,078,441</i>
	<i>Project management for investment projects for foam sectors</i>		<i>91,667</i>
RAC manufac-turing sectors	Domestic refrigeration	UNIDO	4,502,856
	El Araby domestic refrigeration		50,000
	Commercial refrigeration		502,202
	Residential AC		1,948,253
	<i>Subtotal first tranche for investment projects for RAC manufacturing sectors</i>		<i>7,003,310</i>
	<i>Project management for investment projects for RAC manufacturing sectors</i>		<i>595,281</i>
Servicing sector activities			
1. Regulatory framework and control mechanism	Strengthening the HFC policy and regulatory framework: • Consultancy to review and update policy and regulatory framework • Consultancy to strengthen national capacities • Updating labour competency standard • Development of a RAC sector circular economy model • Economic impact study on incentives and accelerated process • National registry system of medium and large installations	UNDP	125,000
	Training programme on updated HFC control policies and regulations: • International consultancy to design/update training materials • Training courses for customs/border control officers • Training courses for importers and brokers • Purchase of 10 refrigerant identifiers for customs • Review and update licensing and quota system procedures		88,700
	Gender mainstreaming programme: • Recruiting a gender specialist and identification of barriers and priorities for women in the RAC sector • Development of promotional materials and promotion of gender equity and application of gender policies • Workshops for 50 to 80 stakeholders each		62,000
	<i>Subtotal regulatory framework and control mechanism</i>	<i>UNDP</i>	<i>275,700</i>
2. Capacity building of technicians	Review/update of standards, guidelines and RAC curriculum: • Review/update codes of practices covering all sectors and newer technologies; • Developing standards and guidelines for MAC servicing and translation of materials for dissemination; • Conducting awareness campaigns and workshops for stakeholders, including staff from training institutions, national associations, trainers, regulators, and recycling centre operators; and • Updating the MAC training curriculum ensuring links to nationally adopted standards.	UNIDO	80,000
	Extending technician certification to the MAC sector: • Establishing committee with technical experts and national stakeholders to prepare new certification scheme • Creating a database of potential MAC service technician for certification • Training of 50 assessors for MAC certification.		95,000
	Provision of tools to 900 MAC and RAC workshops: • Survey to identify MAC and RAC workshops, identify needs and		255,000

Component	Activity	Agency	Cost US\$
	purchase and delivery of equipment to 100 workshops in first tranche		
	Training and testing of 1,000 MAC and 1,000 RAC technicians: • Three-day training sessions through centres of excellence and training institutes on good practices for 725 MAC and 725 RAC technicians in first tranche.		290,000
	After-sales training of 1,250 technicians at major brand RAC and MAC service centres: • In-depth instruction in diagnostics and troubleshooting, using appropriate tools and techniques, safety and industry standards for 500 trainees in first tranche		100,000
<i>Subtotal capacity building of technicians</i>		UNIDO	820,000
3. Outreach and communication	Campaigns in various sectors (MDI, MAC, RAC) raise awareness on phase-down and on energy efficiency and sustainable cooling: • Producing outreach materials, biannual round tables, four targeted workshops, and online engagement	UNIDO	230,000
	Campaigns to promote activities in the foam sectors, and raise awareness of regulatory changes: • Producing outreach materials, targeted workshops and multimedia engagement	UNDP	65,000
<i>Subtotal outreach and communications</i>		UNIDO	230,000
		UNDP	65,000
4. Sectoral projects (a) residential AC	Demonstration project for two not-in-kind (NIK) ⁴¹ direct-indirect evaporative cooling (D-IEC) technologies ⁴² for residential split applications: • Consulting services to set up the project, advise the participants on the technology and guiding them through the R&D and production phases • Manufacturing prototype D-IEC units of 5 to 7.5 kW capacity	UNIDO	45,000
	Demonstration project of three NIK packaged chilled water systems replacing multi split units • Consulting services to set up the project, advise the participants on the technology and guiding them through the R&D and production phases • Manufacturing two prototypes chilled water systems of 10 to 17.5 kW capacity	UNIDO	55,000
Sectoral projects (b) Commercial AC	Demonstration project for NIK deep sea cooling ⁴³ technology in commercial AC: • Hiring a consultant to determine the viability of district cooling using deep sea cooling technology in two new developments • Data collection using a remote operated vehicle in deep layers of the Gulf of Aqaba	UNIDO	40,000
<i>Subtotal sectoral projects</i>		UNIDO	190,000
5. Technical assistance (a) RAC sector	Dedicated technical assistance programme for SMEs in manufacturing conversions • Provision of technical assistance and support towards the conversion of SMEs across the assisted manufacturing sectors	UNIDO	25,000

⁴¹ The term of not-in-kind (NIK) cooling technologies refers to any alternative cooling systems other than vapor compression cooling systems.

⁴² Direct-indirect evaporative cooling: First uses indirect evaporative cooling to pre-cool the air without adding moisture. The pre-cooled air then undergoes direct evaporative cooling, further reducing its temperature. The combination maximizes cooling efficiency while controlling humidity levels, making it suitable for a wide range of applications.

⁴³ Deep sea cooling technologies leverages the naturally cold temperatures found in deep waters to provide cooling for buildings and industrial processes. This method can substantially reduce energy consumption and greenhouse gas emissions compared to conventional air-conditioning systems.

Component	Activity	Agency	Cost US\$
5. Technical assistance (b) firefighting sector	Technical assistance and monitoring the use of HFCs as fire extinguishing agents: • Developing an inventory of enterprises that import, sell, use, install and refill HFC-based fire control equipment and flood systems; • Promotion and development/printing of booklet on best practices in maintaining and recharging portable fire extinguishers; • Coordinating a working group to develop technical capacity on customs codes to control the trade of cylinders used in the firefighting sector; • Begin work to establishing a training and examination centre	UNDP	152,000
4. Technical assistance (c) refrigerated transport sector	Technical assistance to the refrigerated transport subsector: • Identification all stakeholders in the subsector, the technologies and the applications (container trucks, small trucks, reefers, or marine refrigeration) use consumption trends, and readiness for alternative technologies; and an assessment of the after-sales servicing capabilities • Workshops for SMEs and installers on new technologies, reducing leakage through design and proper tools • Technical assistance provided through individual visits arranged with stakeholders	UNIDO	102,000
<i>Subtotal technical assistance</i>		UNIDO	127,000
		UNDP	152,000
<i>Subtotal UNIDO first tranche servicing sector activities</i>			1,367,000
<i>Subtotal UNDP first tranche servicing sector activities</i>			492,700
<i>Subtotal first tranche servicing sector activities</i>			1,859,700
<i>Project management for first tranche</i>		UNIDO	116,195
		UNDP	41,880
Total for UNIDO first tranche			9,081,787
Total for UNDP first tranche			1,704,688
Grand total			10,786,475

Transformation of Commercial Air Conditioning Companies
HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II), UNIDO ID: 140400



DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

Year: 2024

Climatic Zone: 8

Project supported by:

MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION EUROVENT

Table of Contents	Page
Disclaimer	4
Acknowledgment	5
Project Team	6
Executive Summary	7
Chapter 1: Tabulation Formats for Compiling and Presenting the Results of the Project for the Prototypes of Four OEMs in Climatic Zone 8	8
1.1 The Layout of the Testing Yard	8
I. Infrastructure Setup	8
II. Security and Access	8
III. Logistics and Support	8
IV. Transportation and Accommodation	8
V. Continuous Communication	9
VI. Coordination and Site Inspections	9
VII. Location of the Testing Yard	9
VIII. Tested Units	9
IX. Measurement Apparatus	10
X. Supporting Equipment	11
XI. Data Collection and Analysis	11
1.2 Method of Tabulating Results	11
I. Test Details and Schedule	12
II. Standard Conditions for Testing	14
III. Tabulating Results	14
IV. Accuracy of Measuring Instruments	15
1.3 Ambient Conditions During the Tests	16
1.4 Summary of Results	18
I. Results of OEM 2 (August 26, 2024)	18
II. Results of OEM 3 (August 28-29, 2024)	18
III. Results of OEM 7 (August 30-31, 2024)	19
IV. Results of OEM 6 (August 31 – September 1, 2024)	20
1.5 Challenges and Problems Associated with the Testing	20
I. Unstable Electricity Supply	20
II. Weather-Related Challenges	21
III. Technical Problems with Testing Equipment	21
IV. Impact of Challenges on Testing Results	22
Chapter 2: Review and Recommend How to Update National Guidelines to Include New Technologies	23
2.1 Review of the Results of Testing in CZ 2, 5 and 8	23
I. Developing Guidelines and Codes for Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC)	23
II. Guidelines for Not-In-Kind (NIK) Cooling Technologies	23
III. Expand Testing Requirements Across Climatic Zones	23
IV. Establish Calibration and Certification Protocols	24
V. Promote Awareness and Training for IEC Technology	24
VI. Economic Feasibility Analysis Requirements	24
VII. Define Quality Assurance and Testing Procedures	24
VIII. Conclusion	25
2.2 Recommendation for Updating National Guidelines	25
I. Develop Specific Guidelines and a Code for IEC Technology	25
II. Expand Testing and Performance Evaluation All Climate Zones	25
III. Promote Lower-GWP Refrigerants and Environmental Sustainability	25
IV. Incorporate Life-Cycle Cost Analysis and Economic Feasibility Assessments	26

V. Develop Calibration and Quality Assurance Protocols	26
VI. Raise Awareness and Provide Training for IEC and NIK Technologies	26
VII. Quality Assurance and Certification for IEC Technology	26
VIII. Continuous Monitoring and Data Collection for IEC System Performance	27
IX. Incorporate Environmental and Sustainability Criteria	27
X. Summary	27
Chapter 3: Reporting of the Outreach Campaign	28
3.1 The Outreach Campaign	28
I. Introduction	28
II. Campaign Objective	28
III. Program Agenda	28
IV. Key Presentations	28
V. Discussions	29
VI. Outcomes and Future Recommendations	30
VII. Conclusion	30
Chapter 4: Conclusions and Future Work	32
4.1 Key Findings	32
4.2 Suggested Stage III	32
Annex 1: Results of Test for All OEMs	
Annex 2: Calibration Certificates	
Annex 3: Testing Equipment Used	
Annex 4: Outreach Campaign Brochure, Presentations and Photos	
Annex 5: Testing Photos	

Disclaimer

This report is carried out by Housing and Building National Research Center in Egypt (HBRC) with collaboration of United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), United Nations Environment (UNEP) and National Ozone Unit in Egypt (NOU). This report may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from UNIDO and UNEP, provided acknowledgement of the source is made. UNIDO and UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior written permission from UNIDO and UNEP.

While the information contained herein is believed to be accurate, it is of necessity presented in a summary and general fashion. The decision to implement one of the options presented in this document requires careful consideration of a wide range of situation-specific parameters, many of which may not be addressed by this document. Responsibility for this decision and all its resulting impacts rests exclusively with the individual or entity choosing to implement the option. UNIDO, UNEP, their consultants and the reviewers and their employees do not make any warranty or representation, either expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness or utility of this document; nor do they assume any liability for events resulting from the use of, or reliance upon, any information, material or procedure described herein, including but not limited to any claims regarding health, safety, environmental effects, efficacy, performance, or cost made by the source of information.

Acknowledgment

We would like to acknowledge the assistance given by the governmental sectors and the National Ozone Unit Officers of Egypt and the Housing & Building National Research Center (HBRC) for their support in the implementation of the project and their assistance in facilitating communication with different stakeholders.

We also acknowledge the International Technical Review Team “EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION EUROVENT” that assist the project team in reviewing the process, results and report of the project.

Acknowledgement also goes particularly to HBRC for providing the testing yard, facilities (Electrical feeding, water supply ... etc.) and other logistic facilities at their installation in Toshky.

The project team also acknowledges the OEM manufacturers who built the IEC-H prototypes and DX systems to be tested at the location.

- Delta Construction & Manufacturing DCM
- TIBA Engineering Industries Co.
- VOLTA EGYPT
- SS Air Technology

Acknowledgement also goes to the team’s technicians, technical assistance staff and drivers which assisted in the project successful completion in this remote location.

Project Team

This Project is contracted between the United Nations Industrial Development Organization "UNIDO" and Housing & Building National Research Center "HBRC". Whereas, UNIDO has been designated by the **Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol** as Implementing Agency; and has agreed to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled "HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) Egypt (Stage II)".

The National Ozone Unit – Ministry of Environment, Egypt: The ministry team provided guidance and direction and participated at project meetings and discussions. The project is funded by the HCFC Phase- out Management Plan (HPMP) of Egypt.

The Project Management: UNIDO and UN Environment provided overall management and coordination of the project, established the link with the technology providers, and oversaw the development of the report of the project. The Project was managed by Mr. Ole Nielsen, Dr. Iino Fukuya, Dr. Yunrui Zhou, Program Officer – UNIDO and Eng. Ayman El-Talouny, International Partnership Coordinator, Ozone Action Program – UN Environment. The Coordination Consultant, Eng. Ahmed El-Korashy provided logistical support and coordination for the project.

EUROVENT (European Industry Association): Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, the service of an International Advisory Partner was needed to offer recommendations, testing reference and quality review of the testing process.

The Project general Manager and Technical Consultant and writer of the report, Dr. Alaa Olama advised OEMs during prototype design and construction. Devised testing methodology and testing TOR, consulted with OEMs to provide technical solutions for problems as they arose wrote the report and provided analysis of data.

HBRC organized testing including testing results in both climatic zones, tabulated and created the excel sheets including figures, drawings and review and edit of the report

The project personnel provided by the HBRC are as follows:

Name	Project Function	Gender
Prof. Sayed Shebl Mohamed	Team Leader	Male
Eng. Sally Aladdin Ali	Expert Testing Engineer	Female
Eng. Aya Mohamed Zaki	Expert Testing Engineer	Female
Eng. Mariam Sayed Shebl	Expert Architecture Photographer	Female
Mrs. Elham Eid Said	Secretarial Work	Female
Mr. Mohamed Hassan Ahmed	Secretarial Work	Male
Mr. Farid Rashed Ibrahim	Specialized Testing Technician	Male
Mr. Ahmed Maher Mohamed	Specialized Testing Technician	Male
Mr. AbuElHagag Abbas Mohamed	Specialized Testing Technician	Male
Mr. Qassem Gad	Specialized Testing Technician	Male
Eng. Ahmed Ezzat Mahmoud	Specialized IT Assistant	Male
Mr. Mohamed Ibrahim Abdel Moiety	Driver	Male

Executive Summary:

This project is contracted to support the Egyptian Government in implementing the “HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) Egypt (Stage II).” As part of the project requirements, each Original Equipment Manufacturer (OEM) was tasked with independently developing custom-built prototypes of Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid Air Conditioners (IEC-H) and a central Direct Expansion (DX) unit. These units were then tested and compared under real operating conditions in three of Egypt's eight climatic zones (CZ).

The 2022 final report presented test results from CZ 2 and CZ 5. This current report provides the performance results from CZ 8, Egypt's hottest and driest climatic zone.

The testing included a 24-hour performance comparison between a full fresh air IEC-H unit and the DX unit. Key parameters assessed included dry bulb and wet bulb temperatures exiting the IEC-H and DX units, Energy Efficiency Ratios (EERs), and the refrigeration capacities of each unit. Each OEM's IEC-H and DX units were tested simultaneously over the 24-hour period to ensure consistent comparative data.

All OEM results indicated that their IEC-H units achieved better Energy Efficiency Ratios (EER) compared to their respective DX units in the CZ 8 testing conditions. The highest and lowest EERs across all OEMs are highlighted below. This report on CZ 8 demonstrates that the IEC-H system outperforms the DX system thermodynamically, as it consistently achieves higher EERs.

Although the air discharge of both units for each OEM were the same, compressor capacity for each OEM varied considerably. OEMs used different capacity compressor in their IEC-H units compared to their respective DX unit tested. The tests showed that the capacity of the IEC-H unit when compared to the capacity of the respective DX unit also varied considerably. For a certain OEM, for some it was higher and for others inferior. The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

This report marks a significant advancement for NIK air conditioning technology by presenting an alternative full fresh air system that surpasses the efficiency of traditional DX systems. Although the final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) provide a solid foundation for developing guidelines for a direct/indirect evaporative cooling code in Egypt, the report recommends further research. Specifically, it suggests deriving a mathematical model to predict EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes across Egypt's remaining five climatic zones. The technical analysis of the results are included in the report issued by the technical consultant of the project.

Chapter 1: Tabulation formats for compiling and presenting the results of the project for the prototypes of four OEMs in Climatic Zone 8

1.1. The layout of the testing yard

The Housing and Building National Research Center (HBRC) has undertaken extensive preparations to establish a fully equipped testing yard in Climatic Zone 8, specifically in Aswan-Toshky. This location was chosen for its unique climatic conditions, providing a suitable environment for testing the Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid (IEC-H) prototypes and Direct Expansion (DX) units. Below is a summary of the key preparations completed to ensure the site is fully operational and secure:

I. Infrastructure Setup:

- Testing Yard: Essential yard for running out the tests was arranged and coordinate with the Ministry of Water Resources & Irrigation to include both IEC-H and DX units in the same run.
- Electrical Cables, Electrical Panel and Water Supply: Essential site infrastructure was established, including electrical panel and cables and water piping systems. The water supply setup was coordinated through contracts with the Ministry of Water Resources & Irrigation to ensure adequate water availability for testing.
- Power Stability: Due to high summer energy demands in the region, a generator was rented to maintain stable power for the operation of the IEC-H prototypes and DX units. The generator, which required heavy equipment for transport, was essential to compensate for power instability during peak summer loads.

II. Security and Access:

- Safety Gate: A secure gate was installed at the testing yard to control access and ensure the safety of personnel and equipment.
- Road Preparation: Roads leading to the testing site were prepared to facilitate smooth access for equipment and personnel transport.

III. Logistics and Support:

- Weather Station Setup: The technical team installed a weather station at the site to monitor and log climate conditions essential for the testing data.
- Water Pipelines and Pump Purchase: water pipelines and pump was acquired to supply the IEC-H units with the necessary water feed.

IV. Transportation and Accommodation:

- HBRC arranged hotel accommodations in Abu Simbel for team members, and vehicles were rented to transport the team between the hotel and testing site daily.
- Four on-site rooms were prepared to house technicians and drivers from HBRC and the OEMs.
- Forklifts were rented to unload and move the tested prototypes and units within the

testing yard.

V. Continuous Communication:

HBRC ensured consistent communication with OEMs throughout the testing phase to coordinate the secure arrival of personnel and equipment. Additionally, HBRC facilitated OEM members' local transportation by liaising with car rental agencies. HBRC supported OEMs with accommodation and flight reservations through the HBRC Relationship Department.

VI. Coordination and Site Inspections:

Prior to the testing phase, HBRC conducted three site inspections to ensure all arrangements were in place. One of these visits included the HBRC Chairman, Chairman Deputy, and the Project Team Leader to oversee the setup and ensure readiness.

Through these efforts, HBRC has established a well-prepared testing yard in Aswan-Toshky, fully equipped to support comprehensive testing in Egypt's Climatic Zone 8.

VII. Location of the Testing Yard

The testing yard was set up in Climatic Zone 8, located in Aswan-Toshky (latitude: 22°49' 02" N, longitude: 31°28' 16" E, altitude: 196.07 meters above sea level) as in Figure (1). The tests were conducted under this region's extreme climatic conditions, which are characterized by high temperatures and low humidity.

The layout and equipment setup for the testing yard included the following components and arrangements, as illustrated in Figure (2): Schematic diagram:

VIII. Tested Units:

- IEC Hybrid Unit: A Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid (IEC-H) prototype.
- DX Unit: A Direct Expansion (DX) unit configured to match the airflow rate of the IEC-H unit.

Both the IEC-H prototype and DX unit were configured to operate with a low Global Warming Potential (GWP) refrigerant, R-32, and were set up for full fresh air intake, maintaining the same airflow rate for accurate comparison. Each OEM's equipment was tested simultaneously over a continuous 24-hour period, with data recorded every hour.

The IEC-Hybrid prototype and DX Unit were positioned parallel, with both units set to intake fresh air from the same ambient source to ensure consistency in air conditions. Each unit was equipped with air ducts to facilitate controlled air discharge.

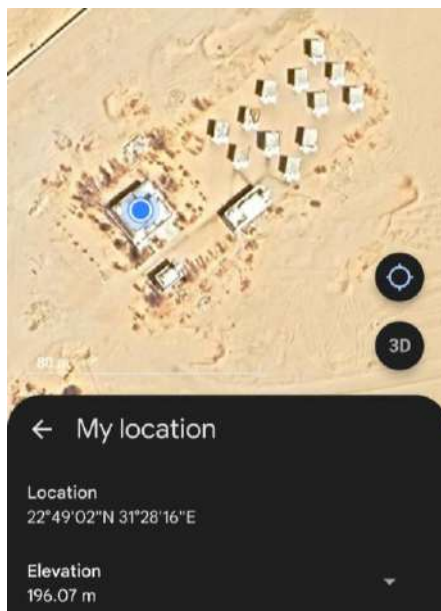


Figure (1): Testing Location

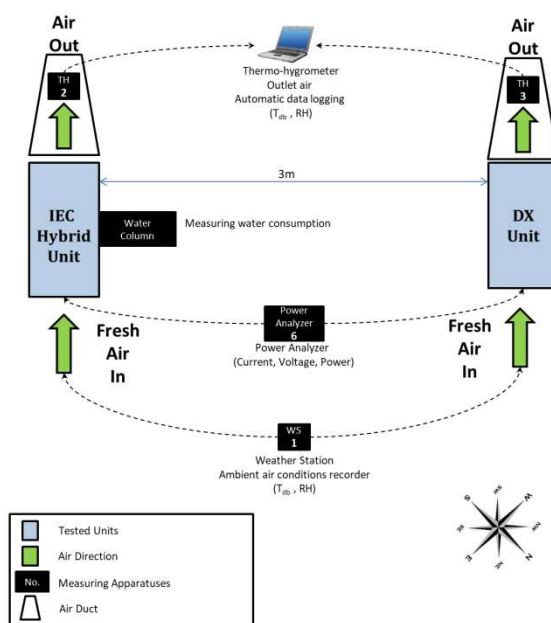


Figure (2): Schematic Diagram of the testing Units and Measuring Instruments

IX. Measurement Apparatus:

- Thermo-Hygrometers: Placed at the outlet of both the IEC-H prototypes and DX units, the thermo-hygrometers recorded the dry bulb temperature ($T_{db_{out}}$) and relative humidity (RH_{out}) of the outlet air, automatically logging these values hourly for detailed analysis of the air conditioning performance.
- Weather Station (WS): Located on roof top of one building in the site away from the

exit of tested units. The weather station continuously recorded ambient air conditions, specifically the dry bulb temperature ($T_{db_{amb}}$) and relative humidity (RH_{amb}), wind speed, wind direction, solar radiation, and barometric pressure providing a reference for evaluating the effectiveness of the cooling systems under local climate conditions.

- Power and Water Consumption Monitoring: Each DX unit was connected to a power meter to monitor the total power consumption ($P_{w_{TotDX}}$). While Each IEC-H prototype was connected to a power analyzer to monitor the total power consumption ($P_{w_{TotIEC-H}}$). Additionally, four power meters were connected to the IEC-H prototype to monitor the power consumption of the pump, supply fan, exhaust fan, and the compressor. A water level (W_{LVL}) sensor measured the water consumed by the IEC-H prototype, with hourly data logged to calculate the total water usage across the 24-hour test period.
- All measuring apparatuses are calibrated in accredited laboratories; the calibration certificates are included in Annex 2.

X. Supporting Equipment:

- Generator: A generator was provided to ensure stable power supply, as local electricity was inconsistent due to high summer loads. Heavy equipment was used to transport and position the generator on site.
- Water Pump: Installed to supply the IEC-H prototypes with the required water feed for evaporative cooling.
- Forklifts and Vehicles: Forklifts were rented to transport and position the units at the designated testing locations, while vehicles facilitated transport of personnel and equipment between the testing site and accommodations.

XI. Data Collection and Analysis:

- The tests were conducted for each OEM over a continuous 24-hour period, with all measurements (temperature, humidity, power consumption, and water usage) recorded on an hourly basis. This allowed for a comprehensive analysis of each unit's performance in terms of energy efficiency, cooling capacity, and resource consumption.
- This setup enabled a detailed comparison between the IEC-H and DX units, facilitating performance evaluation in Climatic Zone 8's challenging environmental conditions. The hourly readings and controlled testing environment ensured reliable data, which will contribute to assessing the thermodynamic efficiency of the IEC-H system compared to traditional DX systems under real-world conditions.

1.2. Method of tabulating results

The purpose of this report is to outline the methodology used to tabulate results for performance tests conducted on four OEMs

- VOLTA Egypt
- Delta Construction & Manufacturing (DCM)

- Smart Sustainable Air Technology (SS Air Technology)
- TIBA Engineering Industries Co. (TIBA).

These tests were conducted to assess the airflow characteristics of the IEC-H prototypes and DX units associated with each OEM. Testing was carried out on specific dates and with airflow rates held constant to ensure consistency in results.

The results for each OEM were tabulated as per **Annex 1: Results of Tests of All OEMs**

I. Test Details and Schedule:

Testing was conducted over four days, with each OEM's units being evaluated on a specific date:

- **OEM 2:** August 26, 2024
- **OEM 3:** August 28-29, 2024
- **OEM 7 :** August 30-31, 2024
- **OEM 6:** August 31 – September 1, 2024

The testing dates modified from the scheduled plan as per specified in Table (1):

Table (1): The testing dates modified from the scheduled plan

Date	Scheduled Action	Changes in Scheduled Plan	Remarks
24 rd August	Arrival of some of HBRC team & OEM 2 Team at Abu-Simbel Airport Arrival of OEM 2 units Connecting of OEM2 units	No Changes	N.A
25 th August	Testing of OEM 2 units*	Testing postponed to the next day	Unstable electricity in the site. Power generator is rented to solve the problem.
26 th August	Disconnecting of OEM 2 units* Arrival of OEM 3 units Connecting of OEM 3 units	Testing of OEM 2 units started @ 12:00 am	A storm started at 6:30 pm, which sharply increased the ambient relative humidity and decreased the ambient dry bulb temperature
27 th August	Testing of OEM 3 units*	Testing postponed to the next day	Dew to the storm occurred on the previous day, the

Date	Scheduled Action	Changes in Scheduled Plan	Remarks
			ambient relative humidity was higher than usual values in this location.
28 th August	Disconnecting of OEM 3 units*	Testing of OEM 3 units started @ 10:00 am	
29 th August	Arrival of OEM 7 units Connecting of OEM 7 units	No Changes	OEM 7 used the DX unit of OEM 3 company A storm started at 8:00 pm
30 th August	Testing of OEM 7 units	Testing of OEM 7 started @ 9:00 am	Testing of OEM 7 was going to be started at 12:00 am, The storm caused a heavy rain and power shortage all over the city. The testing was postponed to 9:00 am when the weather became more stable Due to the storm, the ambient relative humidity throughout the testing day was higher than usual
31 st August	Disconnecting of OEM 7 units Arrival of OEM 6 units Connection of TIBA units	Testing of OEM 6 units started @ 8:00 pm	N.A
1 st September	Testing of OEM 6 units*	Testing started at the previous day Disconnection of the units	N.A
2 nd September	departure of HBRC team & OEM 6 Team at Abu-Simbel Airport		N.A
Note: (*): Changed from the original Schedule			

II. Standard Conditions for Testing:

To ensure comparability between results, the airflow rates for both the IEC-H prototype and DX unit were set as follows:

- **OEM 2:** 1189 CFM
- **OEM 3:** 1320 CFM
- **OEM 7:** 1320 CFM
- **OEM 6:** 1800 CFM

These values were used consistently throughout testing to provide a controlled environment for comparing the performance of each OEM's equipment under similar conditions.

III. Tabulating Results:

Results were monitored and automatically logged to provide clarity and ease of analysis. The tabulation process was organized according to the following principles:

- a. **Date and OEM Identification:** Each set of results is associated with the specific OEM tested on a particular date, ensuring easy traceability and review of test data.
- b. **Airflow Measurements:** The airflow rate was a critical variable in this testing process, and it was carefully documented for both the IEC-H prototype and DX units of each OEM. The values were kept constant as per the standard conditions, ensuring consistency.
- c. **Measured Metrics:** For each OEM, performance metrics (such as ambient conditions, primary air outlet temperature and relative humidity, water consumption, and power consumption) were recorded for the IEC-H prototype and DX unit and organized into a table format. These values were measured under the constant airflow conditions outlined above to provide comparable results across all OEMs.
- d. **Calculated Parameters:** The testing process involved comprehensive measurements at both ambient conditions and during operation of the IEC-H prototype and DX unit. These parameters were essential for evaluating the performance of each OEM's system. Below is a summary of the specific metrics calculated in each case.
- e. **Ambient Condition Calculated parameters:** The following parameters were calculated at ambient conditions to establish baseline environmental data for each test:
 - **Pressure at Given Altitude (Pa):** Calculated based on the testing location's altitude to adjust for atmospheric pressure.
 - **Saturation Vapor Pressure (hPa):** The maximum vapor pressure at the ambient temperature.
 - **Partial Vapor Pressure (Pa):** The pressure exerted by water vapor present in the ambient air.

- Humidity Ratio: The ratio of the mass of water vapor to the mass of dry air.
 - Partial Pressure of Dry Air (Pa): The pressure component of dry air in the ambient conditions.
 - Density of Ambient Air (kg/m^3): Calculated based on pressure, temperature, and humidity conditions.
 - Enthalpy of Ambient Air (kJ/kg): Total heat content of the ambient air per unit mass.
- f. IEC-H Prototype and DX Unit Calculated parameters: For the IEC-H prototype and DX unit, the following parameters were calculated to evaluate its performance under operating conditions:
- Saturation Vapor Pressure (hPa): Calculated for the air exiting the tested unit to assess moisture content.
 - Partial Vapor Pressure (Pa): The pressure component of water vapor in the outlet air.
 - Humidity Ratio: Measured for the air exiting the tested unit.
 - Partial Pressure of Dry Air (Pa): Calculated for the outlet air.
 - Density of Outlet Primary Air (kg/m^3): The density of the air leaving the IEC-H prototype.
 - Enthalpy of Outlet Primary Air (kJ/kg): Total heat content of the outlet air per unit mass.
 - Water Consumed (mm^3/hr): The amount of water used by the IEC-H prototype during operation.
 - Total Power Consumption (kW): The energy consumed during the operation of the IEC-H prototype.
 - Mass Flow Rate (kg/s): The rate at which air is supplied through the tested unit.
 - Total Refrigeration Capacity (BTU/hr): The cooling capacity of the tested unit.
 - Coefficient of Performance (COP): The ratio of cooling capacity to power consumption, indicating efficiency.
 - Energy Efficiency Ratio (EER) (BTU/W.hr): The cooling capacity per unit power input.

IV. Accuracy of Measuring Instruments:

In order to ensure reliable results, all measurements were carried out using instruments that have been calibrated at accredited laboratories. The accuracy of the measurements was scrutinized to determine the degree to which each calculated or measured value closely approximates the actual value. Since a measuring instrument can only record values within its specific precision limits, the selection and calibration of each instrument played a critical role in the accuracy of the results.

All instruments used in this testing were calibrated, and calibration certificates to this report to verify compliance with international standards. Calibration certificates are listed in Annex (2).

The accuracy of our measurements was guaranteed through the following procedures:

- **Collecting Data:** All measurement data were electronically recorded using the equipment's software, which facilitated the direct transfer of information to tools such as spreadsheets for further analysis.
- **Sorting Values:** Data points were sorted systematically to help determine the range of values collected, providing an initial view of consistency and variability.
- **Average Value Calculation:** The average value of each set of measurements was calculated, representing a central value that serves as a reference point for accuracy.
- **Calculating Absolute Deviations:** Each individual measurement was subtracted from the average value, producing a set of absolute deviations. These deviations illustrate how close each individual reading is to the average, providing insight into data consistency.
- **Determining Precision:** Precision was calculated as the average value plus or minus the average deviation, reflecting the repeatability and reliability of the measurements.
- **Calculating Uncertainty:** To determine overall measurement uncertainty, all potential sources of uncertainty were identified, and the uncertainty contributions from each source were combined for an overall estimation.
- **Annex 3:** provides details instrument used, including the model number, serial number, and measured parameter.

1.3. Ambient Conditions During the Tests:

The tests conducted on the OEM units (OEM 2, OEM 3, OEM 7, and OEM 6) between August 25, 2024, and September 1, 2024, were subject to varying ambient conditions, which significantly impacted the relative humidity levels throughout the testing period. Understanding these conditions and their relationship to relative humidity is essential for evaluating the performance results accurately.

a. Testing of OEM 2 Units (August 26, 2024)

- **Initial Delay:** Testing was initially scheduled for August 25 but was postponed due to unstable electricity at the site, requiring a power generator.
- **Weather Impact on August 26:** A storm began at 6:30 pm, which had a notable impact on the ambient conditions. The storm led to a sharp increase in relative humidity and a decrease in the ambient dry bulb temperature, creating a more humid environment than expected for this location.
- **Effect on Testing:** Higher relative humidity due to the storm likely affected the **OEM 2** unit's performance, as the system would have to account for increased moisture in the air. This may have impacted both cooling capacity and energy efficiency.

b. Testing of OEM 3 Units (August 28-29, 2024)

- Ambient Conditions on August 27: Testing was delayed by another day due to residual effects of the previous day's storm. The relative humidity remained unusually high because of dew formation, a direct consequence of the storm.
- Testing on August 28: Testing began at 10:00 am on August 28. Due to the delay, the ambient relative humidity returned to normal conditions.
- Effect on Testing: **OEM 3** units were tested under normal conditions.

c. Testing of OEM 7 Units (August 30-31, 2024)

- Weather on August 29: **OEM 7's** units arrived and were connected, with no changes in the initial plan. However, on the evening of August 29, a storm started around 8:00 pm.
- Testing Delays on August 30: Testing for **OEM 7** was initially planned for midnight but was postponed to 9:00 am due to heavy rain and a power outage caused by the storm. As a result of the storm, relative humidity remained high throughout the day.
- Effect on Testing: Prolonged high relative humidity during the **OEM 7** unit testing would impact cooling efficiency and dehumidification load. The ambient conditions likely demanded more energy for maintaining required conditions, potentially influencing the power consumption and efficiency metrics.

d. Testing of OEM 6 Units (August 31 - September 1, 2024)

- Testing Start on August 31: The **OEM 6** units were installed and tested starting at 8:00 pm. No specific issues with ambient conditions were noted on this date.
- Continuation on September 1: Testing continued briefly into September 1 before the disconnection of the units.
- Effect on Testing: no storm or other significant weather impact on August 31. Therefore, it is reasonable to assume that ambient relative humidity levels returned to typical values, allowing **OEM 6** units to be tested under more normal conditions.

Summary of Ambient Condition Impact on Relative Humidity

The testing period experienced significant weather fluctuations, particularly during the first few days. The following conclusions can be drawn regarding the relationship between ambient conditions and relative humidity during testing:

- Storm Events: Storms on August 26 and August 29 caused spikes in relative humidity levels, which lingered for the following day or more. These high humidity levels would likely affected the performance metrics of the tested units.
- Impact on Performance: Increased humidity generally necessitates more energy for dehumidification, which could reduce the efficiency of the IEC-H prototypes. The increased humidity also impacts air density and enthalpy, which are critical factors in calculating the total refrigeration capacity and efficiency of the units.

- Environmental Control Considerations: These variations in ambient conditions emphasize the importance of accounting for external weather impacts in HVAC performance testing; as such conditions can affect system efficiency and load characteristics.

1.4. Summary of Results:

I. Results of OEM 2 (August 26, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **225501.9 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **276501 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 18.5 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **15.2 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **14.1 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **8.1 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **8.1 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **7.3 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **8.6 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **4.5 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **5.4 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **77,652 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **79,101 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **52,269 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **50,537 BTU/hr**

II. Testing of OEM 3 (August 28-29, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **286451 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **149606.7 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 47.8 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **14.7 °C**

- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **14 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **9.1 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **10.6 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **8.1 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **14.9 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **5.8 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **8.6 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **93,129 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **90,984 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **66,797 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **49,524 BTU/hr**

III. Results of OEM 7 (August 30-31, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **278840 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **189891 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 31.9 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.3 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.4 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **13.4 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **12.3 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **8.7 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **11.6 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **4.7 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **6.8 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **96,172 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **91,961 BTU/hr**

- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **57,482 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **52,535 BTU/hr**

IV. Results of OEM 6 (August 31 – September 1, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **245209 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **137732 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) $\approx$ 43.8 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **21.0 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.4 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **11.6 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **7.5 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **11.2 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **16.9 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **7.4 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **13 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **102,573 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **123,792 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **67,309 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **39,442 BTU/hr**

1.5. Challenges and Problems Associated with the Testing:

During the testing period from August 25 to September 1, 2024, several challenges and technical problems arose that affected the testing schedule and potentially impacted the results. These issues ranged from environmental conditions, such as storms and humidity fluctuations, to technical and power-related challenges. Below is a summary of the main challenges encountered.

I. Unstable Electricity Supply

The testing site experienced unstable electricity, which led to several delays and operational difficulties:

- **OEM 2 Units:** Prior to the start of testing on August 25, the pump of the OEM 2 unit subjected to electrical shortage due to fluctuations in the power supply. This issue necessitated the postponement of testing and the rental of a power generator to stabilize the electricity supply. The delay disrupted the schedule and may have impacted the readiness of the unit for testing.
- **OEM 3 Units:** Similarly, OEM 3 units encountered issues with unstable electricity before testing could begin. This issue delayed the testing schedule, as additional steps were required to stabilize the power supply.
- **OEM 7 Units:** OEM 7 units also experienced power connection issues, causing further delays and the need for troubleshooting before testing could proceed.

These power-related challenges underscored the need for a stable and reliable electricity supply at the testing site. The lack of consistent power created interruptions and delays, which impacted the testing timeline and added unforeseen variables that could influence the performance metrics of each OEM's equipment.

II. Weather-Related Challenges

Several storms during the testing period added further complications:

- **August 26 Storm:** A storm on the evening of August 26 sharply increased the ambient relative humidity and lowered the dry bulb temperature. This change in weather conditions impacted the testing environment for the **OEM 2** units, adding an additional load on the system to handle the increased moisture in the air.
- **August 29 Storm:** Another storm on the night of August 29 caused heavy rain, which led to high humidity conditions and power outages throughout the city. This affected the testing of **OEM 7** units, which had to be postponed until the weather stabilized on the morning of August 30. The high humidity levels lingered, influencing the environmental conditions during the testing.

The weather-related challenges significantly impacted relative humidity levels, leading to higher latent loads and potentially skewing results for parameters such as cooling efficiency, power consumption, and the overall coefficient of performance (COP). These fluctuations made it challenging to maintain consistent ambient conditions across all tests.

III. Technical Problems with Testing Equipment

In addition to power and environmental issues, several technical problems with the tested unit emerged:

- **OEM 2 Pump Malfunction:** Due to the initial unstable electricity, the pump encountered electrical issues before testing started. This necessitated repairs and recalibration, further delaying the testing schedule.
- **OEM 6 Fan Issues:** Prior to the start of testing, the fan encountered technical problems, which required troubleshooting and repair.

- **OEM 7 Power Connection:** the units faced connection problems with the power meters, delaying the setup and testing process. This issue required additional adjustments to ensure the unit was properly connected and ready for testing.

These delays and last-minute repairs also increased the workload for the testing team, potentially influencing the precision and timing of data collection.

IV. Impact of Challenges on Testing Results

Scheduling Delays: The frequent delays due to power instability, weather conditions, and equipment malfunctions disrupted the original testing schedule, resulting in adjustments that affected both the timeline and the operational flow.

These challenges highlight the complex and unpredictable nature of conducting environmental testing, especially when external factors like weather and power supply play a significant role. Moving forward, improved infrastructure for stable electricity, thorough pre-testing equipment checks, and contingency plans for weather fluctuations would enhance the reliability and consistency of test results. The issues encountered during this testing period underscore the importance of accounting for external factors when interpreting data and drawing conclusions from performance evaluations.

Chapter 2: Review and Recommend How to Update National Guidelines to Include New Technologies

2.1. Review of the results of testing in CZ 2, 5 and 8:

I. Developing Guidelines and Codes for Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC)

Establish specific guidelines and codes for IEC Systems: Given the promising results of IEC systems under various climatic conditions in Egypt, it is recommended that specific guidelines and codes for Direct Indirect Evaporative Cooling (IEC) be developed. These codes should define the design, testing, and performance requirements for IEC systems to ensure safety, efficiency, and adaptability across different climatic zones.

Include IEC Performance Metrics: The guidelines should specify essential performance metrics for IEC systems, such as Energy Efficiency Ratio (EER), cooling capacity, and water consumption. Testing results from climatic zones 2, 5 and 8 demonstrate that IEC systems perform well compared to conventional DX systems, particularly in high-temperature and low-humidity conditions.

II. Guidelines for Not-In-Kind (NIK) Cooling Technologies

Adopt Flexible Frameworks for Emerging Technologies: Not-In-Kind (NIK) cooling technologies, such as IEC, represent a significant shift from traditional vapor-compression systems. National guidelines should include frameworks that allow for the inclusion of other NIK technologies as they evolve, ensuring that national codes remain relevant and up-to-date.

Focus on Environmental Impact: As NIK technologies are generally less reliant on high-GWP refrigerants; the guidelines should emphasize lower GWP refrigerant options (such as R-32 or R-454B) and the potential for reduced greenhouse gas emissions. This aligns with international efforts to phase out HCFCs and other high-GWP substances.

III. Expand Testing Requirements Across Climatic Zones

Broaden Testing to All Egyptian Climatic Zones: Current testing has been conducted in climatic zones 2, 5 and 8, highlighting the adaptability of IEC systems in varying humidity and temperature conditions. To fully capture the potential of IEC across Egypt, guidelines should mandate testing in additional zones, where high dry bulb temperatures and low humidity conditions prevail. This would provide comprehensive data on the efficiency and practicality of IEC systems across the country.

IV. Establish Calibration and Certification Protocols

Regular Calibration of IEC Systems: Guidelines should include protocols for the calibration and maintenance of IEC systems to ensure ongoing accuracy in performance and efficiency measurements. This will maintain the systems' reliability over time and across different operational conditions.

Certification for Installers and Manufacturers: A certification program for installers and manufacturers of IEC systems should be established to standardize installation practices and ensure compliance with national guidelines.

V. Promote Awareness and Training for IEC Technology

Educational Campaigns: Implement educational and outreach campaigns targeting HVAC professionals, developers, and policymakers to promote the advantages of IEC technology, such as reduced energy consumption and environmental impact. The outreach conducted as part of this project demonstrated strong interest, highlighting the need for a wider, formalized program.

Technical Training: Provide specialized training for HVAC engineers and technicians on the design, installation, and maintenance of IEC systems. This training should emphasize the differences between IEC and conventional DX systems, including unique operational and environmental considerations.

VI. Economic Feasibility Analysis Requirements

Incorporate Life-Cycle Cost Analysis: The guidelines should mandate a comprehensive life-cycle cost analysis for IEC systems to evaluate their long-term economic benefits compared to traditional DX systems. This includes capital investment, operational costs, maintenance, water consumption, and savings in energy usage.

Financial Incentives: To encourage adoption, the government may consider offering financial incentives, such as tax credits or rebates, for projects implementing IEC technology. This would offset the initial higher investment cost, which the report identified as a barrier despite favorable IRRs and NPVs for IEC system.

VII. Define Quality Assurance and Testing Procedures

Quality Assurance Standards: National guidelines should include quality assurance standards specifically for IEC systems, based on both local and international benchmarks such as EUROVENT recommendations. These standards would ensure consistent product quality and reliable performance data.

Specific Testing Procedures: Define testing procedures for key metrics, including cooling capacity, EER, and water consumption, to provide standardized data that

would help in evaluating the systems' efficiency across various conditions. This would help build a reference for further developments and improvements in IEC systems.

VIII. Conclusion

Updating national guidelines to include Direct Indirect Evaporative Cooling (IEC) and Not-In-Kind (NIK) technologies would provide a framework to support the adoption of more energy-efficient and environmentally friendly cooling options in Egypt. By implementing specific codes, expanding testing protocols, and providing financial and educational support, the guidelines can facilitate a transition towards sustainable cooling solutions aligned with Egypt's environmental goals and the HCFC Phase-Out Management Plan.

2.2. Recommendations for Updating National Guidelines

I. Develop Specific Guidelines and a Code for IEC Technology

Create national code for Design, Installation, and Performance: Introduce a national code specifically for IEC systems that covers design specifications, installation practices, and performance criteria. This code should provide clear definitions and minimum performance standards for IEC systems under different climatic conditions.

Align with International Standards: Reference international standards such as EUROVENT and ASHRAE for guidance on classification, testing, and certification of IEC systems. Adapt these standards to suit local conditions and market needs in Egypt.

II. Expand Testing and Performance Evaluation All Climate Zones

Broaden Testing to All Climate Zones: Current testing has been focused on specific zones (2, 5 and 8), which limits the understanding of IEC system performance in other climates. Guidelines should require testing in additional zones. This will validate IEC technology performance across the diverse climatic conditions of Egypt.

Standardize Testing Conditions and Procedures: Establish standardized testing procedures for IEC systems to ensure consistency and reliability in performance data. This includes defining metrics such as cooling capacity, water consumption, and EER under controlled conditions.

III. Promote Lower-GWP Refrigerants and Environmental Sustainability

Mandate Low-GWP Refrigerants: Given that IEC systems often work with lower GWP refrigerants or avoid traditional refrigerants altogether, the guidelines should prioritize refrigerants with minimal environmental impact, such as R-32 or R-454B. This supports Egypt's HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) and aligns with global efforts to reduce greenhouse gas emissions.

Encourage Water and Energy Efficiency: Define water and energy efficiency benchmarks for IEC systems, given the increased use of water in evaporative cooling. National guidelines should require manufacturers to disclose water and energy consumption data for transparency.

IV. Incorporate Life-Cycle Cost Analysis and Economic Feasibility Assessments

Require Life-Cycle Cost Analysis for Project Approval: Include a requirement for life-cycle cost analysis to assess the economic feasibility of IEC systems compared to traditional DX systems. This analysis should consider initial investment, maintenance costs, water consumption, and energy savings over the system's lifespan.

Financial Incentives for IEC Adoption: Encourage the adoption of IEC systems by offering financial incentives, such as tax credits or rebates, for projects that utilize IEC or other NIK cooling technologies. This can offset initial higher costs and accelerate the market transition toward more sustainable technologies.

V. Develop Calibration and Quality Assurance Protocols

Regular Calibration and Maintenance Standards: Establish guidelines for the regular calibration and maintenance of IEC systems, especially for components like fans, pumps, and water distribution systems. This will ensure systems operate efficiently and provide reliable performance over time.

Certification for Installers and Technicians: To maintain installation quality, establish a certification program for HVAC installers and technicians specifically for IEC systems. This would ensure proper handling of IEC technology and compliance with national standards.

VI. Raise Awareness and Provide Training for IEC and NIK Technologies

Educational Campaigns for Stakeholders: Develop educational programs to increase awareness about the benefits of IEC and NIK technologies among HVAC professionals, policymakers, and the public. Highlight key advantages like energy efficiency, environmental sustainability, and cost-effectiveness.

Technical Training for Engineers and Technicians: Offer specialized training on the design, installation, and maintenance of IEC systems. This training should emphasize the differences between IEC and conventional DX systems, covering topics like water management, fan and pump controls, and evaporative cooling principles.

VII. Quality Assurance and Certification for IEC Technology

Quality Standards and Labeling for IEC Units: Introduce mandatory quality standards and efficiency labeling for IEC systems to provide a transparent comparison for consumers and to encourage manufacturers to maintain high performance standards.

Certification of IEC System Components: Ensure that all components used in IEC systems meet quality standards. Certification should cover key parts such as evaporative cooling pads, water pumps, and control systems.

VIII. Continuous Monitoring and Data Collection for IEC System Performance

Establish a National Database for IEC Performance Data: Collect data on IEC systems' performance across various climatic zones to continuously assess their efficiency and environmental impact. This data can help refine performance benchmarks and inform future updates to the guidelines.

Require Reporting of Operational Data: Implement requirements for reporting operational data, including water and energy usage, for large-scale IEC installations. This can provide insight into long-term performance and help in optimizing designs for future projects.

IX. Incorporate Environmental and Sustainability Criteria

Water Usage Management in Arid Regions: Due to the water requirements of IEC technology, introduce guidelines on water conservation strategies, such as water recycling or closed-loop systems, especially in arid regions. This will make IEC systems more sustainable in areas with water scarcity.

Carbon Footprint Reduction Targets: Set carbon footprint reduction targets for new HVAC projects utilizing IEC and other NIK technologies to align with national sustainability goals.

X. Summary

These recommendations aim to provide a comprehensive update to national guidelines, promoting the adoption of IEC and other NIK technologies as sustainable alternatives to traditional air conditioning systems. By addressing design standards, testing protocols, economic feasibility, environmental impact, and educational initiatives, these updated guidelines can drive a transition toward energy-efficient, environmentally friendly cooling solutions tailored to Egypt's diverse climate.

Chapter 3: Reporting on the Outreach Campaign

3.1. The outreach campaign:

Date: November 3, 2024

Location: Housing & Building National Research Center (HBRC), Cairo, Egypt

I. Introduction

The outreach campaign on Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC) technology was held on November 3, 2024, at HBRC in Cairo, Egypt. This event, supported by UNIDO, UNEP, the National Ozone Unit (NOU), aimed to raise awareness of the technological advances and environmental benefits of IEC systems, specifically focusing on their role in phasing out HCFC in the commercial air conditioning sector. The campaign was part of Egypt's HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) under UNIDO's management, emphasizing sustainable alternatives to traditional cooling technologies; **Annex 4**.

II. Campaign Objective

The campaign focused on promoting IEC technology as a sustainable cooling solution. It encouraged stakeholders to contribute to the phase-out of HCFCs in the commercial air conditioning sector by adopting this innovative, energy-efficient technology. The event included presentations on technical findings, testing outcomes, and future recommendations to integrate IEC technology within the national guidelines.

III. Program Agenda:

The event's schedule included:

- Registration
- Welcome & Remarks by Prof. Sayed Shebl (Project Team Leader).
- Prof. Ezzat Lewis discussed the critical role of the Multilateral Fund, NOU, UNIDO, and UNEP in supporting Egypt's transition away from HCFCs and promoting sustainable cooling technologies.
- Presentation of Project Findings by Prof. Alaa Olama (Technical Consultant) and Prof. Sayed Shebl, summarizing key results from recent testing.
- Public Hearing Session, allowing stakeholders to discuss and question the research findings and recommendations.

IV. Key Presentations

Prof. Ezzat Lewis's emphasized the support provided by the Multilateral Fund and the collaboration between NOU, UNIDO, and UNEP in funding and guiding the project. He

highlighted their role in addressing climate and environmental challenges through sustainable cooling solutions, facilitating Egypt's compliance with international environmental agreements, and fostering innovation in the HVAC industry.

The research team, led by Prof. Alaa Olama and Prof. Sayed Shebl, presented the following findings:

- **Testing in Multiple Climatic Zones:** The IEC systems were evaluated across different climatic conditions, including zones 2, 5, and recently, zone 8 (Aswan - Toshky). The latter presented extreme conditions, providing valuable insights into the systems' performance under high dry bulb temperatures and low humidity.
- **Performance Metrics:** Results indicated that IEC-H units generally demonstrated higher Energy Efficiency Ratios (EER) than traditional DX system, underscoring the technology's superior efficiency.
- **Economic Advantages:** IEC systems, despite their relatively lower initial compressor capacity, showed favorable cooling capacity and economic feasibility. Comparative financial analysis from previous testing in climatic zones 2 and 5 showed that IEC systems offer substantial operational savings over DX systems.
- **Challenges in Testing:** During testing in zone 8, environmental factors such as dust storms impacted results, causing transient spikes in relative humidity and occasional compressor instability. These anomalies were addressed to ensure data accuracy, highlighting the need for robust testing environments.

V. Discussions

About 30 persons attended the 4 hours Outreach campaign.

The following are the most important questions and answers made during the campaign:

- a. Question:** Eng. Mohamed Mansour asked about the humidity ratios and relative humidity of the ambient air.

Answer: Dr. Olama responded, explaining the humidity measurements taken and their correlation with the two storms that occurred during testing, which significantly raised the area's humidity levels.

- b. Question:** Eng. Abdel Sallam Mahrous, a consulting engineer, inquired about which OEMs demonstrated the highest EERs.

Answer: Prof. Olama clarified that a key principle of the program is to refrain from sharing data aimed at identifying the best-performing prototypes or DX units. For this reason, the OEMs are represented by code numbers rather than by their names.

- c. Question:** Eng. Maarouf, a consulting engineer, asked whether the maintenance requirements for IEC-H units, if produced regularly, would be higher or lower than

those for DX units.

Answer: Prof. Olama responded that IEC-H units have higher maintenance costs compared to DX units due to the increased expenses associated with maintaining the evaporation pads.

- d. Question:** Posed by Eng. Abdel Sallam Mahrous, to provide clarification on the distinct roles of various UN agencies and bodies.

Answer: Dr. Ezzat Lewis, head of the Egyptian NOU, provided clarification on the distinct roles of various UN agencies and bodies. Dr. Ezzat elaborated on future funding opportunities for programs in Egypt and discussed the mechanisms for funding replenishment for individual countries.

- e. Question:** asked by Eng. Hassan el Mogi, chairman of the consulting firm El-AMAAR, when will the IEC-H specification code be ready to be used by consulting engineers?

Answer: Prof. Olama clarified that the first guidelines on IEC evaporative cooling will first be written as guidance for a forthcoming code, and then a complete code will be written when the third testing program is made and all Climatic Zones in Egypt are covered.

- f. Question:** An unnamed engineer asked if there is a plan to establish a code and legislate the use of IEC-H systems across Egypt's eight climatic zones.

Answer: Prof. Olama responded that there is hope for a future program phase that will enable OEMs and HVAC practitioners to use a formula to predict compressor sizes and key design parameters of IEC-H units for all eight climatic zones in Egypt. Once performance can be reliably predicted across these zones, binding legislation could be implemented to promote an energy-efficient cooling system nationwide using low-GWP and HC refrigerants.

VI. Outcomes and Future Recommendations

The outreach campaign emphasized the advantages of adopting IEC technology, presenting it as both a technically and economically viable alternative for Egypt's climate. The following recommendations were proposed:

- **Development of National Guidelines and Code:** Given the successful testing results, there is a need to develop national codes specifically for IEC systems, covering design, performance standards, and testing protocols. These guidelines should be applicable across all climatic zones in Egypt, especially focusing on zones with extreme conditions.
- **Education and Training Initiatives:** Stakeholder training programs were suggested to ensure proper understanding and implementation of IEC systems, encouraging industry-wide adoption of these sustainable cooling solutions.

VII. Conclusion

The outreach campaign successfully raised awareness about IEC technology and fostered a collaborative atmosphere among government agencies, industry professionals, and environmental organizations. The attendees expressed interest in the future development of national guidelines, continued testing, and integration of IEC systems in Egypt's HVAC sector. The campaign underscored the potential of IEC technology as a key component of Egypt's environmental strategy to reduce HCFC reliance and promote sustainable development.

Chapter 4: Conclusions and Future Work

The testing and evaluation of Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC) Hybrid prototypes across different climatic zones in Egypt (CZ 2, CZ 5, and CZ 8) have demonstrated the effectiveness and energy efficiency of IEC technology as a sustainable alternative to traditional Direct Expansion (DX) systems. The IEC-H systems consistently outperformed DX units in terms of Energy Efficiency Ratio (EER) and overall cooling capacity, even under Egypt's extreme climatic conditions. This performance advantage, along with the reduced environmental impact due to the use of lower Global Warming Potential (GWP) refrigerants, positions IEC technology as a promising solution for reducing reliance on HCFCs in Egypt's commercial air conditioning sector.

4.1. Key findings:

Superior EER: IEC-H systems showed higher EER compared to DX systems, particularly in arid climates with high dry bulb temperatures and low relative humidity, like those in CZ 8.

Economic Benefits: The life-cycle cost analysis showed that IEC-H systems offer significant operational savings, making them economically viable options for long-term applications.

Operational Resilience: The IEC-H systems performed effectively despite challenges such as dust storms and large fluctuations in humidity in a single day, reinforcing their suitability for Egypt's diverse and challenging climates.

This report provides a strong foundation for developing national guidelines and standards for IEC technology in Egypt. By transitioning to IEC-H systems, Egypt can align with its HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) and support global efforts to reduce greenhouse gas emissions.

4.2. Suggested Stage III

To further strengthen the implementation and scaling of IEC technology, the following future work is recommended:

- a. **Mathematical Modeling for IEC Performance Prediction:** Develop a mathematical model to predict EER and refrigeration capacity of IEC-H prototypes across Egypt's remaining five climatic zones. This model would enable stakeholders to estimate IEC-H performance in various conditions, supporting more targeted and optimized deployments.
- b. **Comprehensive Testing Across All Climatic Zones:** Conduct additional testing in other climatic zones (beyond CZ 2, CZ 5, and CZ 8) to gather comprehensive data that will inform national guidelines. This will ensure that the IEC systems' performance is fully

validated across Egypt's diverse climatic conditions.

- c. **Development of National Standards and Codes:** Draft national standards and codes for IEC systems, encompassing design requirements, performance standards, and testing protocols. These standards should include specific guidelines for water and energy efficiency to maximize the sustainability of IEC systems.
- d. **Stakeholder Training and Capacity Building:** Provide training and educational programs for HVAC professionals, policy makers, and industry stakeholders to promote the adoption of IEC technology. Training should cover IEC-specific installation, maintenance, and operational practices to ensure proper implementation.
- e. **Establishment of a National Database for IEC System Performance:** Create a centralized database to monitor IEC performance across different regions and installations. This data will be valuable for ongoing analysis, improvements, and updates to the national standards as the technology matures.
- f. **Financial Incentives and Support Mechanisms:** Encourage the adoption of IEC technology by implementing financial incentives, such as rebates, tax credits, or low-interest loans, for projects that use IEC or other Not-In-Kind (NIK) cooling technologies. Financial support will help offset the initial costs and accelerate market adoption.
- g. **Further Research on Water Conservation in Arid Regions:** Investigate water conservation strategies for IEC systems in arid regions, including water recycling or closed-loop designs, to address water usage concerns in water-scarce areas.
- h. **By addressing these areas, Egypt can build a robust framework for integrating IEC technology nationwide, fostering a more sustainable, energy-efficient cooling industry and making significant progress toward environmental and climate goals.**

Annex 1: Results of Tests of All OEMs:

A.1. Results of OEM 2:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	2		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	0.561 m3/s for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	2	Compressors
Water Bath Area	1000*900		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	26-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

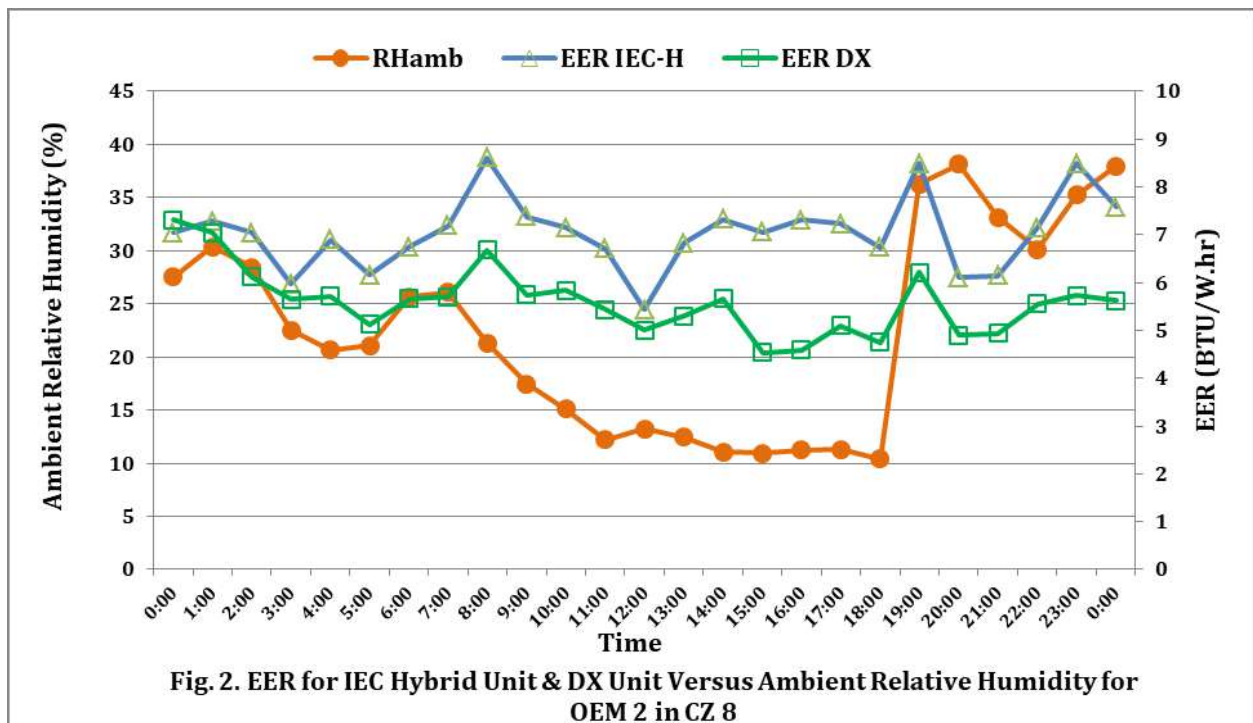
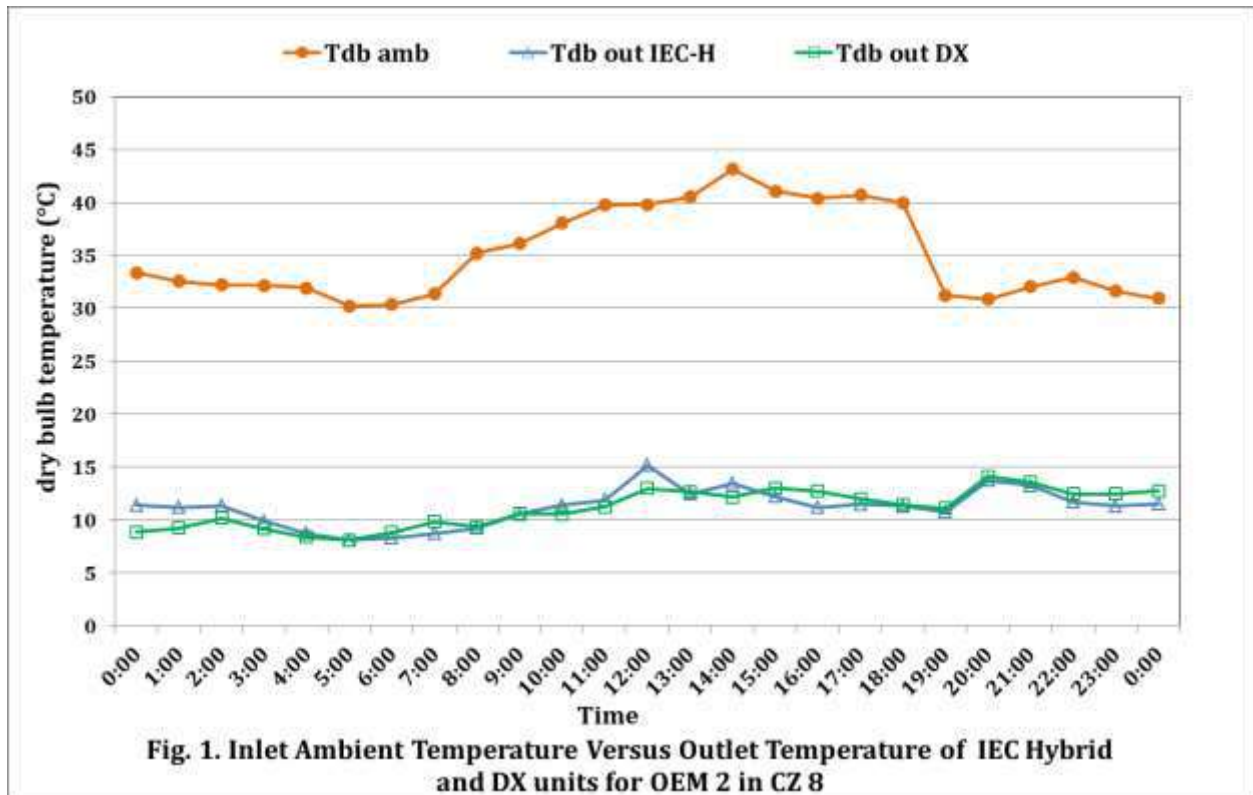
Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
0:00	33.4	27.5	98992.08	51.37	1412.61	0.009004	97579.47	1.118995	56.62
1:00	32.6	30.3	98992.08	49.04	1487.67	0.009490	97504.41	1.121691	57.02
2:00	32.2	28.4	98992.08	48.15	1369.18	0.008724	97622.90	1.123396	54.73
3:00	32.2	22.5	98992.08	48.09	1083.54	0.006884	97908.54	1.124720	49.99
4:00	31.9	20.7	98992.08	47.35	978.46	0.006209	98013.62	1.126187	47.98
5:00	30.2	21.1	98992.08	42.98	906.88	0.005751	98085.21	1.132809	45.08
6:00	30.4	25.7	98992.08	43.35	1112.66	0.007071	97879.42	1.131356	48.61
7:00	31.4	26.1	98992.08	45.89	1196.26	0.007608	97795.82	1.127279	51.00
8:00	35.2	21.3	98992.08	56.93	1214.46	0.007726	97777.62	1.113128	55.23
9:00	36.1	17.5	98992.08	59.82	1044.80	0.006635	97947.28	1.110611	53.34
10:00	38.1	15.1	98992.08	66.51	1004.37	0.006375	97987.71	1.103823	54.66
11:00	39.8	12.2	98992.08	72.78	890.30	0.005645	98101.78	1.098395	54.48
12:00	39.8	13.2	98992.08	73.07	966.94	0.006136	98025.14	1.097809	55.82
13:00	40.6	12.5	98992.08	75.94	946.76	0.006006	98045.32	1.095356	56.23
14:00	43.2	11.0	98992.08	87.07	960.69	0.006095	98031.40	1.086295	59.10
15:00	41.1	10.9	98992.08	78.09	853.73	0.005411	98138.35	1.093916	55.23
16:00	40.4	11.3	98992.08	75.34	848.84	0.005380	98143.24	1.096292	54.46
17:00	40.7	11.3	98992.08	76.55	865.02	0.005483	98127.07	1.095176	55.03
18:00	40.0	10.4	98992.08	73.75	767.04	0.004857	98225.04	1.098036	52.71
19:00	31.3	36.3	98992.08	45.57	1654.11	0.010570	97337.97	1.125762	58.46
20:00	30.9	38.2	98992.08	44.61	1702.45	0.010884	97289.63	1.126941	58.87
21:00	32.1	33.1	98992.08	47.75	1582.05	0.010102	97410.03	1.123030	58.10
22:00	33.0	30.1	98992.08	50.16	1509.78	0.009633	97482.30	1.120130	57.80
23:00	31.7	35.2	98992.08	46.61	1642.36	0.010494	97349.72	1.124335	58.67
0:00	31.0	38.0	98992.08	44.80	1700.78	0.010873	97291.30	1.126670	58.92

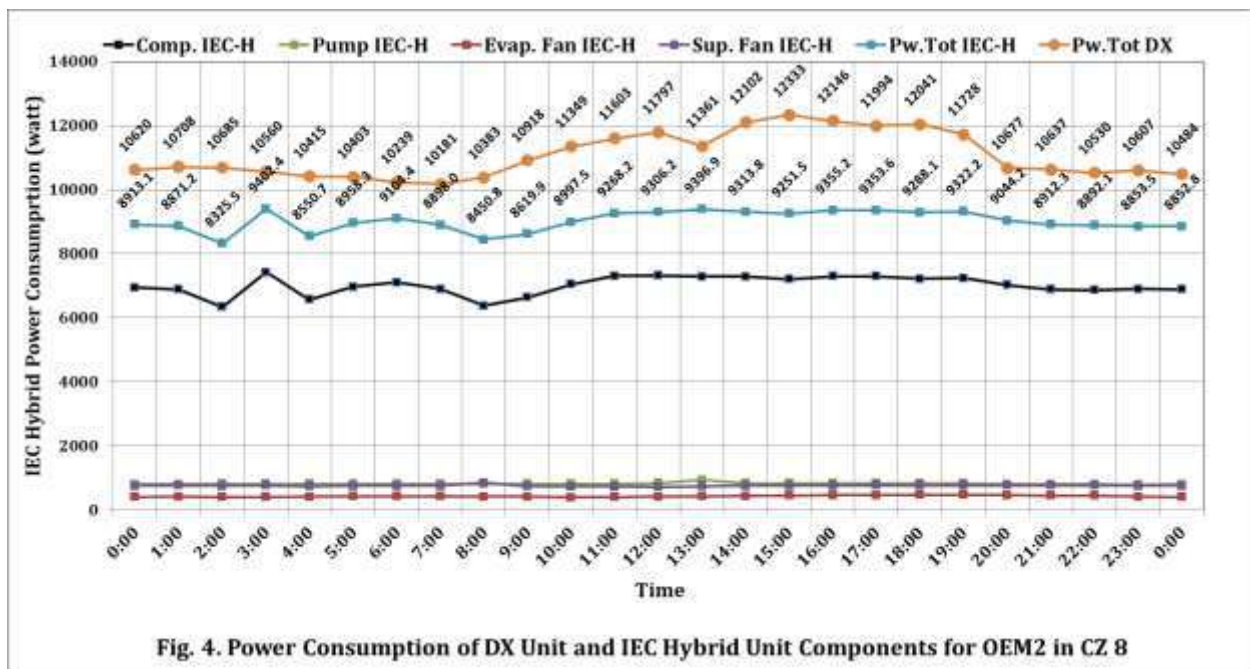
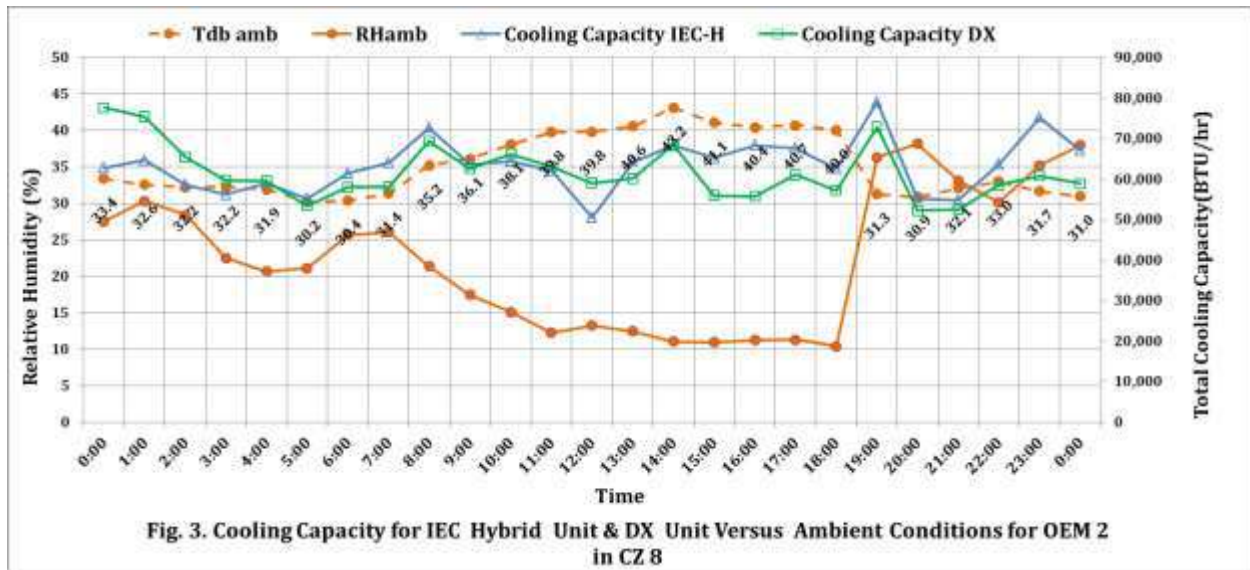
IEC Hybrid Unit									
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour	Water Consumed; m3/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H	W.Vol IEC-H
11.4	82.9	13.51	1120.40	0.007120	97871.68	1.206622	29.4494051	0	0
11.2	83.5	13.30	1111.18	0.007061	97880.90	1.207655	29.06239976	10	0.009
11.4	83.1	13.45	1117.70	0.007103	97874.38	1.206918	29.33780956	23	0.0207
9.9	81.3	12.20	991.63	0.006294	98000.45	1.213758	25.80553815	14	0.0126
8.7	77.6	11.28	874.57	0.005544	98117.51	1.219328	22.73249885	27	0.0243
8.1	77.6	10.80	837.77	0.005309	98154.31	1.222247	21.49751699	35	0.0315
8.3	79.8	10.97	875.31	0.005549	98116.78	1.221058	22.33824467	20	0.018
8.8	81.8	11.30	924.76	0.005865	98067.32	1.218950	23.57481653	30	0.027
9.2	79.1	11.66	922.50	0.005851	98069.58	1.216946	24.01248916	33	0.0297
10.6	75.1	12.75	957.78	0.006077	98034.30	1.211063	25.93646559	30	0.027
11.4	71.2	13.48	959.76	0.006090	98032.32	1.207507	26.81549931	30	0.027
11.9	70.3	13.90	976.87	0.006199	98015.21	1.205451	27.56636153	40	0.036
15.2	66.2	17.27	1142.94	0.007265	97849.14	1.190758	33.65140652	18	0.0162
12.5	68.3	14.46	988.28	0.006272	98003.80	1.202866	28.36086296	12	0.0108
13.5	63.6	15.47	984.16	0.006246	98007.93	1.198549	29.34465218	30	0.027
12.2	64.2	14.24	914.36	0.005799	98077.72	1.204191	26.9287023	20	0.018
11.2	64.2	13.30	854.45	0.005416	98137.63	1.208844	24.91249156	20	0.018
11.5	65.5	13.57	888.80	0.005635	98103.29	1.207411	25.7711045	20	0.018
11.3	66.5	13.42	892.01	0.005656	98100.07	1.208104	25.65370663	20	0.018
10.8	65.4	12.92	845.26	0.005357	98146.82	1.210732	24.32460083	30	0.027
13.8	82.7	15.75	1301.59	0.008287	97690.49	1.195978	34.77342262	34	0.0306
13.3	85.3	15.24	1300.52	0.008280	97691.56	1.198071	34.24575608	30	0.027
11.7	83.7	13.75	1151.34	0.007319	97840.74	1.205350	30.22289336	20	0.018
11.3	68.8	13.42	923.32	0.005856	98068.76	1.207959	26.15915299	37	0.0333
11.5	83.8	13.60	1139.18	0.007241	97852.91	1.206112	29.85571674	30	0.027

IEC Hybrid Unit									
Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
6947	805.2	405.0	756.0	8913.1	0.6769	18.3921	62756.4974	2.0635	7.0409
6884	808.7	412.1	766.4	8871.2	0.6775	18.9419	64632.5528	2.1352	7.2857
6348	810.7	410.2	756.6	8325.5	0.6771	17.1899	58654.3430	2.0647	7.0452
7427	809.3	401.7	764.4	9402.4	0.6809	16.4666	56186.3805	1.7513	5.9757
6573	810.3	416.7	750.8	8550.7	0.6840	17.2720	58934.6249	2.0200	6.8924
6970	811.1	423.8	753.4	8958.3	0.6857	16.1713	55178.7587	1.8052	6.1595
7106	814.1	429.0	755.3	9104.4	0.6850	17.9961	61405.3547	1.9766	6.7446
6898	815.7	428.4	756.0	8898.0	0.6838	18.7569	64001.0616	2.1080	7.1927
6378	817	410.8	845.0	8450.8	0.6827	21.3113	72717.1897	2.5218	8.6048
6642	817	416.7	744.3	8619.9	0.6794	18.6212	63538.1718	2.1603	7.3711
7045	816.3	397.8	738.4	8997.5	0.6774	18.8631	64363.4589	2.0965	7.1535
7315	817	405.6	730.6	9268.2	0.6763	18.2028	62110.4004	1.9640	6.7014
7323	841.8	413.4	728.0	9306.2	0.6680	14.8110	50537.0716	1.5915	5.4305
7285	941.2	424.5	746.2	9396.9	0.6748	18.8041	64162.3799	2.0011	6.8281
7283	834.1	440.7	756.0	9313.8	0.6724	20.0065	68264.9438	2.1481	7.3295
7210	837	446.6	757.9	9251.5	0.6756	19.1163	65227.4849	2.0663	7.0505
7301	836.7	458.9	758.6	9355.2	0.6782	20.0381	68372.9817	2.1419	7.3086
7294	832.4	459.6	767.7	9353.6	0.6774	19.8196	67627.2174	2.1189	7.2301
7216	834.5	470.0	767.7	9288.1	0.6777	18.3364	62566.5424	1.9742	6.7362
7239	837.1	472.6	773.5	9322.2	0.6792	23.1821	79100.5569	2.4868	8.4852
7021	801.2	457.6	764.4	9044.2	0.6709	16.1707	55176.7739	1.7880	6.1008
6893	801.8	447.9	769.6	8912.3	0.6721	16.0343	54711.3703	1.7991	6.1389
6868	799.5	450.5	774.2	8892.1	0.6762	18.6459	63622.3092	2.0969	7.1549
6896	790.7	414.1	752.7	8853.5	0.6777	22.0311	75173.1799	2.4884	8.4908
6888	802.6	408.9	753.4	8852.8	0.6766	19.6684	67111.4290	2.2217	7.5808

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H
8.9	79.4	11.38	903.35	0.005728	98088.73	1.218618
9.2	82.5	11.66	962.54	0.006107	98029.54	1.216759
10.2	82.2	12.42	1020.27	0.006477	97971.82	1.212483
9.2	81.7	11.61	948.93	0.006020	98043.15	1.217110
8.4	80.0	11.02	881.85	0.005591	98110.23	1.220738
8.1	82.0	10.80	885.65	0.005615	98106.43	1.222022
8.8	82.1	11.35	932.35	0.005914	98059.74	1.218626
9.9	82.7	12.17	1006.05	0.006386	97986.03	1.213834
9.4	85.1	11.77	1001.82	0.006359	97990.26	1.216002
10.6	76.7	12.78	979.93	0.006219	98012.15	1.210818
10.6	75.9	12.75	967.98	0.006142	98024.10	1.211016
11.2	74.6	13.33	994.99	0.006315	97997.09	1.208052
13.0	71.1	14.98	1065.38	0.006767	97926.70	1.200269
12.7	73.4	14.69	1078.43	0.006851	97913.65	1.201469
12.2	75.5	14.18	1071.07	0.006803	97921.01	1.203749
13.0	73.8	15.01	1108.23	0.007042	97883.85	1.199932
12.7	73.8	14.72	1086.68	0.006904	97905.41	1.201291
12.0	73.3	14.03	1028.51	0.006530	97963.57	1.204649
11.5	75.8	13.54	1025.84	0.006513	97966.24	1.206919
11.1	74.7	13.21	987.54	0.006268	98004.54	1.208653
14.1	84.0	16.12	1354.45	0.008628	97637.64	1.194209
13.6	86.2	15.54	1340.20	0.008536	97651.89	1.196635
12.5	85.4	14.46	1235.11	0.007859	97756.97	1.201728
12.5	85.0	14.46	1228.84	0.007818	97763.24	1.201757
12.8	86.4	14.75	1273.92	0.008109	97718.16	1.200288

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out IEC-H	Pw.Tot DX	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
23.33146224	10620	0.6836	22.7574	77651.6399	2.1429	7.3118
24.65825319	10708	0.6826	22.0910	75377.6363	2.0630	7.0394
26.53940038	10685	0.6802	19.1726	65419.7484	1.7944	6.1226
24.37101048	10560	0.6828	17.4916	59683.7185	1.6564	5.6519
22.51126106	10415	0.6848	17.4435	59519.7306	1.6748	5.7148
22.26783086	10403	0.6856	15.6402	53366.7119	1.5034	5.1299
23.76482472	10239	0.6836	16.9850	57955.2822	1.6589	5.6602
26.00454545	10181	0.6810	17.0236	58086.8891	1.6721	5.7054
25.4278966	10383	0.6822	20.3292	69366.1543	1.9579	6.6807
26.3282235	10918	0.6793	18.3513	62617.3113	1.6808	5.7352
26.10124023	11349	0.6794	19.4031	66206.2279	1.7097	5.8337
27.21544419	11603	0.6777	18.4799	63055.8848	1.5927	5.4344
30.15211431	11797	0.6734	17.2855	58980.6322	1.4652	4.9996
30.05839136	11361	0.6740	17.6381	60183.7649	1.5525	5.2974
29.39629044	12102	0.6753	20.0584	68442.1241	1.6574	5.6554
30.88111486	12333	0.6732	16.3881	55918.4320	1.3288	4.5340
30.22603827	12146	0.6739	16.3320	55727.1258	1.3446	4.5881
28.53747868	11994	0.6758	17.9047	61093.3669	1.4928	5.0937
27.95178484	12041	0.6771	16.7625	57195.9184	1.3921	4.7501
26.95950109	11728	0.6781	21.3557	72868.5815	1.8209	6.2132
36.00983074	10677	0.6700	15.3185	52268.7818	1.4347	4.8955
35.1987533	10637	0.6713	15.3753	52462.8553	1.4455	4.9321
32.36492534	10530	0.6742	17.1457	58503.6967	1.6283	5.5559
32.26300953	10607	0.6742	17.8028	60745.8126	1.6784	5.7270
33.30239352	10484	0.6734	17.2526	58868.2981	1.6456	5.6151





A.2. Results of OEM 3:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	1728.5*623		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	28-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 5 - Dry bulb temperature	AQ4; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 5 - Relative Humidity	AQ4; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
10:00	42.2	19.1	98992.08	82.85	1579.72	0.010087	97412.37	1.086982	68.43
11:00	44.3	15.9	98992.08	92.43	1472.65	0.009393	97519.44	1.080236	68.79
12:00	44.7	14.2	98992.08	94.35	1339.82	0.008534	97652.27	1.079426	66.98
13:00	45.6	13.0	98992.08	98.82	1284.63	0.008178	97707.45	1.076607	66.97
14:00	45.8	12.0	98992.08	99.83	1201.34	0.007641	97790.74	1.076275	65.79
15:00	47.1	11.2	98992.08	106.66	1198.19	0.007621	97793.89	1.071919	67.06
16:00	46.5	11.1	98992.08	103.46	1151.89	0.007323	97840.19	1.074122	65.68
17:00	44.7	12.1	98992.08	94.35	1141.67	0.007257	97850.41	1.080247	63.68
18:00	43.0	12.2	98992.08	86.39	1051.11	0.006675	97940.97	1.086433	60.44
19:00	41.8	15.1	98992.08	81.13	1222.35	0.007776	97769.73	1.089857	62.06
20:00	39.0	18.6	98992.08	69.91	1302.70	0.008294	97689.38	1.099294	60.54
21:00	38.8	19.0	98992.08	69.17	1314.14	0.008368	97677.94	1.099950	60.53
22:00	37.9	20.0	98992.08	65.89	1317.76	0.008392	97674.32	1.103118	59.67
23:00	38.9	18.0	98992.08	69.54	1251.68	0.007965	97740.40	1.099861	59.59
0:00	37.4	17.0	98992.08	64.13	1090.14	0.006926	97901.94	1.105859	55.39
1:00	36.5	18.0	98992.08	61.06	1099.03	0.006983	97893.05	1.109035	54.62
2:00	35.5	18.0	98992.08	57.80	1040.36	0.006606	97951.73	1.112879	52.64
3:00	34.9	19.0	98992.08	55.91	1062.38	0.006748	97929.70	1.114952	52.39
4:00	34.5	21.6	98992.08	54.69	1179.47	0.007500	97812.61	1.115901	53.91
5:00	33.9	23.0	98992.08	52.90	1216.59	0.007739	97775.49	1.117922	53.91
6:00	33.8	25.2	98992.08	52.60	1323.80	0.008431	97668.28	1.117826	55.58
7:00	34.9	24.0	98992.08	55.91	1341.96	0.008548	97650.12	1.113757	57.01
8:00	37.9	23.0	98992.08	65.89	1515.42	0.009670	97476.66	1.102281	62.95
9:00	40.4	18.0	98992.08	75.34	1356.13	0.008639	97635.95	1.094161	62.86
10:00	41.6	16.0	98992.08	80.28	1284.47	0.008177	97707.61	1.090289	62.89

IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	p out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
14.0	81.0	16.02	1297.63	0.008262	97694.45	1.194886	34.98094337	0
13.3	80.3	15.27	1225.97	0.007800	97766.11	1.198274	33.06585291	10
13.5	80.2	15.44	1238.85	0.007883	97753.23	1.197518	33.44542911	23
13.4	78.8	15.37	1210.93	0.007703	97781.15	1.197925	32.92316943	14
13.0	78.5	15.01	1178.78	0.007496	97813.30	1.199608	32.02674264	27
13.0	77.3	15.01	1160.27	0.007377	97831.82	1.199693	31.72595702	35
12.7	79.0	14.65	1157.65	0.007360	97834.44	1.201244	31.30989144	20
12.7	79.2	14.69	1163.12	0.007395	97828.96	1.201079	31.4326942	30
12.3	80.2	14.34	1149.78	0.007309	97842.30	1.202683	30.84266148	33
13.3	82.2	15.24	1253.28	0.007976	97738.81	1.198288	33.47629318	30
13.4	84.1	15.41	1295.22	0.008246	97696.86	1.197398	34.32946638	30
13.8	85.3	15.78	1345.44	0.008570	97646.64	1.195638	35.52255208	40
13.7	86.1	15.64	1346.34	0.008576	97645.74	1.196190	35.40108645	18
14.0	86.5	15.95	1380.29	0.008795	97611.79	1.194784	36.26157105	12
10.9	82.9	13.01	1079.03	0.006855	97913.05	1.209222	28.202277	30
11.3	83.8	13.42	1125.08	0.007151	97867.00	1.207025	29.42342696	20
10.6	83.3	12.78	1064.72	0.006763	97927.36	1.210425	27.69921696	20
11.4	83.8	13.45	1126.67	0.007161	97865.41	1.206876	29.48318097	20
13.5	83.0	15.47	1284.36	0.008176	97707.73	1.197170	34.22043981	20
13.7	82.3	15.64	1287.42	0.008196	97704.66	1.196460	34.44038634	30
13.6	82.7	15.61	1291.39	0.008222	97700.69	1.196581	34.47114019	34
13.6	83.1	15.58	1294.82	0.008244	97697.26	1.196704	34.493044	30
14.0	82.0	16.02	1313.65	0.008365	97678.43	1.194812	35.24215594	20
13.5	82.0	15.44	1265.61	0.008055	97726.47	1.197395	33.88115959	37
13.7	81.3	15.71	1277.30	0.008131	97714.78	1.196229	34.34357657	30

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	4282.1	542.1	239.2	878.6	6057.4	0.7444	24.8980	84955.3823	4.1104	14.0251
0.010768555	4295.3	539.7	231.4	899.7	6089.5	0.7465	26.6647	90983.9017	4.3788	14.9412
0.024767677	4305.8	540.1	234.0	893.1	6149.2	0.7460	25.0142	85352.1263	4.0679	13.8802
0.015075977	4283.1	537.3	237.9	870.0	6107.4	0.7463	25.4110	86705.8366	4.1607	14.1967
0.029075099	4330.8	534.7	241.8	906.4	6097.7	0.7473	25.2317	86094.2556	4.1379	14.1191
0.037689943	4331.7	533.7	246.4	906.3	6064.5	0.7474	26.4094	90112.4670	4.3547	14.8589
0.02153711	4343.6	534.7	243.1	901.5	6066.7	0.7483	25.7204	87761.5122	4.2396	14.4662
0.032305665	4341.7	534.2	243.8	898.5	6068.6	0.7482	24.1260	82321.2025	3.9756	13.5651
0.035536232	4334.2	532.7	241.2	899.5	6065.0	0.7492	22.1779	75674.1976	3.6567	12.4772
0.032305665	4397.8	548.7	243.8	902.6	6141.5	0.7465	21.3390	72811.5803	3.4746	11.8557
0.032305665	4417.4	547.8	244.4	903.2	6203.0	0.7459	19.5518	66713.5207	3.1520	10.7551
0.04307422	4419	548.8	245.1	881.9	6230.8	0.7448	18.6238	63547.1949	2.9890	10.1989
0.019383399	4344.6	551.6	247.7	890.2	6123.4	0.7452	18.0833	61702.6531	2.9532	10.0766
0.012922266	4379.6	550.6	249.0	881.5	6156.4	0.7443	17.3649	59251.6248	2.8207	9.6245
0.032305665	4151.3	553	249.6	876.1	5862.5	0.7533	20.4808	69883.4422	3.4935	11.9204
0.02153711	4131.9	551.5	249.6	879.9	5863.4	0.7519	18.9468	64649.2243	3.2314	11.0259
0.02153711	4235.2	553.4	249.0	878.1	6091.0	0.7541	18.8034	64159.8962	3.0871	10.5336
0.02153711	3931.9	551.5	252.9	877.2	5670.0	0.7518	17.2209	58760.1151	3.0372	10.3633
0.02153711	3954.4	547.4	251.6	877.9	5792.0	0.7458	14.6856	50109.5059	2.5355	8.6515
0.032305665	3938.5	546.4	253.5	870.9	5732.0	0.7454	14.5140	49523.9553	2.5321	8.6399
0.036613087	3877	543.2	252.9	875.4	5613.0	0.7454	15.7376	53699.0605	2.8038	9.5669
0.032305665	3781.9	543.9	252.2	879.3	5669.0	0.7455	16.7842	57270.0208	2.9607	10.1023
0.02153711	4232	550.3	248.3	882.0	5932.0	0.7443	20.6274	70383.6012	3.4773	11.8651
0.039843654	4207	545.6	247.0	887.8	5936.0	0.7459	21.6146	73752.0675	3.6413	12.4245
0.032305665	4140.4	547	245.1	884.7	5825.0	0.7452	21.2734	72587.8429	3.6521	12.4614

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
13.6	73.0	15.60	1138.85	0.007239	97853.24	1.197316
13.8	72.2	15.78	1139.65	0.007244	97852.43	1.196582
14.1	72.4	16.12	1165.97	0.007413	97826.11	1.195108
14.7	71.5	16.75	1197.86	0.007619	97794.22	1.192471
14.4	70.9	16.41	1163.13	0.007395	97828.95	1.193978
14.6	71.1	16.57	1178.19	0.007492	97813.89	1.193287
14.5	71.6	16.54	1183.73	0.007528	97808.35	1.193365
14.0	72.0	15.96	1148.29	0.007300	97843.79	1.195813
14.2	71.1	16.14	1148.09	0.007298	97844.00	1.195086
13.8	71.7	15.75	1129.93	0.007182	97862.15	1.196731
13.8	75.6	15.73	1189.43	0.007564	97802.65	1.196562
13.4	77.7	15.40	1196.48	0.007610	97795.60	1.197887
13.0	77.4	14.95	1157.72	0.007360	97834.37	1.199949
13.4	80.5	15.37	1237.58	0.007875	97754.50	1.197803
10.6	74.3	12.78	949.36	0.006023	98042.72	1.210960
10.3	74.5	12.53	933.36	0.005920	98058.73	1.212316
9.9	75.0	12.16	911.12	0.005778	98080.96	1.214347
9.5	75.4	11.85	893.78	0.005667	98098.30	1.216039
9.3	76.1	11.71	891.51	0.005653	98100.57	1.216803
9.1	76.2	11.52	877.18	0.005561	98114.91	1.217948
9.5	76.4	11.85	905.63	0.005743	98086.45	1.215984
10.5	76.9	12.65	972.81	0.006173	98019.27	1.211492
11.8	78.5	13.86	1088.34	0.006914	97903.75	1.205112
11.5	74.0	13.59	1006.14	0.006387	97985.94	1.206763
12.0	72.2	14.05	1014.29	0.006439	97977.79	1.204609

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
31.98067507	11637	0.7459	27.1865	92764.1492	2.3362	7.9715
32.17203516	11826	0.7454	27.2934	93128.8955	2.3079	7.8749
32.93076979	11898	0.7445	25.3471	86487.7810	2.1304	7.2691
34.06104187	12015	0.7429	24.4500	83426.8114	2.0350	6.9436
33.1647953	11801	0.7438	24.2668	82801.8365	2.0563	7.0165
33.56260419	11944	0.7434	24.9030	84972.5539	2.0850	7.1142
33.62727262	11838	0.7434	23.8288	81307.3782	2.0129	6.8683
32.49065914	11896	0.7450	23.2321	79271.0700	1.9529	6.6637
32.66551876	11840	0.7445	20.6807	70565.4829	1.7467	5.9599
31.98854965	11755	0.7455	22.4204	76501.5765	1.9073	6.5080
32.93022734	11584	0.7454	20.5812	70225.8899	1.7767	6.0623
32.7136392	11497	0.7462	20.7550	70819.0817	1.8053	6.1598
31.62511555	11497	0.7475	20.9628	71527.9201	1.8233	6.2214
33.35674085	11425	0.7462	19.5764	66797.3873	1.7135	5.8466
25.83448963	11189	0.7544	22.2965	76078.8041	1.9927	6.7994
25.27126425	11116	0.7552	22.1657	75632.6406	1.9940	6.8039
24.45539947	11137	0.7565	21.3183	72741.0648	1.9142	6.5315
23.7950707	11116	0.7576	21.6607	73909.3861	1.9486	6.6489
23.58076083	11001	0.7580	22.9917	78450.9821	2.0900	7.1313
23.09602817	10954	0.7587	23.3822	79783.3456	2.1346	7.2835
23.9861115	10952	0.7575	23.9355	81671.2366	2.1855	7.4572
26.06068097	10949	0.7547	23.3557	79692.9130	2.1331	7.2786
29.32841221	11174	0.7507	25.2450	86139.3776	2.2593	7.7089
27.69234025	11198	0.7518	26.4363	90204.4201	2.3608	8.0554
28.33265448	11212	0.7504	25.9332	88487.9106	2.3130	7.8922

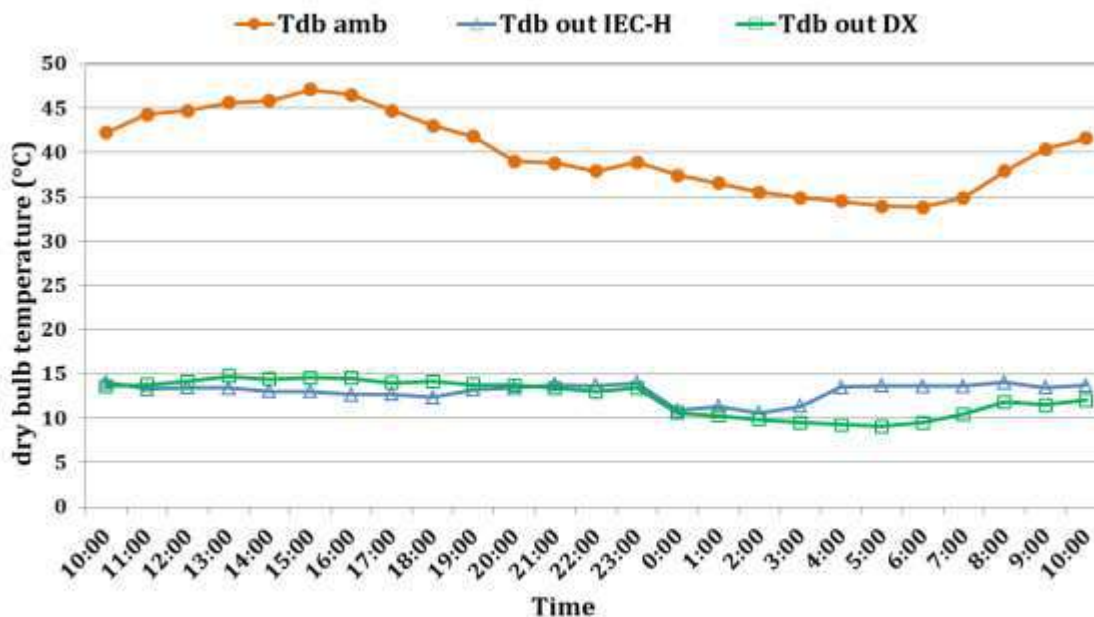


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units for OEM3 in CZ 8

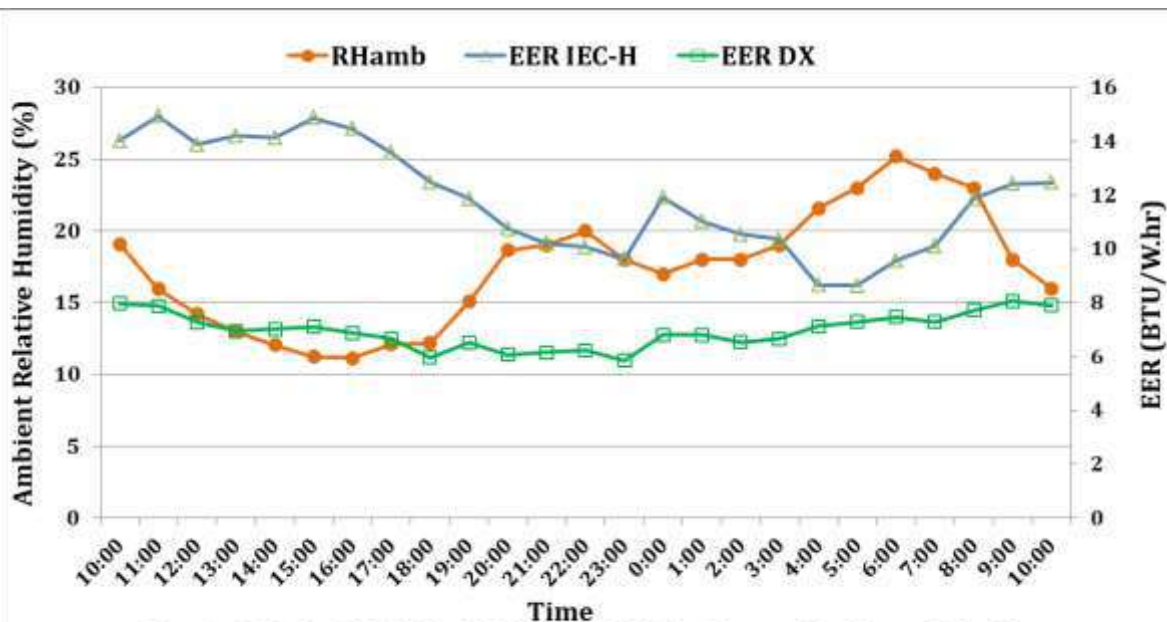
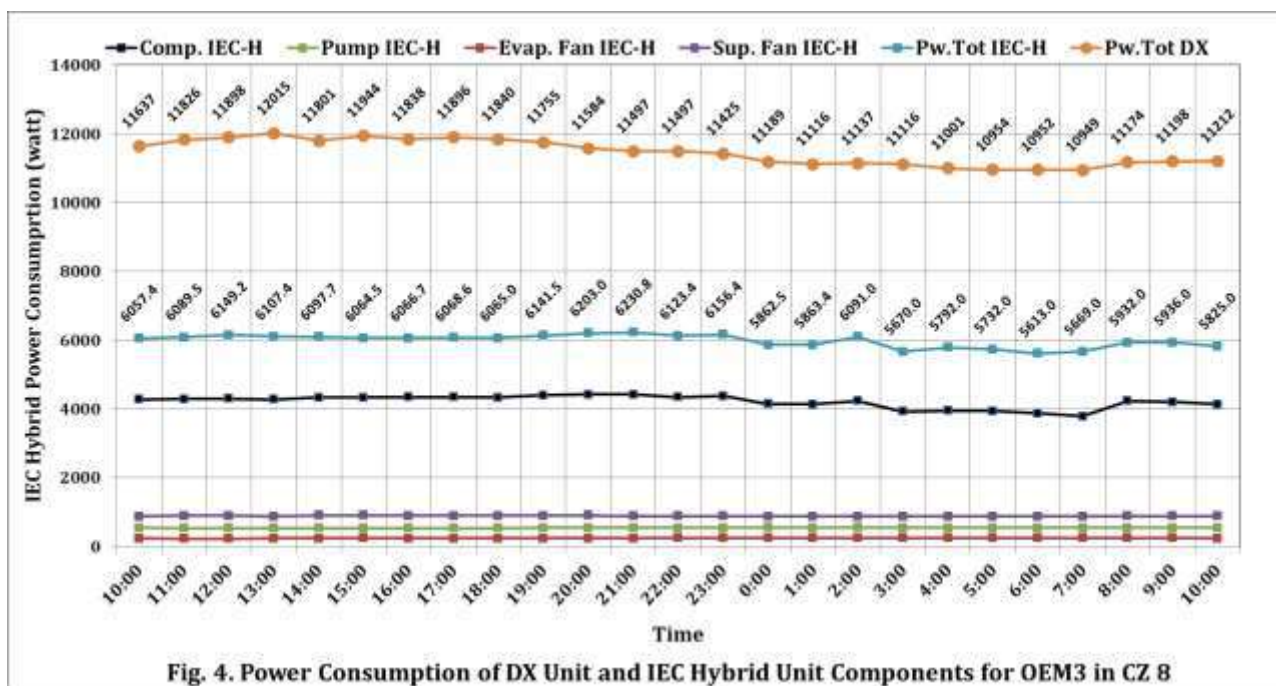
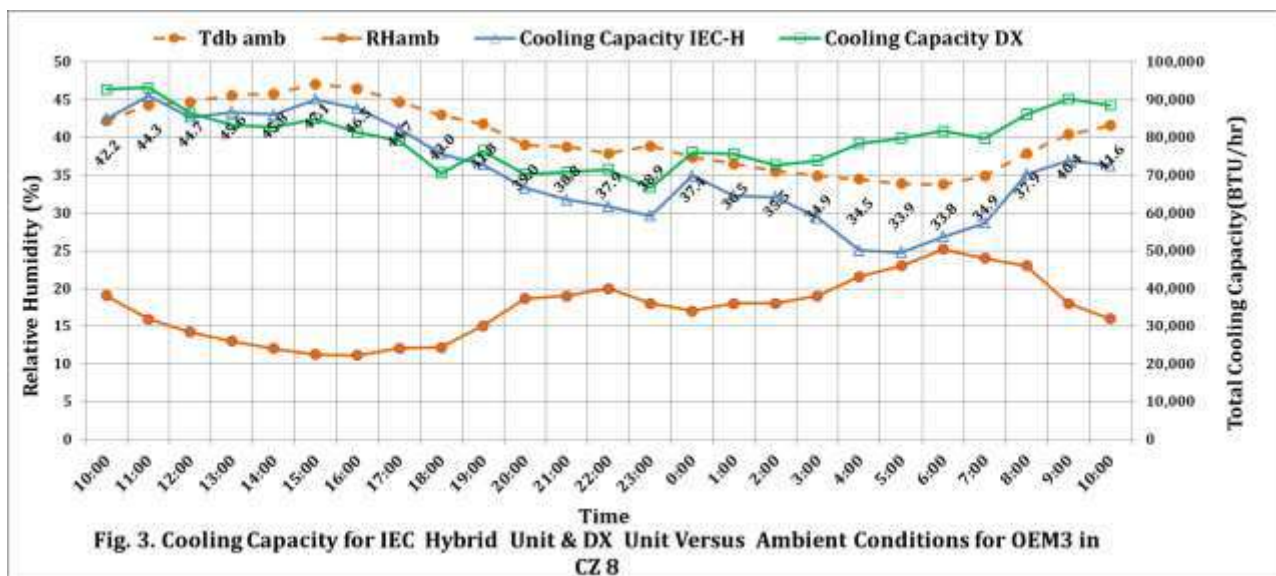


Fig. 2. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity for OEM3 in CZ 8



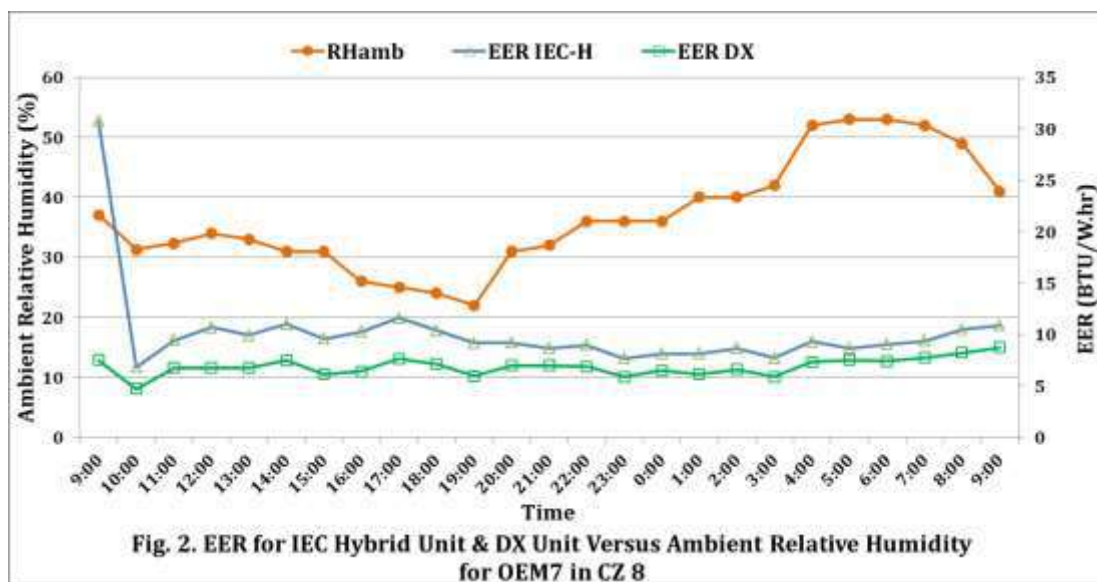
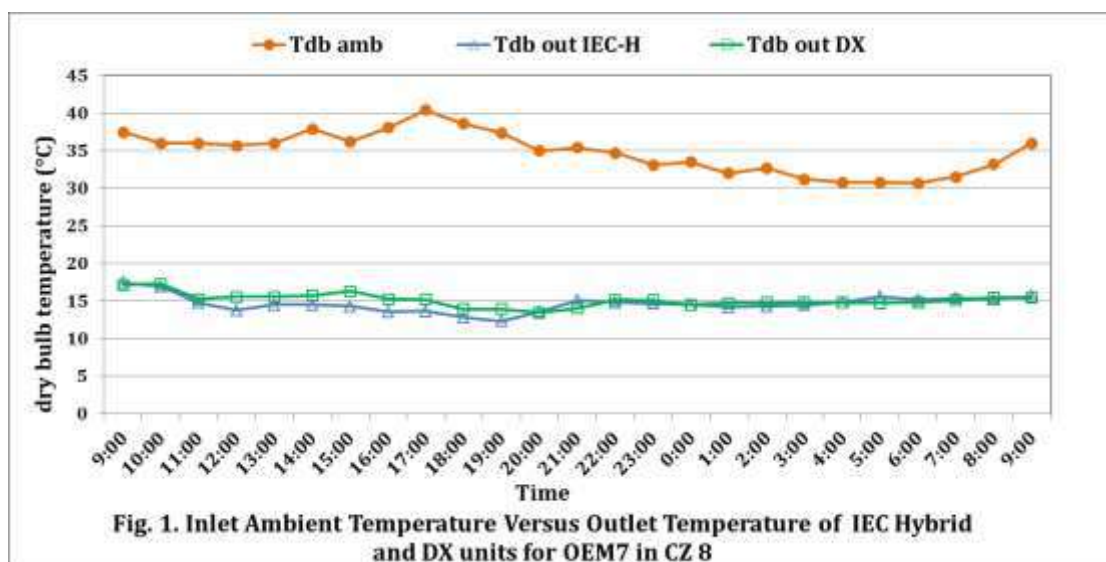
A.3. Results of OEM 7:

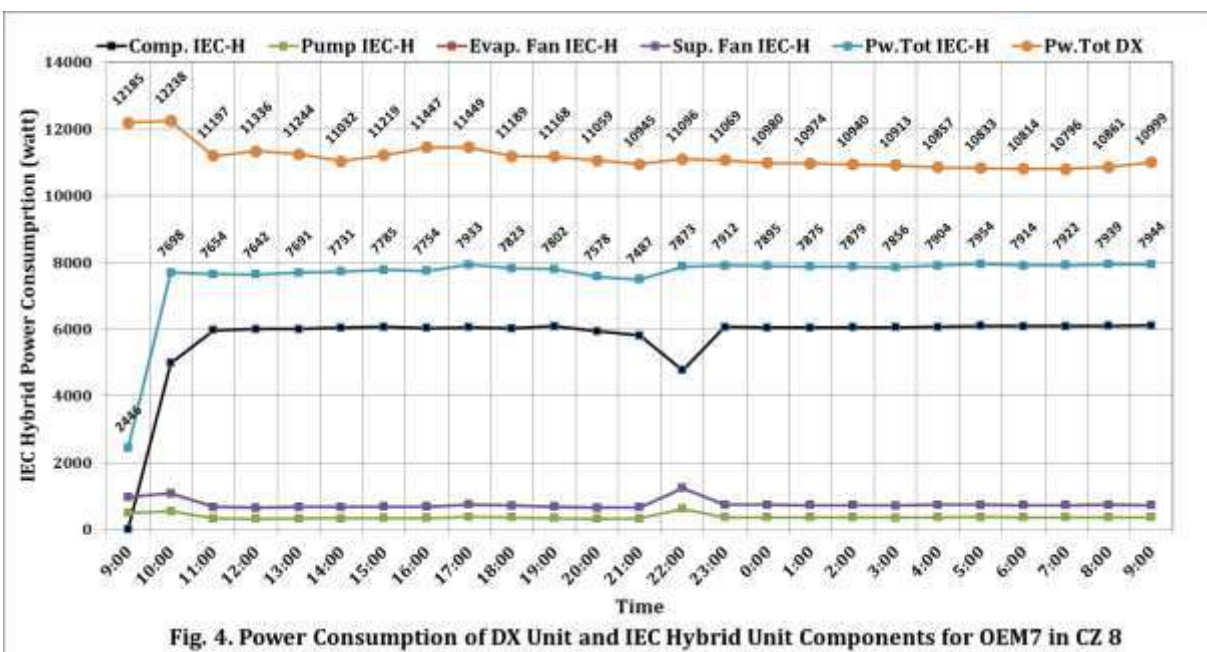
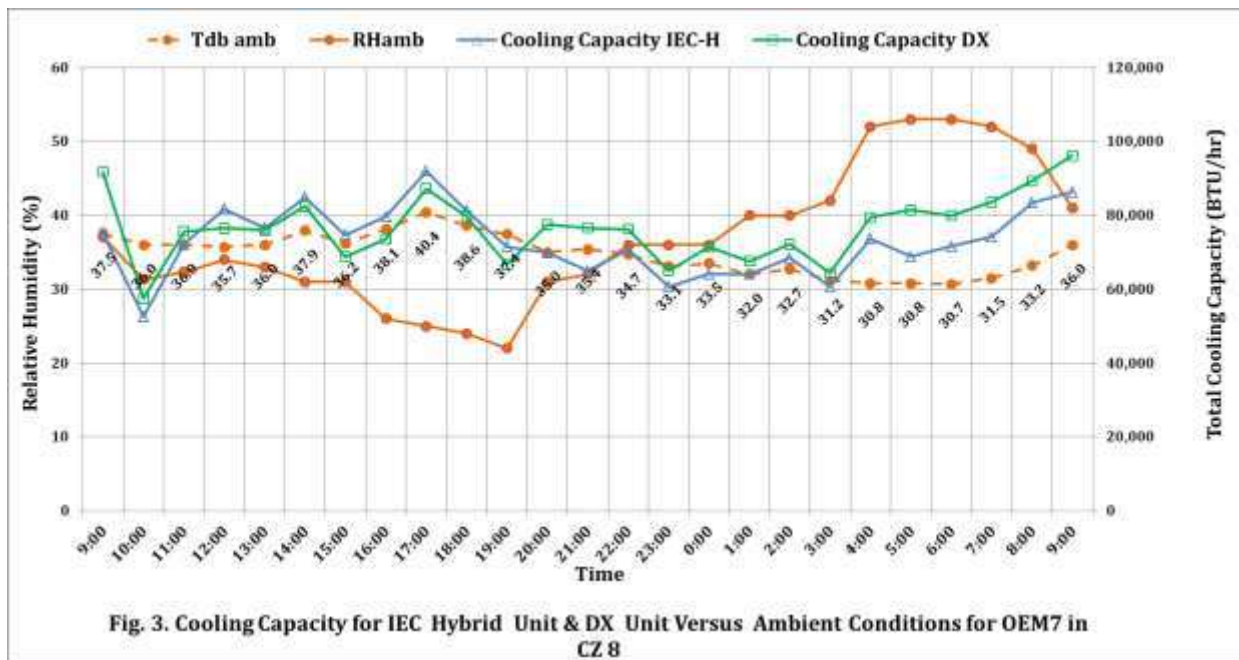
Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	7		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	560X1020		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	30-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 5 - Dry bulb temperature	AQ5; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 5 - Relative Humidity	AQ5; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T 1 - Dry bulb temperature	U1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
UNI T 1 - Relative Humidity	U1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
UNI T 2 - Dry bulb temperature	U2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T 2 - Relative Humidity	U2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C

Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts





Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
9:00	37.5	37.1	98992.08	64.48	2389.88	0.015388	96602.20	1.099993	77.24
10:00	36.0	31.3	98992.08	59.41	1861.45	0.011920	97130.63	1.107581	66.79
11:00	36.0	32.3	98992.08	59.41	1920.86	0.012308	97071.22	1.107328	67.79
12:00	35.7	34.0	98992.08	58.44	1986.86	0.012740	97005.22	1.108123	68.59
13:00	36.0	33.0	98992.08	59.41	1960.47	0.012567	97031.62	1.107160	68.45
14:00	37.9	31.0	98992.08	65.89	2042.53	0.013104	96949.55	1.100049	71.79
15:00	36.2	31.0	98992.08	60.06	1861.95	0.011924	97130.13	1.106863	67.00
16:00	38.1	26.0	98992.08	66.60	1731.72	0.011075	97260.37	1.100657	66.77
17:00	40.4	25.0	98992.08	75.34	1883.51	0.012064	97108.57	1.091946	71.68
18:00	38.6	24.0	98992.08	68.43	1642.20	0.010493	97349.88	1.099270	65.79
19:00	37.4	22.0	98992.08	64.13	1410.77	0.008993	97581.31	1.104499	60.70
20:00	35.0	31.0	98992.08	56.22	1742.97	0.011148	97249.11	1.111682	63.78
21:00	35.4	32.0	98992.08	57.48	1839.36	0.011776	97152.72	1.109829	65.80
22:00	34.7	36.0	98992.08	55.30	1990.78	0.012765	97001.30	1.111705	67.62
23:00	33.1	36.0	98992.08	50.58	1820.98	0.011656	97171.11	1.118244	63.13
0:00	33.5	36.0	98992.08	51.73	1862.20	0.011925	97129.88	1.116608	64.23
1:00	32.0	40.0	98992.08	47.55	1901.85	0.012184	97090.23	1.121926	63.36
2:00	32.7	40.0	98992.08	49.46	1978.38	0.012684	97013.70	1.119028	65.36
3:00	31.2	42.0	98992.08	45.44	1908.42	0.012227	97083.66	1.124846	62.64
4:00	30.8	52.0	98992.08	44.42	2309.60	0.014859	96682.48	1.124588	68.97
5:00	30.8	53.0	98992.08	44.42	2354.02	0.015151	96638.06	1.124396	69.71
6:00	30.7	53.0	98992.08	44.16	2340.63	0.015063	96651.45	1.124824	69.38
7:00	31.5	52.0	98992.08	46.22	2403.40	0.015477	96588.68	1.121599	71.27
8:00	33.2	49.0	98992.08	50.87	2492.48	0.016066	96499.61	1.114992	74.54
9:00	36.0	41.0	98992.08	59.41	2435.73	0.015691	96556.35	1.105135	76.47

IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
17.4	92.3	19.87	1833.31	0.011737	97158.77	1.178612	47.21910525	0
16.9	92.3	19.28	1780.47	0.011392	97211.62	1.180782	45.85888147	50
14.8	90.1	16.81	1514.35	0.009663	97477.73	1.190817	39.28059584	100
13.8	89.3	15.73	1404.91	0.008955	97587.18	1.195573	36.44224867	100
14.5	89.0	16.51	1469.95	0.009375	97522.13	1.192158	38.27228531	100
14.5	89.1	16.51	1470.78	0.009381	97521.31	1.192155	38.2857968	100
14.3	88.4	16.30	1440.46	0.009185	97551.62	1.193123	37.58538915	100
13.6	87.4	15.52	1356.08	0.008639	97636.00	1.196632	35.44083252	100
13.6	86.9	15.60	1356.09	0.008639	97636.00	1.196319	35.51753913	80
12.8	88.7	14.76	1309.42	0.008338	97682.66	1.200090	33.88904029	80
12.3	88.6	14.31	1267.07	0.008065	97725.01	1.202282	32.7148644	80
13.6	90.3	15.58	1406.06	0.008962	97586.02	1.196193	36.30782049	75
15.1	90.5	17.11	1548.26	0.009883	97443.82	1.189525	40.11783613	70
14.8	91.1	16.86	1536.10	0.009804	97455.98	1.190510	39.68822553	100
14.7	90.9	16.67	1514.69	0.009665	97477.39	1.191332	39.15827392	75
14.5	91.4	16.51	1508.75	0.009627	97483.33	1.191981	38.90757293	80
14.2	91.6	16.17	1480.18	0.009442	97511.90	1.193460	38.10736121	80
14.3	91.6	16.27	1490.61	0.009509	97501.47	1.192997	38.38038957	70
14.4	91.5	16.43	1503.10	0.009590	97488.99	1.192317	38.73823723	70
14.8	92.0	16.83	1548.36	0.009883	97443.72	1.190558	39.86356968	75
15.6	93.4	17.72	1654.88	0.010575	97337.21	1.186773	42.43163952	70
15.1	93.4	17.16	1602.17	0.010233	97389.92	1.189073	41.05348143	70
15.4	93.7	17.47	1636.41	0.010455	97355.67	1.187783	41.89756618	80
15.3	93.5	17.33	1620.29	0.010350	97371.79	1.188372	41.50474299	70
15.6	92.5	17.75	1641.11	0.010485	97350.97	1.186733	42.23093238	70

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	0	489.2	978.4	978.4	2446	0.7342	22.0458	75223.4637	9.0130	30.7536
0.02856	4985	542.6	1085.2	1085.2	7698	0.7356	15.3965	52534.9238	2.0001	6.8245
0.05712	5969	337	674	674	7654	0.7418	21.1464	72154.5628	2.7628	9.4270
0.05712	6004	327.6	655.2	655.2	7642	0.7448	23.9405	81688.3109	3.1328	10.6894
0.05712	6007	336.8	673.6	673.6	7691	0.7427	22.4128	76475.8203	2.9142	9.9435
0.05712	6049	336.4	672.8	672.8	7731	0.7427	24.8796	84892.8909	3.2182	10.9808
0.05712	6066	343.8	687.6	687.6	7785	0.7433	21.8659	74609.4228	2.8087	9.5837
0.05712	6040	342.8	685.6	685.6	7754	0.7455	23.3563	79695.0691	3.0122	10.2779
0.045696	6061	374.4	748.8	748.8	7933	0.7453	26.9510	91960.4886	3.3973	11.5921
0.045696	6023	360	720	720	7823	0.7476	23.8477	81371.7438	3.0484	10.4016
0.045696	6093	341.8	683.6	683.6	7802	0.7490	20.9619	71525.1485	2.6867	9.1675
0.04284	5943	327	654	654	7578	0.7452	20.4726	69855.4084	2.7016	9.2182
0.039984	5812	335	670	670	7487	0.7410	19.0339	64946.4383	2.5423	8.6746
0.05712	4770	620.6	1241.2	1241.2	7873	0.7417	20.7175	70691.1148	2.6315	8.9789
0.04284	6067	369	738	738	7912	0.7422	17.7941	60715.8308	2.2490	7.6739
0.045696	6048	369.4	738.8	738.8	7895	0.7426	18.8068	64171.3315	2.3821	8.1281
0.045696	6047	365.6	731.2	731.2	7875	0.7435	18.7723	64053.6786	2.3838	8.1338
0.039984	6060	363.8	727.6	727.6	7879	0.7432	20.0492	68410.8742	2.5446	8.6827
0.039984	6060	359.2	718.4	718.4	7856	0.7428	17.7566	60588.0863	2.2603	7.7123
0.04284	6065	367.8	735.6	735.6	7904	0.7417	21.5842	73648.4633	2.7308	9.3179
0.039984	6096	371.6	743.2	743.2	7954	0.7393	20.1706	68824.9073	2.5359	8.6529
0.039984	6092	364.4	728.8	728.8	7914	0.7408	20.9868	71609.8541	2.6519	9.0485
0.045696	6093	365.8	731.6	731.6	7922	0.7400	21.7350	74162.8495	2.7436	9.3616
0.039984	6100	367.8	735.6	735.6	7939	0.7403	24.4540	83440.6826	3.0802	10.5102
0.039984	6108	367.2	734.4	734.4	7944	0.7393	25.3138	86374.3190	3.1865	10.8729

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
17.2	74.2	19.56	1451.96	0.009259	97540.12	1.181357
17.3	83.3	19.69	1639.83	0.010477	97352.26	1.180099
15.2	81.0	17.30	1400.56	0.008926	97591.53	1.189478
15.6	79.5	17.67	1404.46	0.008952	97587.62	1.188121
15.6	79.7	17.69	1410.70	0.008992	97581.39	1.187990
15.7	81.2	17.84	1447.45	0.009230	97544.63	1.187308
16.3	78.1	18.50	1445.63	0.009218	97546.45	1.184958
15.2	80.2	17.30	1387.58	0.008843	97604.50	1.189537
15.2	78.7	17.27	1359.87	0.008664	97632.21	1.189767
13.9	80.4	15.86	1274.05	0.008110	97718.03	1.195653
13.9	80.3	15.88	1274.93	0.008115	97717.15	1.195545
13.4	80.5	15.37	1237.58	0.007875	97754.50	1.197803
14.0	83.7	16.01	1339.36	0.008531	97652.72	1.194729
15.2	80.3	17.22	1381.77	0.008805	97610.31	1.189873
15.1	80.7	17.14	1382.40	0.008809	97609.68	1.190180
14.5	80.8	16.51	1334.55	0.008500	97657.53	1.192778
14.7	81.1	16.75	1357.86	0.008651	97634.23	1.191739
14.8	81.5	16.78	1368.02	0.008716	97624.06	1.191589
14.8	82.5	16.83	1388.85	0.008851	97603.23	1.191287
14.8	84.1	16.78	1411.23	0.008995	97580.85	1.191392
14.7	84.4	16.75	1413.14	0.009008	97578.94	1.191486
14.8	84.2	16.86	1419.76	0.009051	97572.33	1.191042
15.1	83.7	17.11	1431.93	0.009129	97560.15	1.190057
15.5	83.5	17.55	1466.14	0.009351	97525.95	1.188251
15.4	81.3	17.50	1422.07	0.009066	97570.01	1.188658

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
40.68682776	12185	0.7360	26.9046	91802.3062	2.2080	7.5340
43.87464465	12238	0.7352	16.8463	57481.9492	1.3766	4.6970
37.87807442	11197	0.7410	22.1619	75619.6328	1.9793	6.7536
38.27398013	11336	0.7402	22.4355	76553.0116	1.9791	6.7531
38.40148881	11244	0.7401	22.2389	75882.1436	1.9778	6.7487
39.13081276	11032	0.7397	24.1535	82415.1155	2.1894	7.4705
39.68874461	11219	0.7382	20.1635	68800.8472	1.7973	6.1325
37.66592577	11447	0.7410	21.5689	73596.3120	1.8842	6.4293
37.18760842	11449	0.7412	25.5655	87233.1798	2.2330	7.6193
34.43516994	11189	0.7449	23.3527	79682.8757	2.0871	7.1215
34.47499939	11168	0.7448	19.5336	66651.2465	1.7491	5.9681
33.35674085	11059	0.7462	22.7022	77463.2015	2.0528	7.0045
35.65301816	10945	0.7443	22.4403	76569.3703	2.0503	6.9958
37.49430249	11096	0.7413	22.3327	76202.3105	2.0127	6.8675
37.42803828	11069	0.7414	19.0597	65034.4697	1.7219	5.8754
36.05949116	10980	0.7431	20.9357	71435.4218	1.9067	6.5060
36.66963581	10974	0.7424	19.8126	67603.4323	1.8054	6.1603
36.86114719	10940	0.7423	21.1534	72178.2772	1.9336	6.5976
37.25258414	10913	0.7421	18.8438	64297.8159	1.7267	5.8919
37.56727378	10857	0.7422	23.3037	79515.4217	2.1464	7.3239
37.57302345	10833	0.7423	23.8571	81403.6472	2.2023	7.5144
37.78335577	10814	0.7420	23.4479	80007.6327	2.1683	7.3985
38.21237753	10796	0.7414	24.5087	83627.0990	2.2702	7.7461
39.18115937	10861	0.7402	26.1716	89301.2090	2.4097	8.2222
38.40879046	10999	0.7405	28.1852	96171.7890	2.5625	8.7437

A.4. Results of EOM 6:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	6		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1800 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	(1308.3^2-900.3^2)		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	31-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

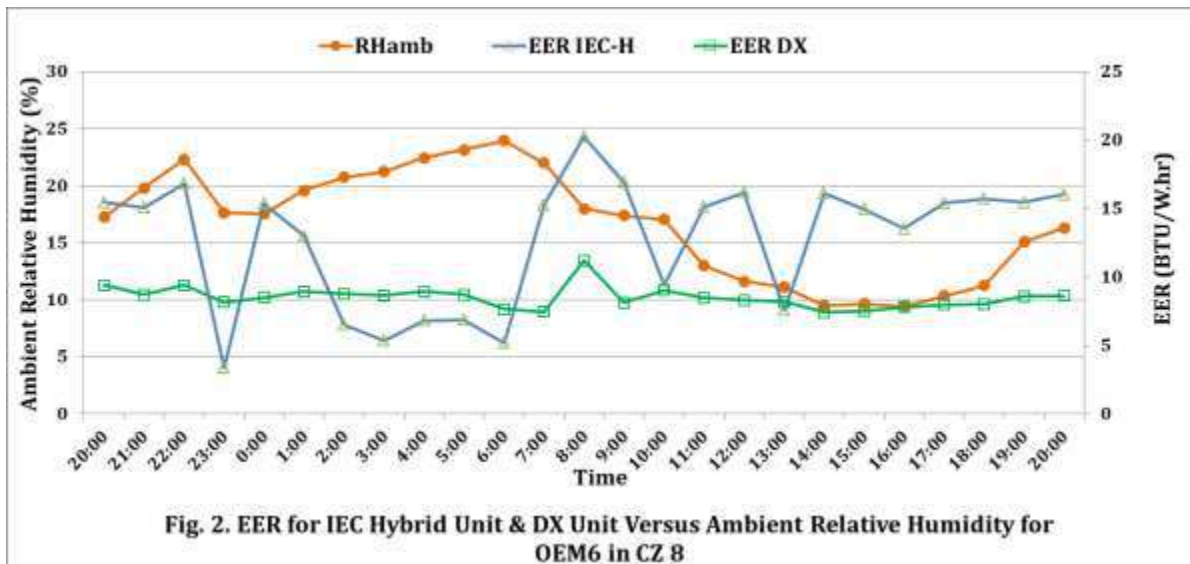
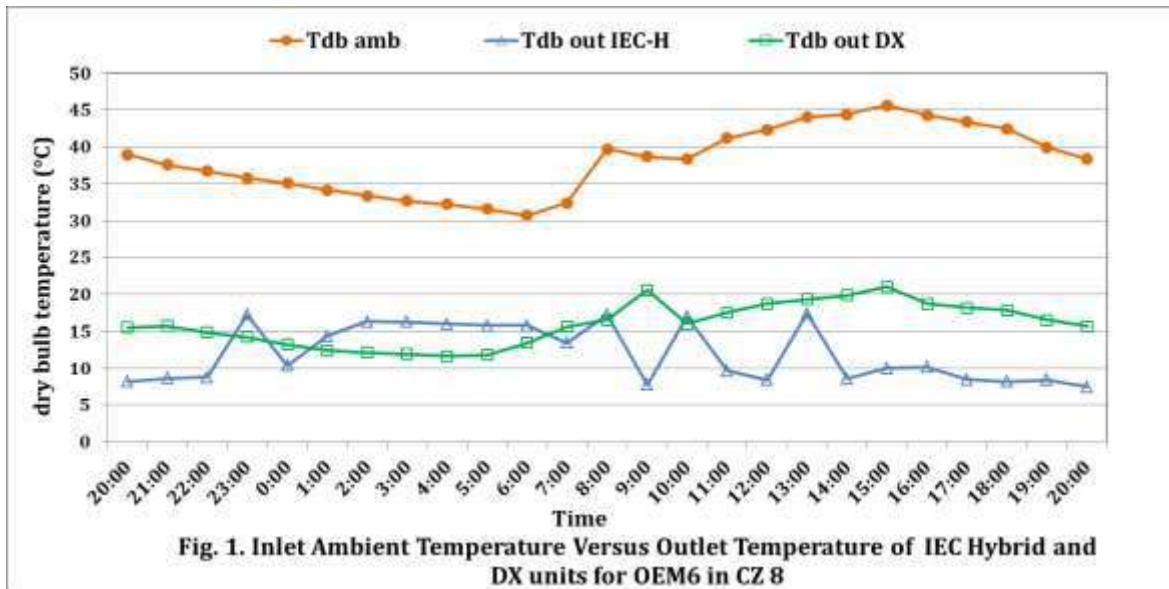
Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
20:00	38.9	17.3	98992.08	69.66	1201.68	0.007643	97790.40	1.099955	58.80
21:00	37.6	19.8	98992.08	64.83	1283.55	0.008171	97708.53	1.104328	58.79
22:00	36.7	22.3	98992.08	61.84	1379.04	0.008787	97613.04	1.107010	59.49
23:00	35.8	17.7	98992.08	58.65	1035.20	0.006573	97956.88	1.111940	52.82
0:00	35.1	17.6	98992.08	56.43	990.39	0.006286	98001.69	1.114657	51.37
1:00	34.1	19.6	98992.08	53.59	1050.31	0.006670	97941.78	1.117786	51.41
2:00	33.4	20.8	98992.08	51.44	1067.37	0.006780	97924.71	1.120387	50.94
3:00	32.7	21.3	98992.08	49.37	1049.05	0.006662	97943.03	1.123152	49.90
4:00	32.2	22.5	98992.08	48.18	1081.57	0.006871	97910.51	1.124606	49.99
5:00	31.6	23.2	98992.08	46.39	1074.03	0.006822	97918.06	1.127099	49.19
6:00	30.7	24.0	98992.08	44.16	1057.70	0.006718	97934.38	1.130384	48.04
7:00	32.4	22.0	98992.08	48.63	1069.89	0.006796	97922.19	1.124042	49.97
8:00	39.7	18.0	98992.08	72.58	1306.49	0.008319	97685.59	1.096818	61.32
9:00	38.7	17.4	98992.08	68.79	1197.02	0.007613	97795.06	1.100798	58.48
10:00	38.3	17.1	98992.08	67.45	1150.00	0.007311	97842.08	1.102292	57.33
11:00	41.2	13.0	98992.08	78.60	1021.84	0.006488	97970.24	1.092777	58.13
12:00	42.3	11.7	98992.08	83.43	972.00	0.006168	98020.08	1.089059	58.46
13:00	44.0	11.1	98992.08	91.16	1011.87	0.006424	97980.21	1.083057	60.84
14:00	44.4	9.5	98992.08	92.90	882.59	0.005595	98109.49	1.082342	59.08
15:00	45.6	9.7	98992.08	98.82	953.59	0.006050	98038.49	1.077974	61.47
16:00	44.3	9.5	98992.08	92.43	873.42	0.005537	98118.66	1.082721	58.82
17:00	43.4	10.4	98992.08	88.06	911.41	0.005780	98080.67	1.085756	58.50
18:00	42.4	11.3	98992.08	83.87	943.56	0.005986	98048.52	1.088833	58.09
19:00	39.9	15.1	98992.08	73.49	1109.73	0.007052	97882.35	1.096828	58.29
20:00	38.3	16.3	98992.08	67.45	1099.42	0.006986	97892.67	1.102506	56.49

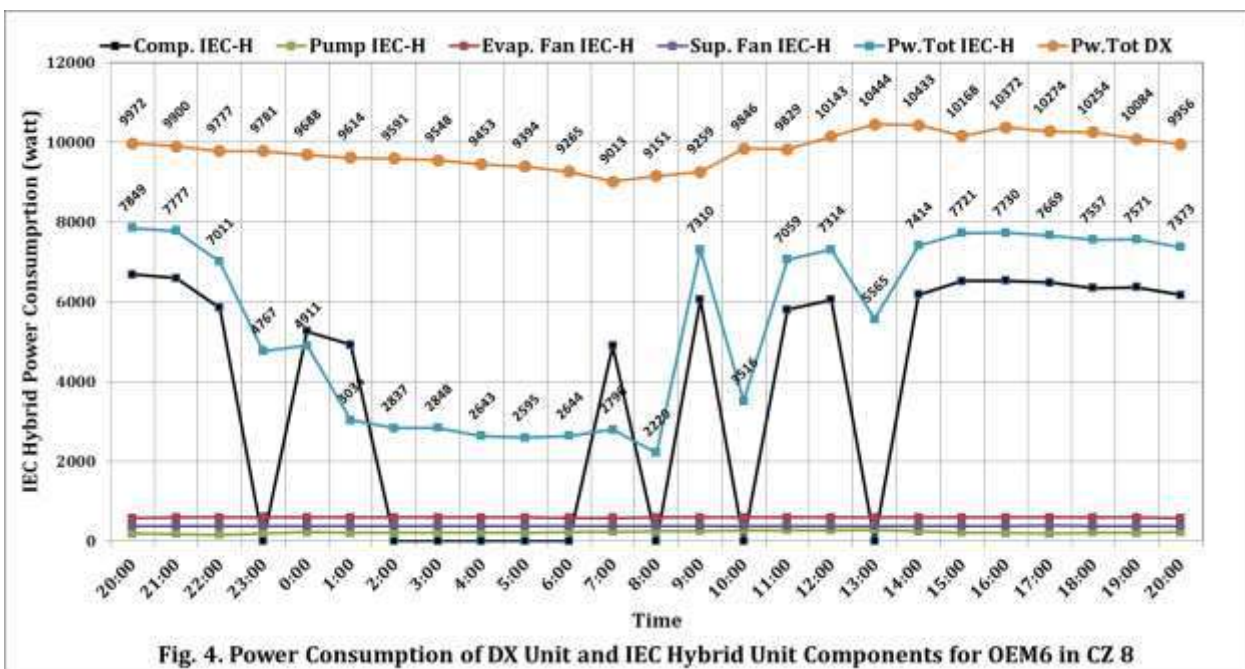
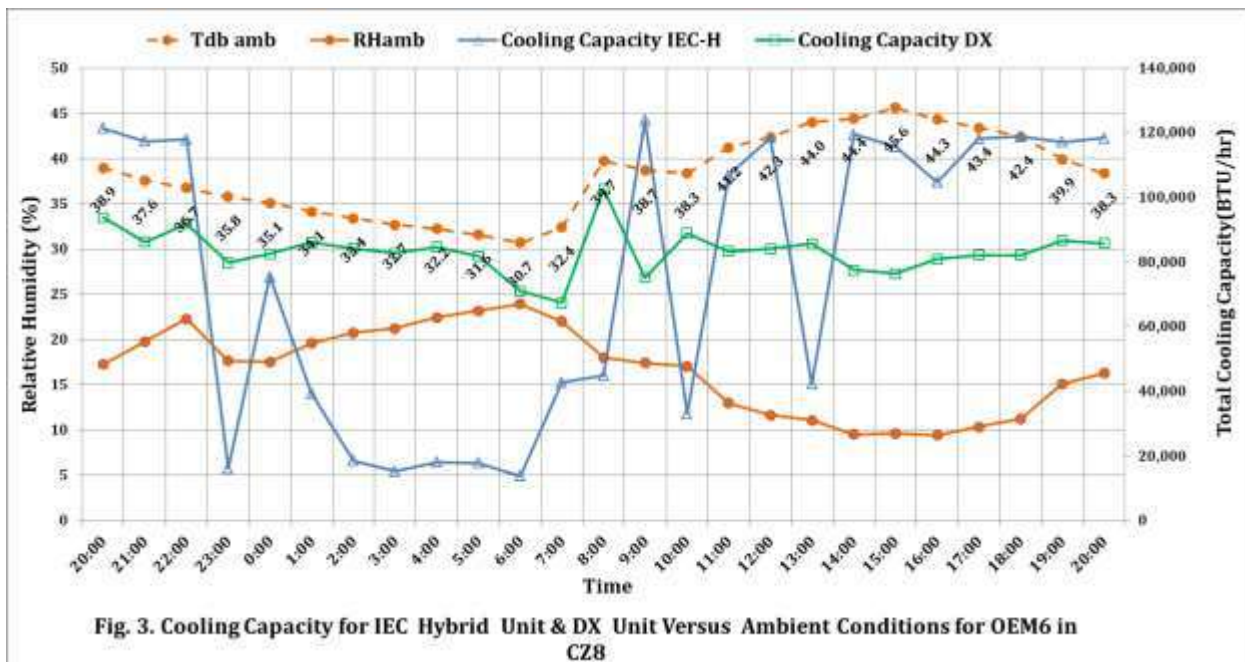
IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
8.2	94.4	10.84	1022.51	0.006492	97969.57	1.221164	24.52457591	0
8.6	94.9	11.17	1060.38	0.006735	97931.70	1.219037	25.59396471	40
8.8	95.4	11.33	1079.94	0.006860	97912.14	1.218081	26.11358688	40
17.3	96.3	19.69	1895.74	0.012144	97096.34	1.178938	48.09715373	40
10.4	96.6	12.57	1213.65	0.007720	97778.43	1.210800	29.8584185	40
14.4	96.9	16.35	1584.53	0.010118	97407.55	1.192255	39.99616046	40
16.3	97.1	18.53	1799.61	0.011517	97192.47	1.183245	45.53339571	25
16.3	97.3	18.47	1796.66	0.011498	97195.42	1.183463	45.43333048	20
16.0	97.4	18.18	1770.04	0.011324	97222.04	1.184607	44.73784686	35
15.8	97.3	17.89	1741.08	0.011136	97251.00	1.185764	44.00410947	25
15.8	97.4	17.89	1742.87	0.011147	97249.21	1.185756	44.03358563	20
13.4	97.6	15.37	1500.47	0.009573	97491.62	1.196594	37.64679275	15
17.3	96.5	19.69	1899.68	0.012170	97092.40	1.178920	48.16228927	30
7.8	93.7	10.55	988.16	0.006272	98003.92	1.223064	23.5637229	50
17.1	96.8	19.44	1880.64	0.012046	97111.44	1.179819	47.64190001	50
9.7	94.1	11.99	1128.65	0.007173	97863.43	1.214193	27.76717948	70
8.4	93.8	11.02	1033.97	0.006565	97958.11	1.220027	24.96382551	33
17.4	96.2	19.87	1910.82	0.012243	97081.26	1.178261	48.50081279	65
8.6	93.8	11.14	1043.99	0.006630	97948.10	1.219330	25.2782303	40
10.0	94.3	12.28	1157.32	0.007358	97834.77	1.212559	28.58804044	80
10.2	94.8	12.40	1175.20	0.007473	97816.88	1.211834	29.03081702	65
8.5	94.1	11.06	1040.25	0.006606	97951.83	1.219781	25.11610375	40
8.2	94.4	10.84	1023.05	0.006495	97969.03	1.221162	24.53332228	90
8.4	95.1	11.02	1048.30	0.006657	97943.78	1.219960	25.19525683	65
7.5	95.1	10.33	982.58	0.006236	98009.50	1.224398	23.16868544	90

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	6683	196	579	390	7849	1.0374	35.5534	121313.3512	4.5298	15.4564
0.036044352	6600	187	602	389	7777	1.0356	34.3814	117314.1739	4.4208	15.0843
0.036044352	5854	167	602	389	7011	1.0348	34.5407	117857.7697	4.9268	16.8109
0.036044352	0	199	605	385	4767	1.0015	4.7319	16145.7488	0.9926	3.3869
0.036044352	5268	233	601	385	4911	1.0286	22.1287	75506.2948	4.5061	15.3756
0.036044352	4923	212	599	382	3034	1.0128	11.5592	39441.5834	3.8105	13.0020
0.02252772	0	211	601	389	2837	1.0052	5.4382	18555.9175	1.9170	6.5411
0.018022176	0	213	599	387	2848	1.0054	4.4867	15309.1076	1.5754	5.3755
0.031538808	0	217	597	385	2643	1.0063	5.2853	18034.2284	2.0000	6.8244
0.02252772	0	226	594	385	2595	1.0073	5.2212	17815.5601	2.0121	6.8655
0.018022176	0	240	592	386	2644	1.0073	4.0329	13760.9754	1.5250	5.2036
0.013516632	4898	244	592	385	2796	1.0165	12.5242	42734.3244	4.4789	15.2825
0.027033264	0	250	594	385	2220	1.0015	13.1749	44954.6599	5.9338	20.2470
0.04505544	6067	261	593	388	7310	1.0390	36.2798	123791.8201	4.9632	16.9352
0.04505544	0	264	594	387	3516	1.0023	9.7098	33131.1746	2.7612	9.4217
0.063077616	5808	272	593	386	7059	1.0315	31.3159	106854.2003	4.4361	15.1366
0.02973659	6054	278	595	388	7314	1.0364	34.7121	118442.4680	4.7458	16.1934
0.058572072	0	282	595	390	5565	1.0009	12.3551	42157.2319	2.2201	7.5751
0.036044352	6184	250	595	386	7414	1.0358	35.0106	119461.1014	4.7220	16.1122
0.072088704	6518	219	597	387	7721	1.0301	33.8726	115577.9976	4.3869	14.9688
0.058572072	6529	213	597	391	7730	1.0295	30.6717	104656.2261	3.9676	13.5381
0.036044352	6486	193	597	392	7669	1.0362	34.5976	118051.9284	4.5113	15.3932
0.081099792	6350	219	597	391	7557	1.0374	34.8087	118772.2967	4.6062	15.7168
0.058572072	6367	213	601	390	7571	1.0364	34.3010	117039.9237	4.5307	15.4593
0.081099792	6173	232	579	388	7373	1.0401	34.6620	118271.7184	4.7014	16.0419

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
15.5	56.8	17.61	999.64	0.006345	97992.44	1.190174
15.7	62.5	17.87	1117.18	0.007100	97874.90	1.188677
14.9	66.2	16.91	1118.68	0.007109	97873.40	1.192247
14.2	60.1	16.16	970.63	0.006159	98021.45	1.195830
13.2	59.3	15.17	899.33	0.005703	98092.75	1.200195
12.4	61.9	14.40	891.80	0.005654	98100.28	1.203592
12.1	64.7	14.15	915.44	0.005806	98076.64	1.204608
11.9	64.4	13.90	895.31	0.005677	98096.77	1.205828
11.6	64.8	13.66	885.14	0.005612	98106.95	1.207004
11.8	63.0	13.84	872.00	0.005528	98120.08	1.206218
13.4	57.3	15.41	882.31	0.005594	98109.77	1.199296
15.6	52.0	17.72	921.00	0.005841	98071.08	1.190120
16.5	49.2	18.81	926.13	0.005874	98065.95	1.186263
20.6	39.9	24.26	968.97	0.006149	98023.11	1.169648
16.0	52.9	18.18	961.24	0.006099	98030.85	1.188291
17.5	50.3	20.04	1008.08	0.006399	97984.00	1.181810
18.7	43.3	21.57	934.50	0.005928	98057.59	1.177418
19.3	45.2	22.39	1012.68	0.006429	97979.41	1.174650
19.9	43.5	23.24	1010.07	0.006412	97982.02	1.172257
21.0	44.2	24.92	1101.47	0.006999	97890.61	1.167332
18.7	47.0	21.57	1014.29	0.006439	97977.79	1.177058
18.2	48.3	20.86	1008.06	0.006399	97984.02	1.179241
17.8	49.2	20.42	1005.54	0.006383	97986.54	1.180603
16.5	54.5	18.81	1025.20	0.006509	97966.88	1.185812
15.7	55.6	17.80	989.61	0.006281	98002.47	1.189533

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
31.6290197	9972	1.0111	27.4681	93725.2113	2.7545	9.3988
33.77549271	9900	1.0098	25.2635	86202.6812	2.5519	8.7073
32.91750321	9777	1.0128	26.9170	91844.5634	2.7531	9.3939
29.80331926	9781	1.0159	23.3837	79788.4959	2.3907	8.1575
27.66762419	9688	1.0196	24.1686	82466.5421	2.4947	8.5122
26.73360102	9614	1.0225	25.2295	86086.6491	2.6242	8.9543
26.84446954	9591	1.0233	24.6612	84147.3666	2.5713	8.7736
26.24860676	9548	1.0244	24.2235	82653.8801	2.5370	8.6567
25.81358545	9453	1.0254	24.7894	84584.8005	2.6224	8.9479
25.80470646	9394	1.0247	23.9600	81754.9442	2.5506	8.7029
27.6295885	9265	1.0188	20.7915	70943.6234	2.2441	7.6572
30.45597842	9013	1.0110	19.7264	67309.4199	2.1887	7.4680
31.48723404	9151	1.0077	30.0610	102572.4759	3.2850	11.2089
36.31550361	9259	0.9936	22.0248	75151.9128	2.3788	8.1166
31.51446214	9846	1.0095	26.0595	88918.7163	2.6467	9.0309
33.83360461	9829	1.0040	24.3903	83223.0293	2.4815	8.4671
33.82429167	10143	1.0002	24.6373	84066.0463	2.4290	8.2881
35.70493996	10444	0.9979	25.0858	85596.4600	2.4019	8.1957
36.27260129	10433	0.9958	22.7104	77490.9879	2.1768	7.4275
38.91559135	10168	0.9917	22.3678	76322.0866	2.1998	7.5061
35.12097607	10372	0.9999	23.7019	80874.1693	2.2852	7.7974
34.4773982	10274	1.0018	24.0699	82129.8107	2.3428	7.9939
34.09737243	10254	1.0029	24.0606	82098.0252	2.3465	8.0064
33.09471104	10084	1.0074	25.3834	86611.6351	2.5172	8.5890
31.63576743	9956	1.0105	25.1189	85709.2007	2.5230	8.6088





Annex 2: Calibration Certificates



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/290/1319/2024

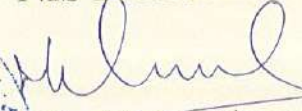
- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صالح الى في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085019
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	762/32C012/290/1319/2024				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	09/05/2024		
▪ Number of pages	3	▪ File name	2570/13/24/02/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085019	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May, 2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Samir

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/290/1319/2024		
Serial Number	085019	Code	-----

Calibration results of humidity		
Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	28.3	1.7
35.0	33.5	1.5
40.0	38.9	1.1
45.0	42.9	2.1
50.0	47.2	2.8
55.0	52.0	3.0
60.0	56.8	3.2
65.0	61.5	3.5
70.0	66.5	3.5
Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %		
Calibration results of temperature		
Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.4	0.6
30.0	29.7	0.3
35.0	34.3	0.7
40.0	39.3	0.7
45.0	44.1	0.9
Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$		
* The calibration points are selected according to customer's request		
The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate		

Calibrated by

Ahmed Basyel

Reviewed by





CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/292/1322/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
في المباني
صادر الى
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085018
الرقم الممثل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ اعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory

Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President

Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/292/1322/2024				
• Customer	المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/04/HK		
• <u>Device Under Calibration</u>					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085018	Code	-----		
• <u>Enviromental Conditions</u>					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• <u>Calibration Method</u>					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• <u>Traceability</u>					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• <u>Uncertainty Statement</u>					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• <u>ISO 17025 Statement</u>					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• <u>Conformity Statement</u>					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed Ahmed

Reviewed by
Elsayed

Page 2 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/292/1322/2024		
Serial Number	085018	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.1	0.9
35.0	33.7	1.3
40.0	39.5	0.5
45.0	43.7	1.3
50.0	48.5	1.5
55.0	53.2	1.8
60.0	58.6	1.4
65.0	63.4	1.6
70.0	69.0	1.0

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.8	0.2
30.0	29.8	0.2
35.0	34.7	0.3
40.0	39.7	0.3
45.0	44.6	0.4

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ahmed Sayed



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/285/1312/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالهاتف
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085017
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الاصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory

F1 Mostafa
Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President

Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/285/1312/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/01/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085017	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

El Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/285/1312/2024		
Serial Number	085017	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.7	0.3
35.0	34.8	0.2
40.0	39.6	0.4
45.0	44.4	0.6
50.0	48.9	1.1
55.0	53.8	1.2
60.0	59.1	0.9
65.0	64.1	0.9
70.0	69.4	0.6

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.5	0.5
30.0	29.7	0.3
35.0	34.3	0.7
40.0	39.3	0.7
45.0	44.2	0.8

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Sgh

Reviewed by

El-Sayed





CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/294/1324/2024

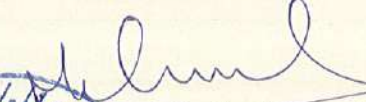
- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالهاتف
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085016
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	762/32C012/294/1324/2024				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	09/05/2024		
▪ Number of pages	3	▪ File name	2570/13/24/06/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085016	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed

Reviewed by
Ahmed Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/294/1324/2024		
Serial Number	085016	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.3	0.7
35.0	34.0	1.0
40.0	39.9	0.1
45.0	43.8	1.2
50.0	49.0	1.0
55.0	53.6	1.4
60.0	59.1	0.9
65.0	64.2	0.8
70.0	69.6	0.4

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.4	0.6
30.0	30.0	0.0
35.0	34.6	0.4
40.0	39.7	0.3
45.0	44.5	0.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Saeed

Reviewed by

Khaled



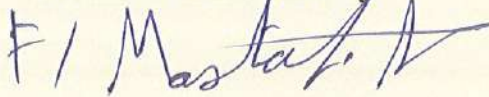
CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/293/1323/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صالح الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085015
الرقم المخصص للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

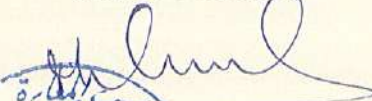
Approved by

Head of Laboratory



Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President



Prof. Dr. M. G. Ahmed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/293/1323/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/05/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085015	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ahmed Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/293/1323/2024		
Serial Number	085015	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity RHs %	Measured relative humidity RHm %	Correction $\Delta RH = RHs - RHm$ %
30.0	28.9	1.1
35.0	33.7	1.3
40.0	39.6	0.4
45.0	43.5	1.5
50.0	48.6	1.4
55.0	53.0	2.0
60.0	58.3	1.7
65.0	63.2	1.8
70.0	68.7	1.3

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90 t_s °C	Measured temperature t_m °C	Correction $\Delta t = t_s - t_m$ °C
25.0	24.8	0.2
30.0	29.8	0.2
35.0	34.7	0.3
40.0	39.7	0.3
45.0	44.5	0.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 °C

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Basset

Reviewed by

Samir

Page 3 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/291/1320/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature &
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة : resolution 0.1% for relative humidity
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085014
الرقم المعامل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory

Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President

Prof. Dr. M. G. Ahmed



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

• Certificate No.	762/32C012/291/1320/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/03/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085014	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May, 2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed

Page 2 of 3

Reviewed by

El Sayed

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/291/1320/2024		
Serial Number	085014	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	ARH = RHs - RHm
%	%	%
30.0	28.4	1.6
35.0	33.1	1.9
40.0	38.4	1.6
45.0	42.7	2.3
50.0	47.0	3.0
55.0	51.7	3.3
60.0	58.6	1.4
65.0	61.3	3.7
70.0	66.5	3.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$At = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.7	0.3
30.0	30.0	0.0
35.0	34.6	0.4
40.0	39.5	0.5
45.0	44.3	0.7

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Saeed

Reviewed by



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No: 8062/32C012/693/2698/2023

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان و البناء
صالح الى
- Contact Information of the Customer : 01115196088
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermohygrometer, resolution 0.1% for relative humidity and resolution 0.1°C for temperature .
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : HT-305E
موديل الجهاز
- Serial Number : R.029189
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 11/10/2023
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 18/10/2023
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 29/10/2023
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

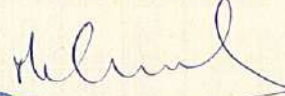
Approved by

Head of Laboratory



Prof. Dr. Essam EL-Din Mahmoud

NIS President



Prof. Dr. Noha E. Khaled

Page 1 of 3



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	8062/32C012/693/2698/2023				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان و البناء				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	18/10/2023		
▪ Number of pages	3	▪ File name	5903/40/23/01/AS		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermohygrometer, resolution 0.1% for relative humidity and resolution 0.1°C for temperature .				
Serial Number	R.029189	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/29 /1059/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Caibrated by

Ahmed Sayed



Page 2 of 3

Reviewed by

T. Etesam

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	8062/32C012/693/2698/2023		
Serial Number	R.029189	Code	-----



Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
40.0	45.3	-5.3
50.0	55.0	-5.0
60.0	64.1	-4.1

Uncertainty a C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
18.0	18.3	-0.3
19.0	19.3	-0.3
20.0	20.3	-0.3
22.0	22.3	-0.3
24.0	24.2	-0.2
26.0	26.2	-0.2
28.0	28.1	-0.1
30.0	30.1	-0.1

Uncertainty a C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibrated points are selected according to the customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ablesam



CERTIFICATE OF CALIBRATION
شهادة معايرة



Certificate No:

882/23C012/75/339/2024

■ NIS Lab

اسم المعمل

: High Voltage Metrology Lab.

■ Issued For

صادر الى

: معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)

■ Contact Information of the Customer

بيانات التواصل بالزبون

: العنوان : 87 شارع التحرير

■ Location of Calibration

مكان اجراء المعايرة

: High Voltage Metrology Lab., NIS.

■ Device Description

اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة

: POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER

■ Manufacturer

اسم الشركة المنتجة

: FLUKE

■ Model/Type

موديل الجهاز

: 434

■ Serial Number

الرقم المسلسل للجهاز

: DM9130018

■ Code : ---

كود

■ Date of Receipt

تاريخ الاستلام

: 9/5/2024

■ Date of Calibration

تاريخ المعايرة

: 19/5/2024

■ Issue Date

تاريخ الإصدار

: 22/5/2024

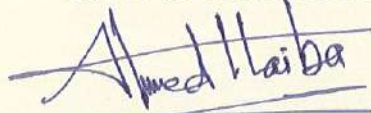
■ Due Date

تاريخ إعادة المعايرة

: -----

Approved by

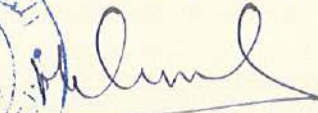
Head of Laboratory



Dr. Eng. Ahmed S. Haiba



NIS President



Prof. Dr. M. G. Ahmed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	882/23C012/75/339/2024				
• Customer	معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)				
• Location	High Voltage Metrology Lab., NIS	• Date of Receipt	9/5/2024		
• Calibrated by	Eng. Eman Mohamed Hosny	• Date of Calibration	19/5/2024		
• Number of pages	6	• Issue Date	22/5/2024		
		• Due Date	-----		
• Device Under Calibration					
Device Description	POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER				
Manufacturer	FLUKE	other	-----		
Model/Type	434	other	-----		
Serial Number	DM9130018	other	-----		
Code	-----	other	-----		
Other	-----	-----	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(23±2)	Humidity (%)	(50±10)		
Other	-----	-----	-----		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to E.S. 1021/2020 "معايرة اجهزة القياس الكهربائية"					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Calibration Date	Certificate No.	Expanded Uncertainty	Traceability
3-Phase Comparator Reference Standard	98-717-1	2/2024	10175/23C012/2 8/148/2024	U _v =0.005%, U _i = 0.003%, U _p = 0.005%	NIS, Egypt.
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-23-OP-7.6 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Amr A. Mohamed

Page 2 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM9130018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

1. AC Voltage Calibration, 50 Hz:-

1.1. Phase (1)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC*	Actual Value (V) Ref**	Error*** %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

1.2. Phase (2)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

1.3. Phase (3)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

*UUC:Unit Under Calibration

**Ref.:Reference value of standard instrument

$$***Error = \frac{\text{Measured Value} - \text{Actual Value}}{\text{Actual Value}} \times 100$$

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 3 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM9130018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

2. AC Current Calibration, 50 Hz:-

2.1. Phase (1), with clamp, S.N.: 90800112

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	99	99.966	-0.966	0.65
150	149	149.950	-0.634	0.73
300	298	299.834	-0.612	1.1
400	398	399.778	-0.445	1.3

2.2. Phase (2), with clamp, S.N.: 90780311

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	100	99.966	0.034	0.65
150	150	149.950	0.033	0.73
300	299	299.834	-0.278	1.1
400	399	399.778	-0.195	1.3

2.3. Phase (3), with clamp, S.N.: 90780313

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	99	99.966	-0.966	0.65
150	149	149.950	-0.634	0.73
300	299	299.834	-0.278	1.1
400	398	399.778	-0.445	1.3

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM91.00
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

3. AC Active Power Calibration, 220 V, 50 Hz:-

3.1. Phase (I), with clamp, S.N.: 90800112 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L*	0.6	0.551	8.893	0.06
5	0.5C**	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1.0	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1.0	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.12
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.4	17.558	-0.900	0.77

L*: Inductive
C*: Capacitive

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Ahmed A. Mohamed

Page 5 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM91.1018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		



• Calibration Results

3.2. Phase (2), with clamp, S.N.: 90780311 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.06
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.12
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.5	17.558	-0.330	0.77

3.3. Phase (3), with clamp, S.N.: 90780313 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.5	0.551	-9.256	0.06
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.02
10	1	2.2	2.194	0.273	0.08
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.07
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.08
20	1	4.3	4.389	-2.028	0.11
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.11
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.10
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.4	17.558	-0.900	0.77

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samir A. Mohamed

Page 6 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

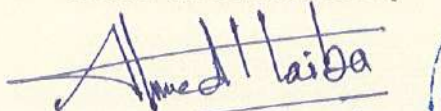


Certificate No: 882/23C012/74/326/2024

- NIS Lab : High Voltage Metrology Lab.
اسم المعمل
- Issued For : معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)
صادرا الى
- Contact Information of the Customer : العنوان : 87 شارع التحرير
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : High Voltage Metrology Lab., NIS.
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : FLUKE
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : 435
موديل الجهاز
- Serial Number : 19673107
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : ---
كود
- Date of Receipt : 9/5/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 19/5/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 22/5/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date :
تاريخ إعادة المعايرة

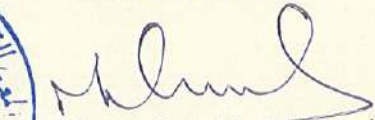
Approved by

Head of Laboratory


Dr. Eng. Ahmed S. Haiba

NIS President




Prof. Dr. M. G. Ahmed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	882/23C012/74/326/2024				
▪ Customer	معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)				
▪ Location	High Voltage Metrology Lab., NIS	▪ Date of Receipt	9/5/2024		
▪ Calibrated by	Eng. Eman Mohamed Hosny	▪ Date of Calibration	19/5/2024		
▪ Number of pages	6	▪ Issue Date	22/5/2024		
		▪ Due Date	-----		
• Device Under Calibration					
Device Description	POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER				
Manufacturer	FLUKE	other	-----		
Model/Type	435	other	-----		
Serial Number	19673107	other	-----		
Code	-----	other	-----		
Other	-----	-----	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(23±2)	Humidity (%)	(50±10)		
Other	-----	-----	-----		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to E.S. 1021/2020 "معايرة أجهزة القياس الكهربائية"					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Calibration Date	Certificate No.	Expanded Uncertainty	Traceability
3-Phase Comparator Reference Standard	98-717-1	2/2024	10175/23C012/2 8/148/2024	$U_v=0.005\%, U_i=0.003\%, U_p=0.005\%$	NIS, Egypt.
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-23-OP-7.6 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 2 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

1. AC Voltage Calibration, 50 Hz:-

1.1. Phase (1)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC*	Actual Value (V) Ref**	Error*** %	Expanded Uncertainty ±(mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.27	299.400	-0.043	12

1.2. Phase (2)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty ±(mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.25	299.400	-0.050	12

1.3. Phase (3)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty ±(mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.25	299.400	-0.050	12

*UUC: Unit Under Calibration

**Ref.: Reference value of standard instrument

$$***Error = \frac{\text{Measured Value} - \text{Actual Value}}{\text{Actual Value}} \times 100$$

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Sarah A. Mohamed

Page 3 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

2. AC Current Calibration, 50 Hz:-

2.1. Phase (1), with Ampflex, S.N.:208200120-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	9.9	9.986	-0.861	0.06
20	20.0	19.994	0.030	0.06
50	50.2	49.984	0.432	0.07
100	100.8	99.966	0.834	0.31
150	151.1	149.950	0.767	0.45
300	302.4	299.834	0.856	0.90
400	403.2	399.778	0.856	1.2

2.2. Phase (2), with Ampflex, S.N.:208200149-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10.1	9.986	1.142	0.07
20	20.2	19.994	1.030	0.06
50	50.7	49.984	1.432	0.06
100	100.7	99.966	0.734	0.31
150	151.2	149.950	0.834	0.45
300	302.6	299.834	0.923	0.90
400	403.5	399.778	0.931	1.2

2.3. Phase (3), with Ampflex, S.N.:208200140-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	9.9	9.986	-0.861	0.07
20	19.9	19.994	-0.470	0.06
50	49.9	49.984	-0.168	0.06
100	100.7	99.966	0.734	0.31
150	151.0	149.950	0.700	0.45
300	302.1	299.834	0.756	0.90
400	402.6	399.778	0.706	1.2

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673105
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

3. AC Active Power Calibration, 220 V, 50 Hz:-

3.1. Phase (I), with Ampflex, S.N.:208200120-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L*	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C**	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1.0	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1.0	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.2	2.185	0.686	0.12
50	1	11.0	10.973	0.246	0.62
80	1	17.6	17.558	0.239	0.77

L*: Inductive

C**: Capacitive

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 5 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		



• Calibration Results

3.2. Phase (2), with Ampflex, S.N.:208200149-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.2	2.185	0.686	0.12
50	1	11.1	10.973	1.157	0.62
80	1	17.8	17.558	1.378	0.77

3.3. Phase (3), with Ampflex, S.N.:208200140-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.02
10	1	2.2	2.194	0.273	0.08
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.07
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.07
20	1	4.4	4.389	0.251	0.11
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.11
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.10
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.5	17.558	-0.330	0.77

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Amr A. Mohamed

Page 6 of 6



Annex 3: Testing Equipment Used:

Used Apparatus	Measured Property	Model	Serial Number	Item Photo
Air Flow Meter	Air flow	KIMO CP300	06072114	
Weather Station,	Inlet dry bulb temperature for both Units	HOBO U30 ONSET	10221018	
	Inlet Relative humidity for both Units			
Thermo-Hygrometer	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit	KIMO TH300	MEH1000821	
	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Unit			
Air Quality Meter	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit	Lutron	085019	
			085018	
			085017	
	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Unit		085016	
			085015	
			085014	
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	ENTES	---	
Pump power meter - IEC hybrid unit	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	ENTES	---	

Used Apparatus	Measured Property	Model	Serial Number	Item Photo
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Power consumptionof the Evaporator Fan of the IEC hybrid Unit	ENTES	---	
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Power consumptionof the Supply Fan ofthe IEC hybrid Unit	ENTES	---	
Power Analyzer of total power consumption of IEC hybrid Unit	Total Input power of IEC Hybrid Unit	FLUKE	9340002	
Power Analyzer of total power consumption of IEC hybrid Unit	Total Input power of DX Unit	FLUKE	19673107	

Invitation to Outreach Campaign DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

TOGETHER, WE CAN SECURE PHASE
OUT OF HCFC IN THE COMMERCIAL
AIR CONDITIONING MANUFACTURING
SECTOR.
GET INVOLVED TODAY AND MAKE A
DIFFERENCE!

3 November 2024
HBRC - Cairo, Egypt



Program Outlines

(9:30 – 10:00 am)

Registration

(10:00 – 10:30 am)

Opening Session:

- Welcome & Open Remarks
Prof. Mohamed Masoud - HBRC Chairman
Prof. Ezzat Lewis - NOU
Prof. Sayed Shebl

(10:30 – 11:00 am)

Coffee Break

(11:00 am – 1:00 pm)

- Preview The Project Findings
Prof. Alaa Olama
Prof. Sayed Shebl
- Public Hearing Session

GUARANTEE YOUR LEAD.

Join us and contribute to an
enlightened and collaborative spirit of
sustainable ideas come to life.

Find Us!

+ (20) 1065251505

87 Tahrir St., Dokki, Giza



Transformation of Commercial Air Conditioning Companies
HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II), UNIDO ID:140400

Outreach Campaign

DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

Presented by:

Prof. Alaa Olama;
The Project general Manager and Technical Consultant

Prof. Sayed Shebl;
Director of Electro-Mechanical Research Institute EMI, HBRC



OUR TEAM



Approval committee

UNIDO & NOU

Steering Committee

UNEP

Advisor

EUROVENT

Provide a reference testing methodology for the IEC hybrid units suitable for Egypt's working conditions

OEMs

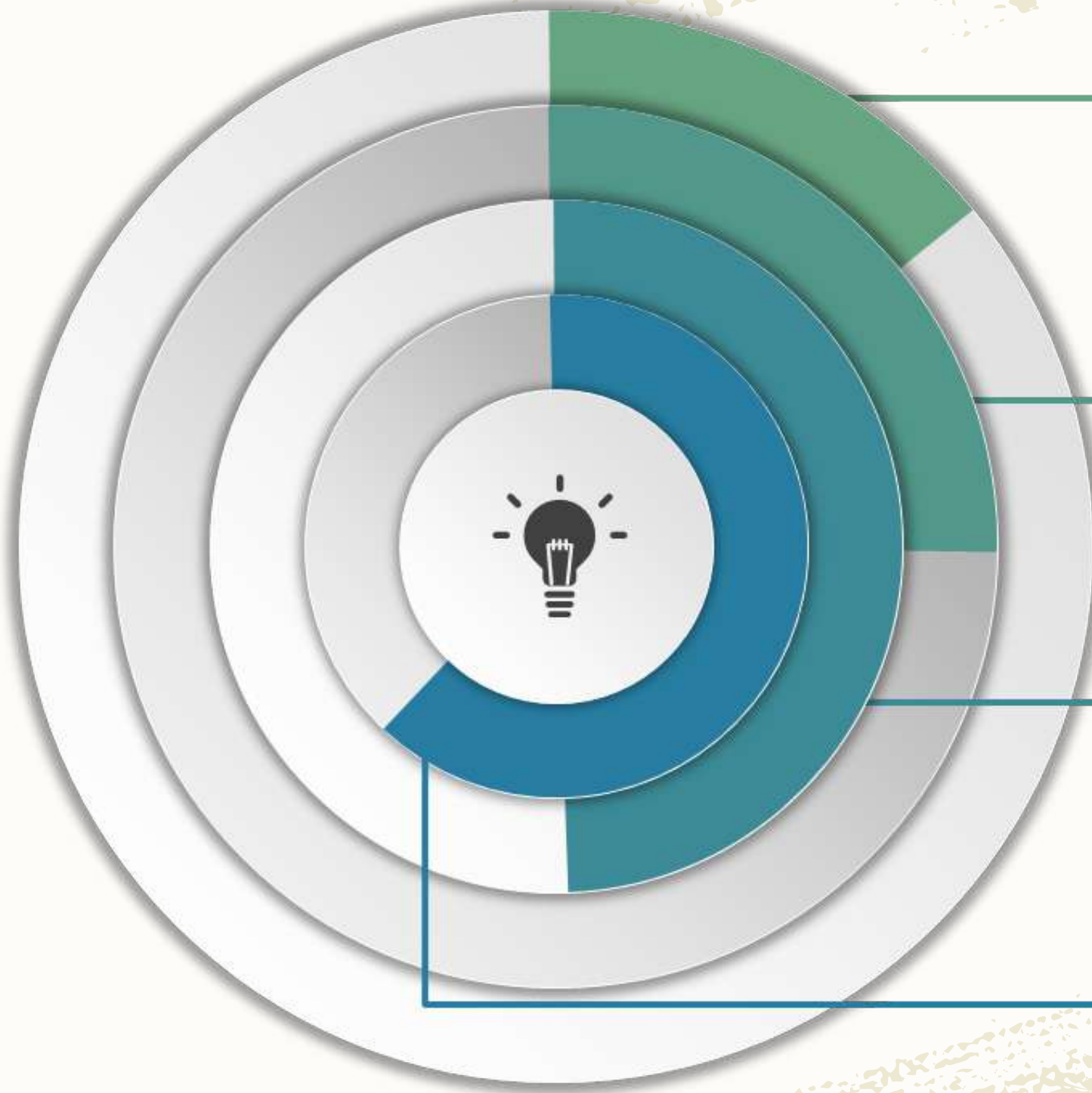
Delta Construction & Manufacturing (DCM)

TIBA Engineering Industries Co.

SS Air Technology

VOLTA EGYPT

MILESTONES



Phase-out of HCFC in the commercial air conditioning manufacturing sector.



Incorporate IEC technology in existing systems



Technical Assistance for product design



Provide technical parameters obtained from field testing

PREVIOUS WORK

FOR ADOPTING THE NEW TECHNOLOGY

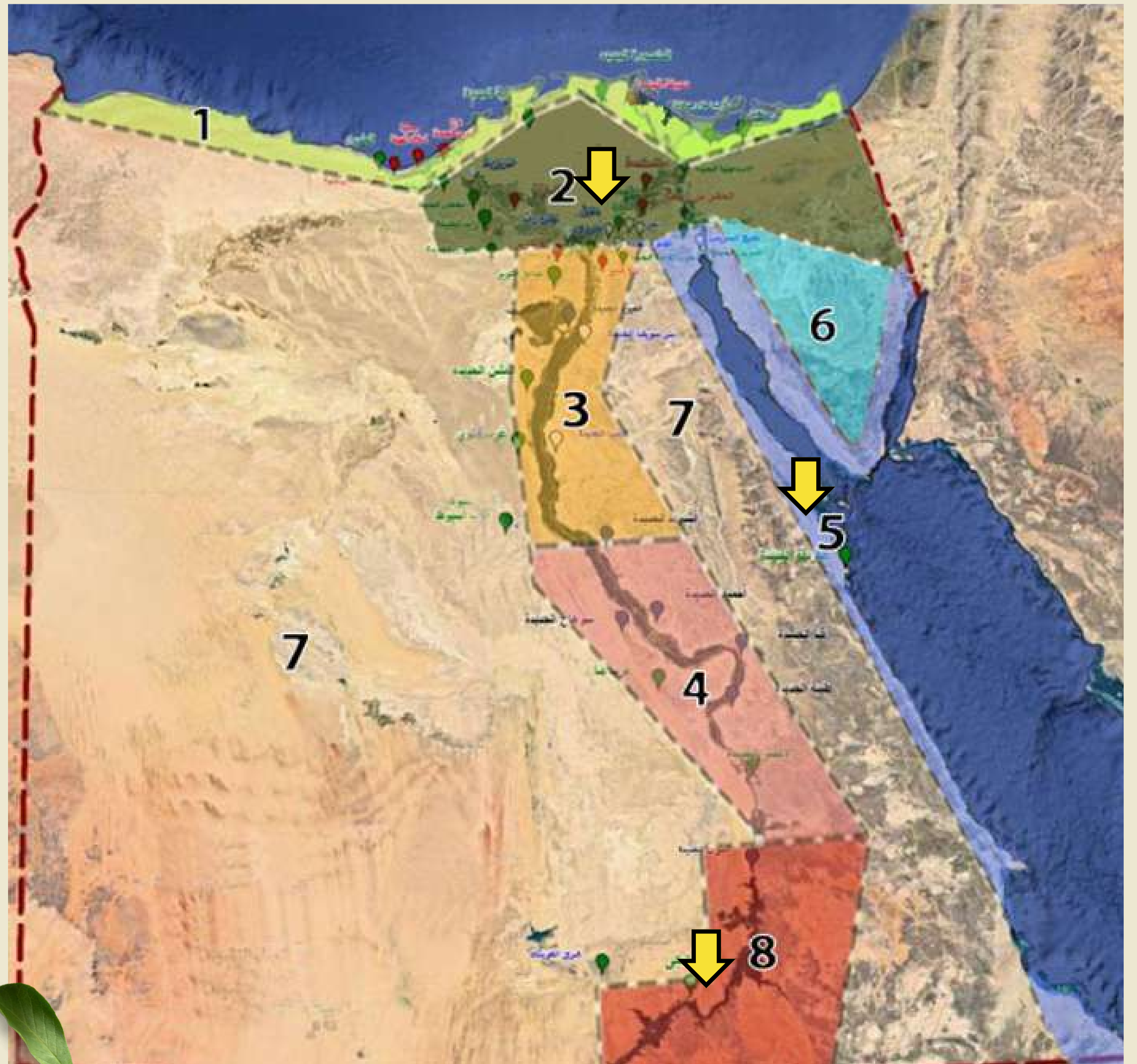
Which Climatic Zone?

Two climatic zones out of Eight
representing Egypt

✓ Climatic Zone 2

✓ Climatic Zone 5

What about Climatic Zones 8?



TESTING LOCATION - CZ8 (ASWAN - TOSHKY)

Location

22°49' 02" N
31°28' 16" E

Altitude

196.07 m
(above sea level)



TESTING CONDITIONS



Full Fresh Air

Both units to be **full fresh air** with air discharge of one unit regulated so that it matches the other.



Compressor Size

Compressor size of IEC-H Unit left to each OEM to decide.



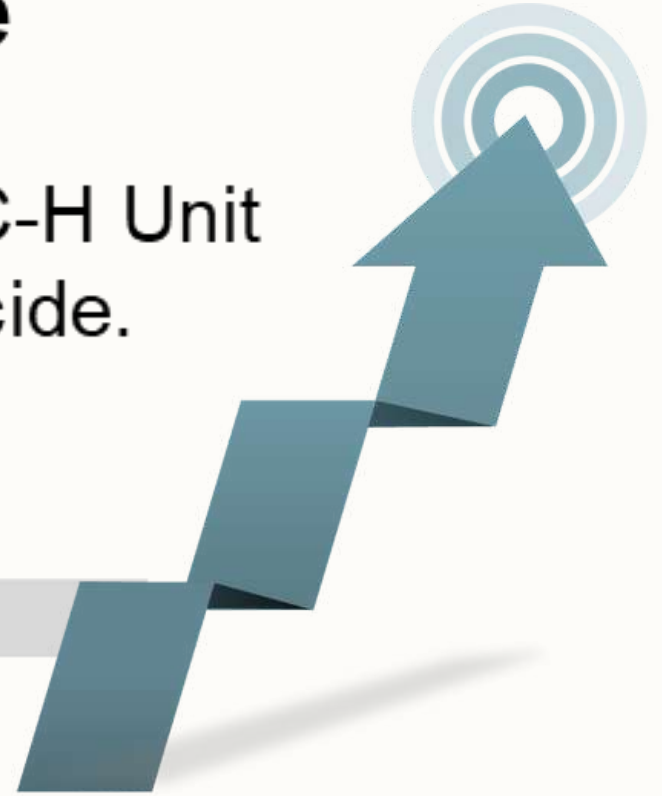
Primary Air Outlet

The primary air outlet dry bulb temperature maintained at 15°C

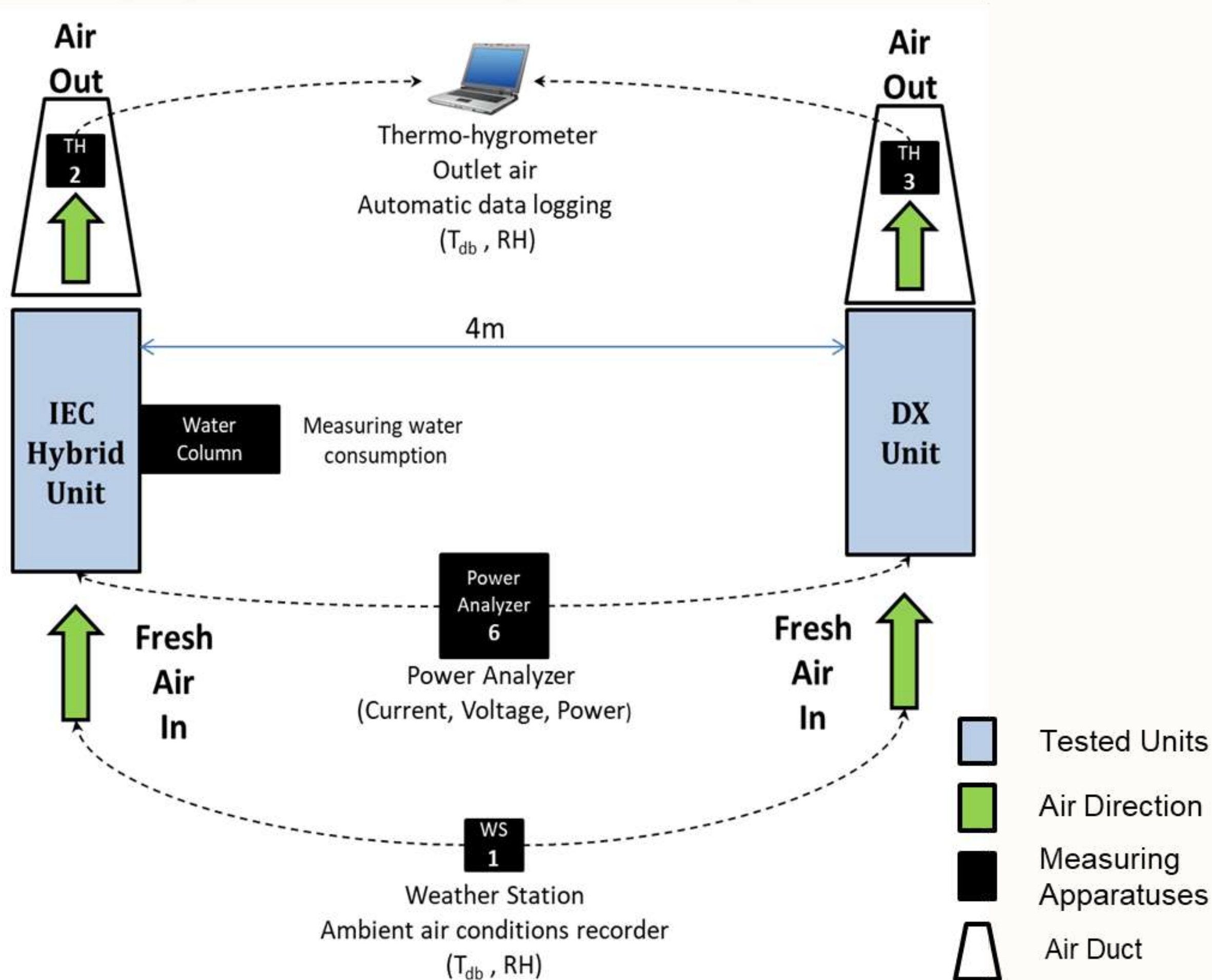


Low GWP refrigerant

Both units should use low GWP refrigerant, based on Montreal Protocol and Kigali Amendment



SCHEMATIC DIAGRAM



THE PROJECT REQUIRED EACH OEM TO INDIVIDUALLY MANUFACTURE A CUSTOM-BUILT DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING HYBRID AIR CONDITIONER (IEC-H) PROTOTYPE AND A CENTRAL DX UNIT TO TEST AND COMPARE THEIR PERFORMANCES UNDER ACTUAL OPERATING CONDITIONS IN CLIMATIC ZONE 8 (CZ8) (ASWAN - TOSHKY).

USED EQUIPMENT

CALIBRATED HIGH ACCUARCY DEVICES ARE USED FOR MEASURMENTS

Ministry of Higher Education
& Scientific Research
National Institute of Standards

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المعهد القومي للمعايرة

El- Sadat (Tersa) St., El Haram, Giza, Egypt - P.O.Box 136 Giza - Code 12211 - Tel./ Fax: +202 - 33867462 - NIS Tel +202 - 37401113

CERTIFICATE OF CALIBRATION
شهادة معايرة

Certificate No: 882/23C012/74/326/2024

• NIS Lab : High Voltage Metrology Lab.
اسم المختبر : معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)

• Issued For :
مستخدم : العنوان : 87 شارع التحرير

• Contact Information of the Customer :
معلومات التواصل بالبريد الإلكتروني : High Voltage Metrology Lab., NIS

• Location of Calibration :
مكان المعايرة : High Voltage Metrology Lab., NIS

• Device Description : POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER
اسم الوصل والمختبر :
• Manufacturer : FLUKE
اسم الشركة المنتجة :
• Model/Type : 435
نموذج الجهاز :
• Serial Number : 19673107
الرقم التسلسلي للجهاز :
• Code : -

• Date of Receipt : 9/5/2024
التاريخ الاستلام :
• Issue Date : 22/5/2024
التاريخ الإصدار :
• Date of Calibration : 19/5/2024
التاريخ المعايرة :
• Due Date :
تاريخ انتهاء المعايرة :

Approved by

Head of Laboratory :
Dr. Eng. Ahmed S. Haiba

NIS President :
Prof. Dr. M. G. Ahmed

NIS F-7.5.2

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.



FIELD TEST

PROVIDE TECHNICAL PARAMETERS

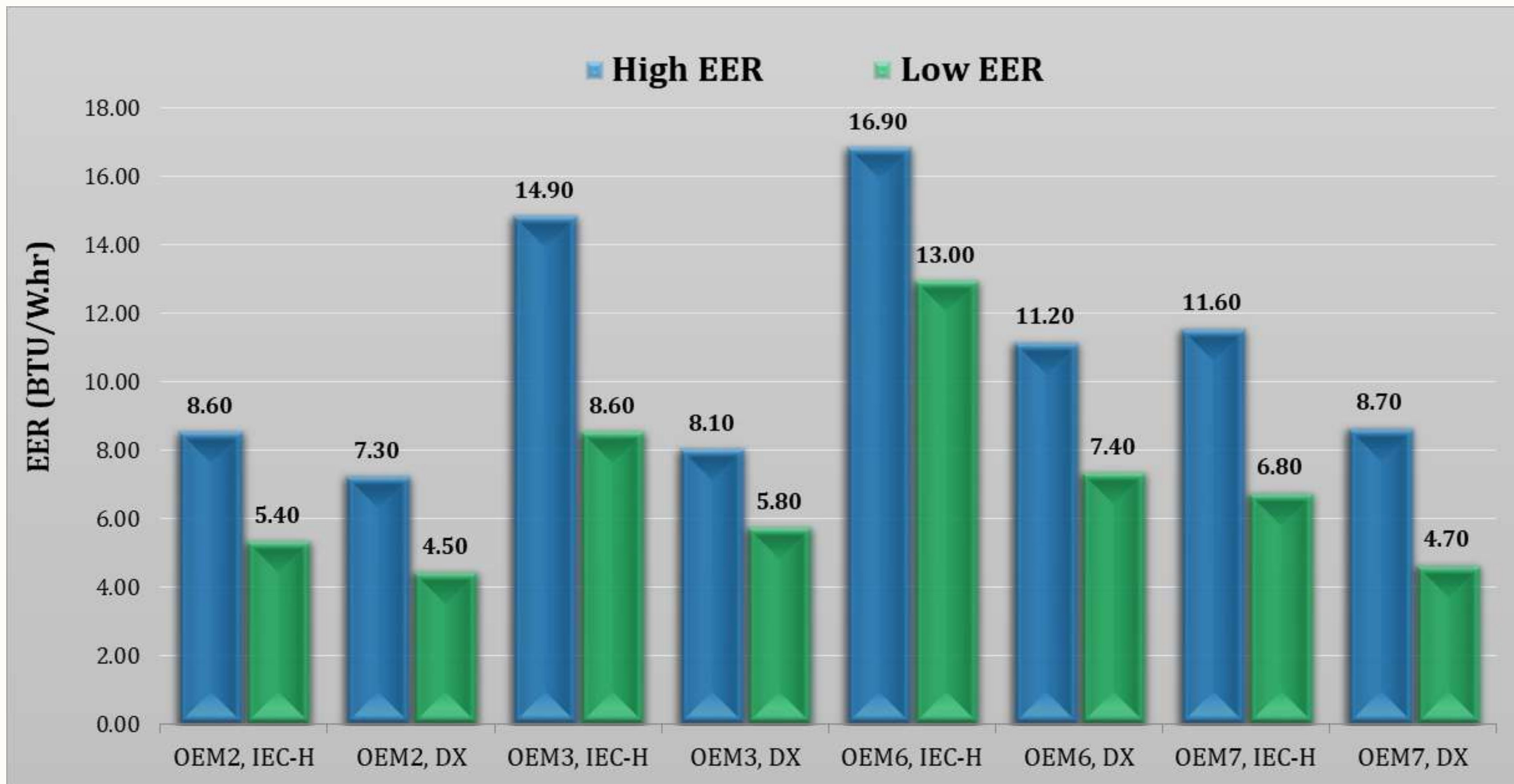
Evaluate the performance

Compare DX Unit With IEC-H Unit at the Same operating conditions and record the measurements for 24 hours

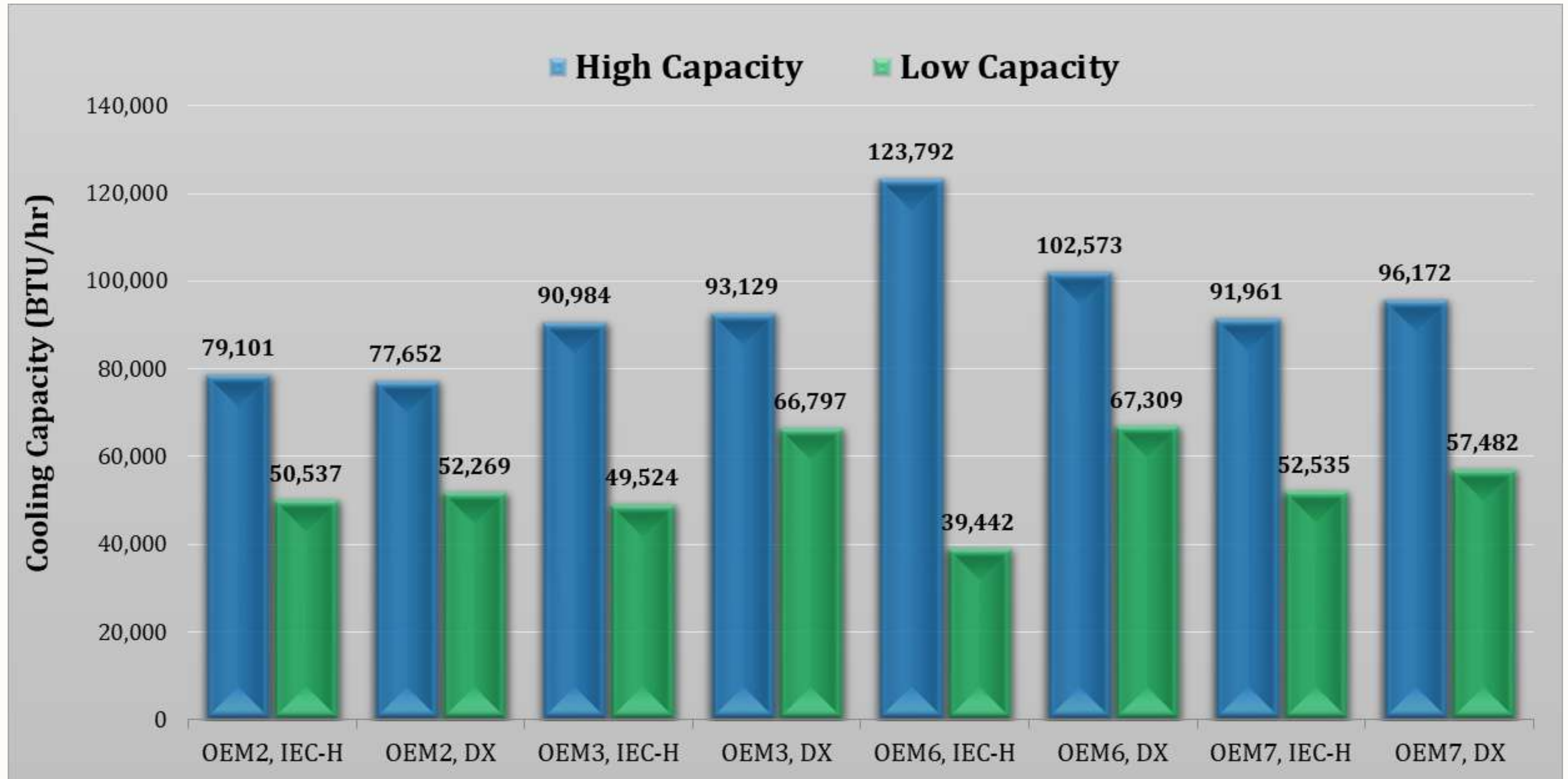
- ✓ Energy Efficiency
- ✓ Total Cooling Capacity
- ✓ Operating Cost



TESTING RESULTS - EER



TESTING RESULTS - TOTAL COOLING CAPACITY





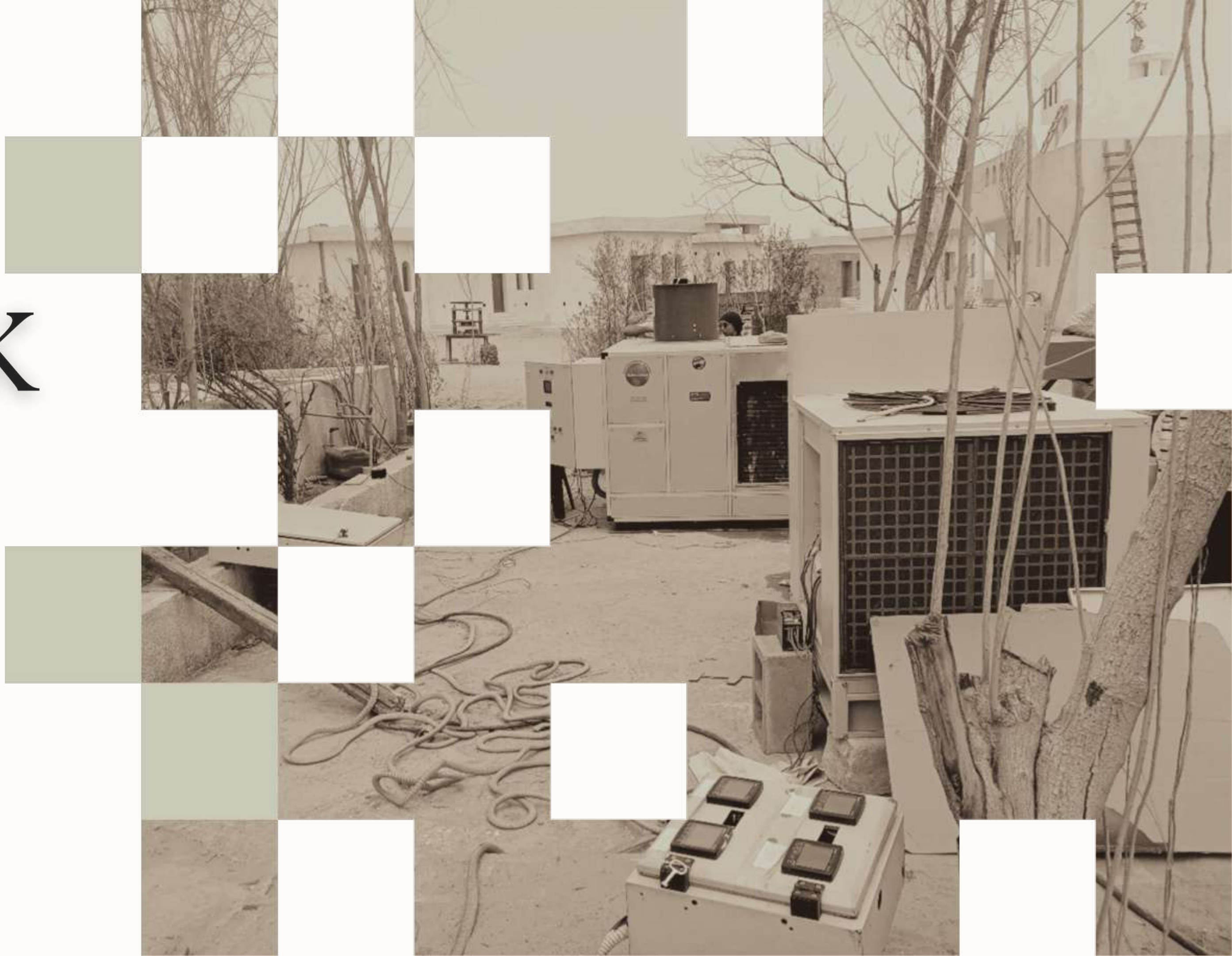
CONCLUSION

All OEMs show EERs of the IEC-H units that are superior to corresponding DX units.

IEC-H system is economically advantageous compared to a DX system

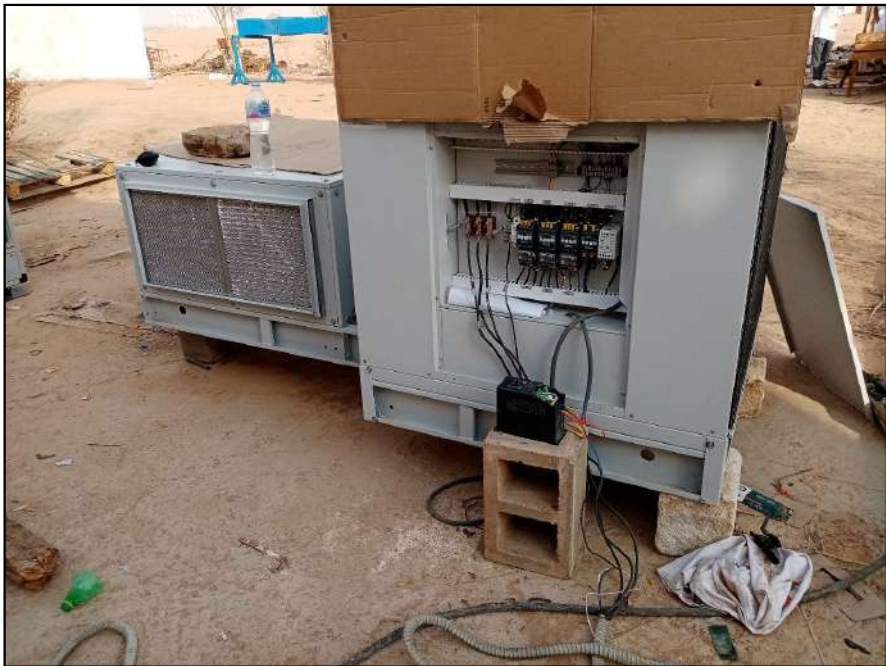
Superior total cooling capacity of the IEC-H units despite the smaller capacity compressors used. The capacities of the IEC-H units.

THANK
YOU



Annex 5: Testing Photos



































Technical Report for the Group Project for Transformation of Commercial Air Conditioning Companies (HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II)), UNIDO ID:140400

2024

Climatic Zone 8 Report

Project supported by

MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



UNITED NATIONS ENVIRONMENT



European Industry Association

By: Dr Alaa Olama

Disclaimer

This report may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and United Nations Environment (UNEP), provided acknowledgement of the source is made. UNIDO and UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior written permission from UNIDO and UNEP.

While the information contained herein is believed to be accurate, it is of necessity presented in a summary and general fashion. The decision to implement one of the options presented in this document requires careful consideration of a wide range of situation-specific parameters, many of which may not be addressed by this document. Responsibility for this decision and all its resulting impacts rests exclusively with the individual or entity choosing to implement the option. UNIDO, UNEP, their consultants and the reviewers and their employees do not make any warranty or representation, either expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness or utility of this document; nor do they assume any liability for events resulting from the use of, or reliance upon, any information, material or procedure described herein, including but not limited to any claims regarding health, safety, environmental effects, efficacy, performance, or cost made by the source of information.

Acknowledgement

We would like to acknowledge the assistance given by the governmental sectors and the National Ozone Unit Officers of Egypt and the National Housing & Building National Research Center (HBRC) for their support in the implementation of the project and their assistance in facilitating communication with different stakeholders.

We also acknowledge the International Technical Review Team “EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION Eurovent” that assist the project team in reviewing the process, results and report of the project.

Acknowledgement also goes particularly to HBRC for providing the testing yard, facilities (Electrical feeding, water supply ... etc.) and other logistic facilities at their installation in Toshka.

The project team also acknowledges the OEM manufacturers who built the IEC-H prototypes and DX systems to be tested at the location.

- Delta Construction & Manufacturing DCM
- TIBA Engineering Industries Co.
- VOLTA EGYPT
- SS Air

Acknowledgement also goes to the team’s technicians, technical assistance staff and drivers that assisted in the project successful completion in this remote location.

This Project is contracted between the UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION "UNIDO" and Housing & Building National Research Center "HBRC". WHEREAS, UNIDO has been designated by the MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL as

IMPLEMENTING AGENCY; and has agreed to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled "HCFC PHASE-OUT MANAGEMENT PLAN (HPMP) EGYPT (STAGE II)"

The National Ozone Unit – Ministry of Environment, Egypt: The ministry team provided guidance and direction and participated at project meetings and discussions. The project is funded by the HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) of Egypt.

The Project Management: UNIDO and UN Environment provided overall management and coordination of the project, established the link with the technology providers, and oversaw the development of the report of the project. The Project was managed by **Mr. Ole Nielsen, Dr. Iino Fukuya**, Program Officer- UNIDO, **Dr. Yunrui Zhou** also program officer-UNIDO and **Eng. Ayman El-Talouny**, International Partnership Coordinator, Ozone Action Program – UN Environment

EUROVENT (European Industry Association): Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, the service of an International Advisory Partner was needed to offer recommendations, testing reference and quality review of the testing process.

"Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent."

Ms. Viktorria Kotlubei and the Coordination Consultant **Eng. Ahmed El-Korashy** from UNIDO provided logistical support and coordination for the project.

The Project general Manager and Technical Consultant and writer of the report, Dr. Alaa Olama advised OEMs during prototype design and construction. Devised testing methodology and testing TOR, consulted with OEMs to provide technical solutions for problems as they arose wrote the report and provided analysis of data.

HBRC organized testing including testing results in both climatic zones, tabulated and created the excel sheets including figures, drawings and review and edit their report.

Table of Contents

List of Figures	6
List of Tables	7
Acronyms.....	8
Executive Summary.....	9
1. Testing and measurements for the prototypes for all OEMs in Climatic Zone.....	13
1.1. Selection of Climatic Zones 8	
1.2. How the tests were performed	
1.3. The testing methodology	
2. Tabulation formats for compiling and presenting the results of the project (CZ 8).....	17
3. Analysis of testing and measurements for the prototypes and DX units.....	18
3.1 OEM3, Climatic Zone 8	
3.2 OEM2, Climatic zone 8	
3.3 OEM6, Climatic Zone 8	
3.4 OEM7, Climatic Zone 8	
4. The Final Results Analysis with Conclusion and Recommendation for Future Work.....	34
4.1. The Final results analysis	
4.1.1. EER high and low, CZ2	
4.1.2. Capacity high and low, CZ2	
4.2. Conclusions	
4.3. Recommendation for Future Work	
5. Reporting on the Advocacy and Outreach Campaign.....	38

List of Figures

Figure 0: The eight Climatic Zones of Egypt.....	13
Figure 00: Schematic diagram of the Test Arrangement with instrumentation.....	16
Figure 1: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid and DX units for OEM3 at CZ8.....	19
Figure 2: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM3 at CZ8	19
Figure 3: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM3 at CZ8	20
Figure 4: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM3 at CZ8.....	20
Figure 5: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM2 at CZ8.....	23
Figure 6: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM2 at CZ8	23
Figure 7: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM2 at CZ8	24
Figure 8: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM2 at CZ8.....	24
Figure 9: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM6 at CZ8.....	27
Figure 10: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM6 at CZ8	27
Figure 11: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM6 at CZ8	28
Figure 12: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM6 at CZ8.....	28
Figure 13: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM7 at CZ8.....	31
Figure 14: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM7 at CZ8	31
Figure 15: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM7 at CZ8	32
Figure 16: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM7 at CZ8.....	32
Figure 17: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM7 at CZ8	34
Figure 18: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM6 at CZ5	35

List of Tables

Table 1 The Climatic Zones of Egypt	13
Table 2 Basic Information for OEM3 at Climatic Zone 8	18
Table 3 High and Low readings for OEM3 at Climatic Zone 8.....	21
Table 4 Basic Information for OEM2 at Climatic Zone 8	22
Table 5 High and Low readings for OEM2 at Climatic Zone 8.....	25
Table 6 Basic Information for OEM6 at Climatic Zone 8	26
Table 7 High and Low readings for OEM6 at Climatic Zone 8.....	29
Table 8 Basic Information for OEM7 at Climatic Zone 8	30
Table 9 High and Low readings for OEM7 at Climatic Zone 8.....	33
Table 10 High and Low EERs and Refrigeration Capacity all OEMs at CZ 8.....	35
Table 11 Number of compressors, all OEMs at CZ 8.....	36

Acronyms

HPMP	HCFC Phase-out Management Plan
IEC-H	Indirect Evaporative Cooling - Hybrid
DX	Direct Expansion
CZ	Climatic Zone
GWP	Global Warming Potential
NPV	Net Present Value
EFLH	Equivalent Full Load Hours Per Year
EER	Energy Efficiency Ratio
COP	Coefficient of Performance
IRR	The internal rate of return
EGP	Egyptian Pound
$T_{db\ amb}$	Ambient dry bulb temperature for both Units
$T_{wb\ amb}$	Ambient wet bulb temperature for both Units
RH_{amb}	Ambient Relative Humidity for both Units
$T_{db\ out\ IEC-H}$	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit
$T_{wb\ out\ IEC-H}$	Outlet wet bulb temperature for IEC Hybrid Unit
$RH_{out\ IEC-H}$	Outlet Relative Humidity for IEC Hybrid Unit
$W_{Lvl\ IEC-H}$	Water level change for IEC Hybrid Unit per hour
$W_{Vol\ IEC-H}$	Evaporated Water Consumed for IEC Hybrid Unit per hour (Volumetric Flow Rate)
Comp. IEC-H	Compressor power consumption for IEC Hybrid Unit
Pump IEC-H	Pump consumption for IEC Hybrid Unit
Evap. Fan IEC-H	Evaporative Fan consumption for IEC Hybrid Unit
Sup. Fan IEC-H	Supply Fan consumption for IEC Hybrid Unit
$PW_{Tot\ IEC-H}$	Total Power consumption for IEC Hybrid Unit
$T_{db\ out\ DX}$	Outlet dry bulb temperature for DX Unit
$T_{wb\ out\ DX}$	Outlet wet bulb temperature for DX Unit
$RH_{out\ DX}$	Outlet relative humidity for DX Unit
$PW_{Tot\ DX}$	Total Power consumption for DX Unit
h_{amb}	Enthalpy of Ambient inlet Air
$h_{out\ DX}$	Enthalpy of outlet Air for DX Unit
$h_{out\ IEC-H}$	Enthalpy of outlet Air for IEC Hybrid Unit
ρ_{amb}	Density of Ambient Air

Executive Summary:

This Project is contracted to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled “HCFC PHASE-OUT MANAGEMENT PLAN (HPMP) EGYPT (STAGE II)”

The project required each OEMs to individually manufacture a custom-built Indirect Evaporative Cooling Hybrid Air Conditioner (IEC-H) prototypes and a central DX unit to test and compare their performances under actual operating conditions in three of the eight climatic zones (CZ) of Egypt.

The final report of 2022 showed the results of the tests in CZ 2 and 5. This report shows the results of the test in CZ 8, the hottest of all climatic zones in Egypt.

The four figures below show the results of OEM 3 only in the CZ 8. The figures below show the comparisons of the performance between the IEC-H unit and the DX unit over a 24 hours period. The tests results compared the values of the dry bulb temperatures out of the IEC-H and the DX unit, the wet bulb temperatures, the EERs and the unit’s refrigeration capacity. The tests were conducted for each OEM’s IEC-H and DX units simultaneously for a 24 hours period.

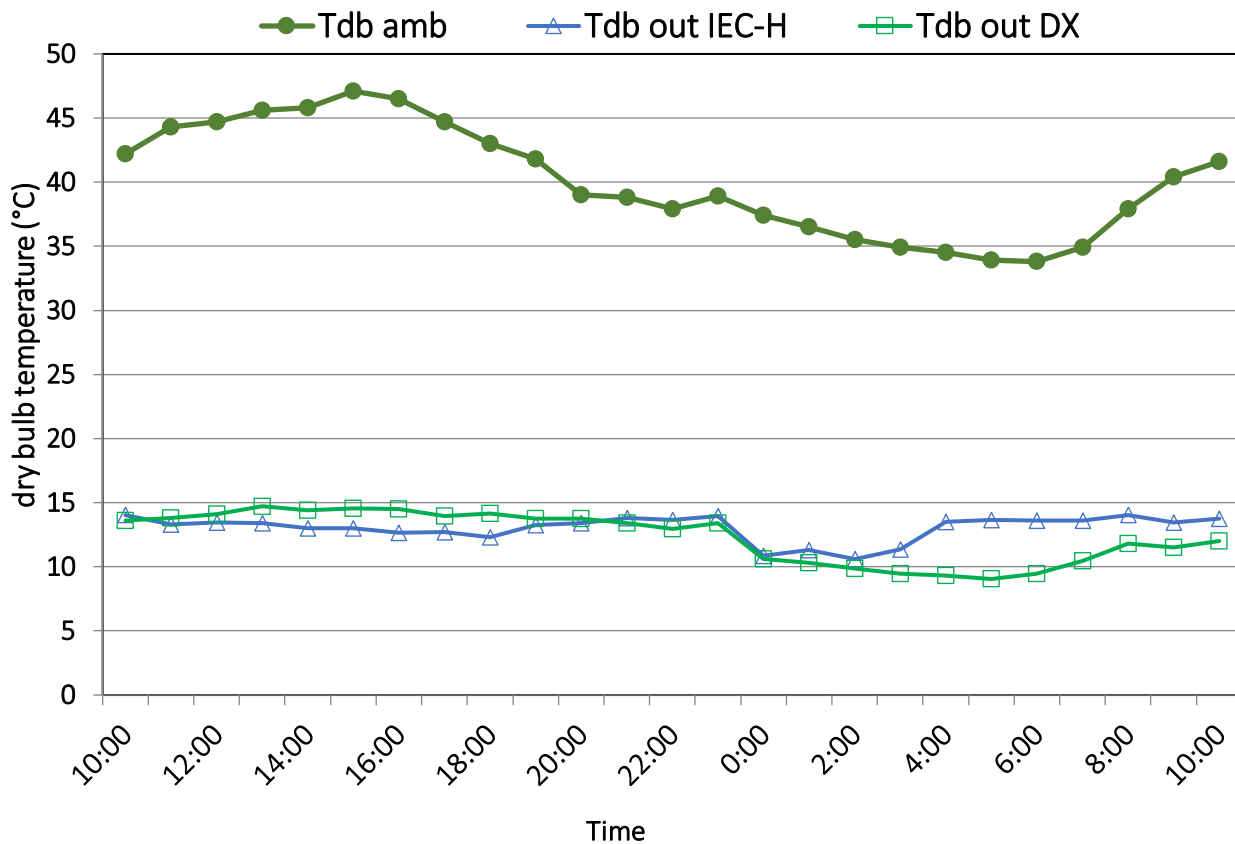
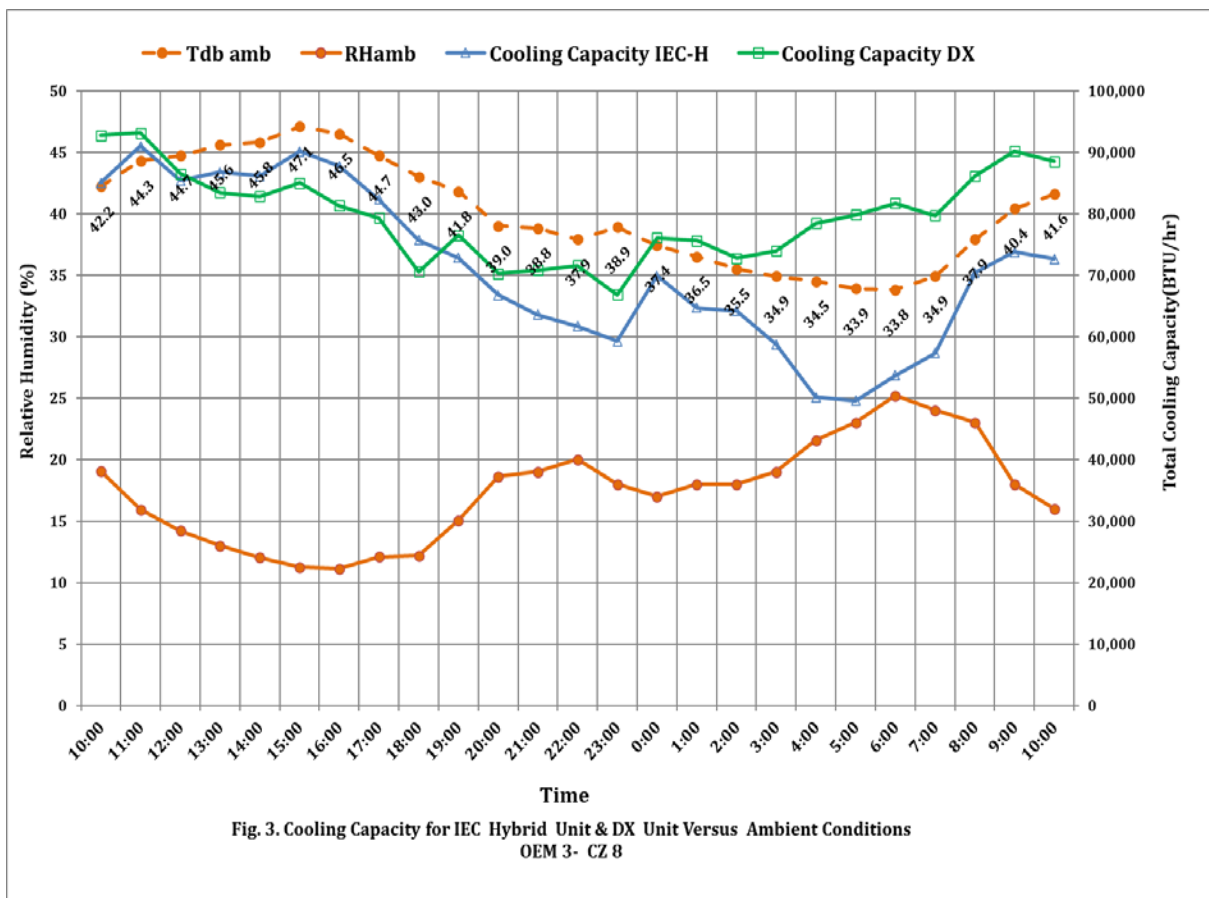
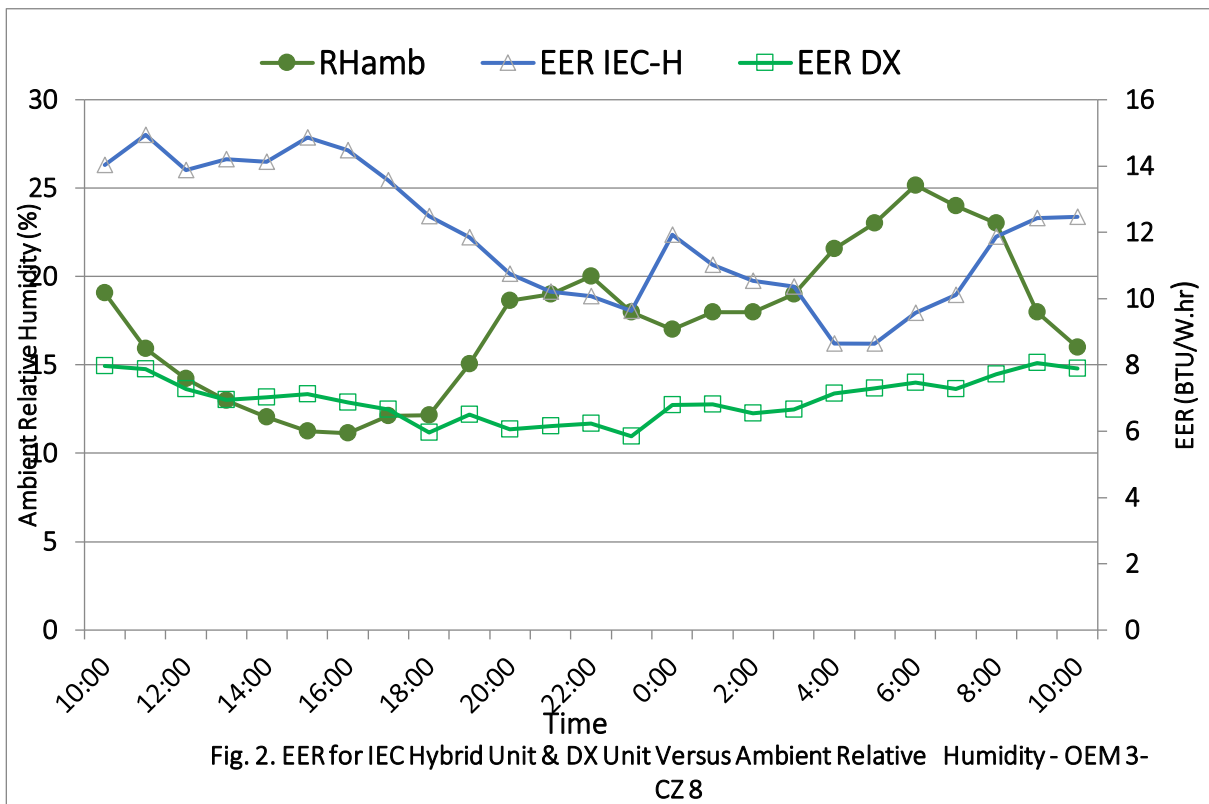
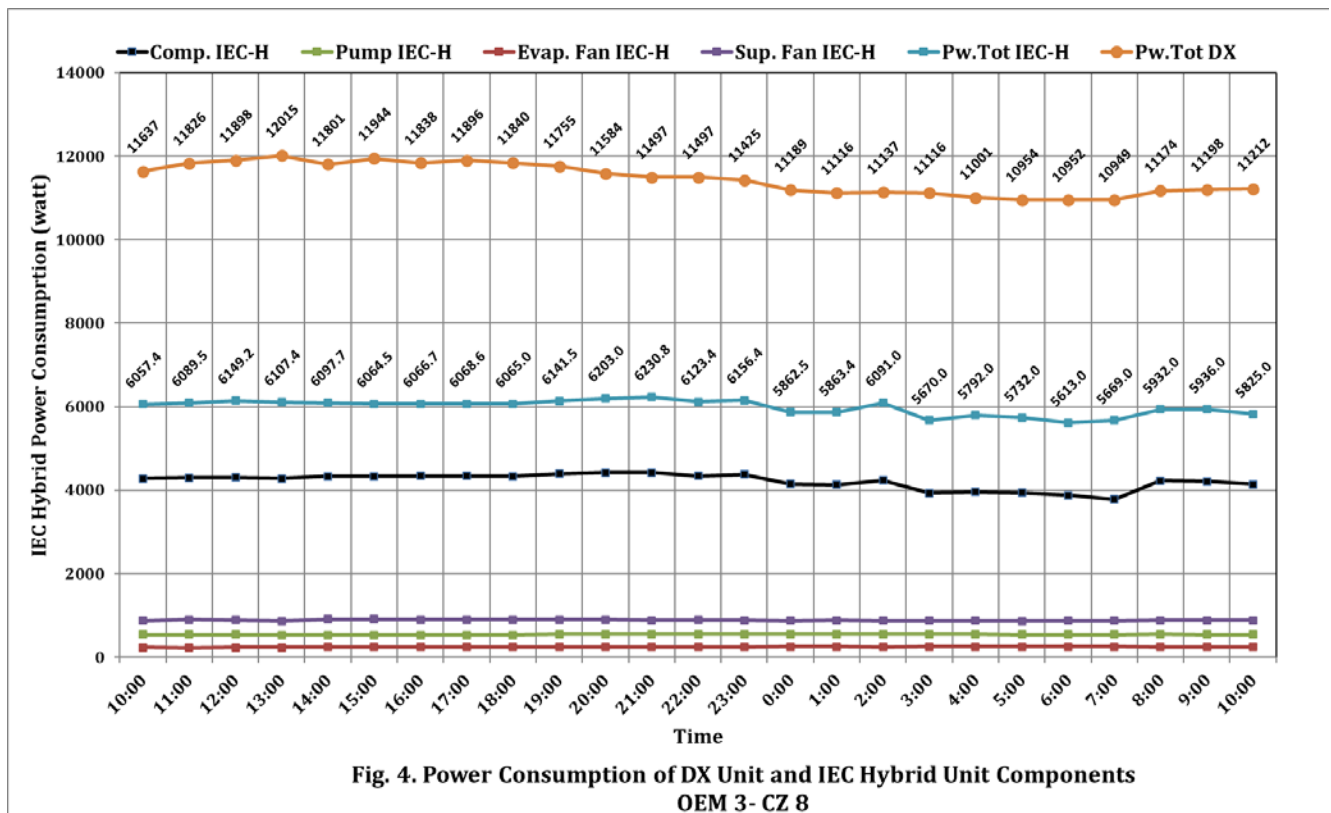


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM 3- CZ 8





All OEMs results showed better EER for their IEC-H units compared to their respective DX unit in the CZ 8 where the tests were conducted. The highest and lowest EERs of all OEMs are shown below.

In that sense, this report for CZ 8 showed that an IEC-H system is superior thermodynamically to a DX system because it achieves higher EERs.

Fig 17: High and Low EER (in BTU/W.hr) for Climatic Zone 8

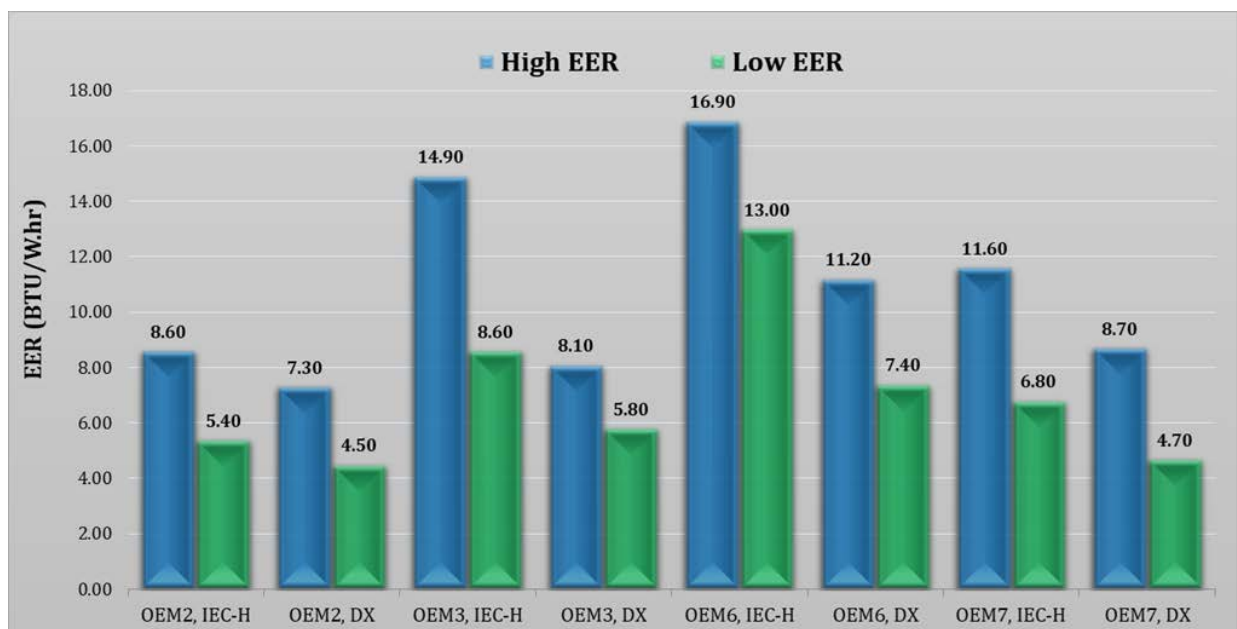
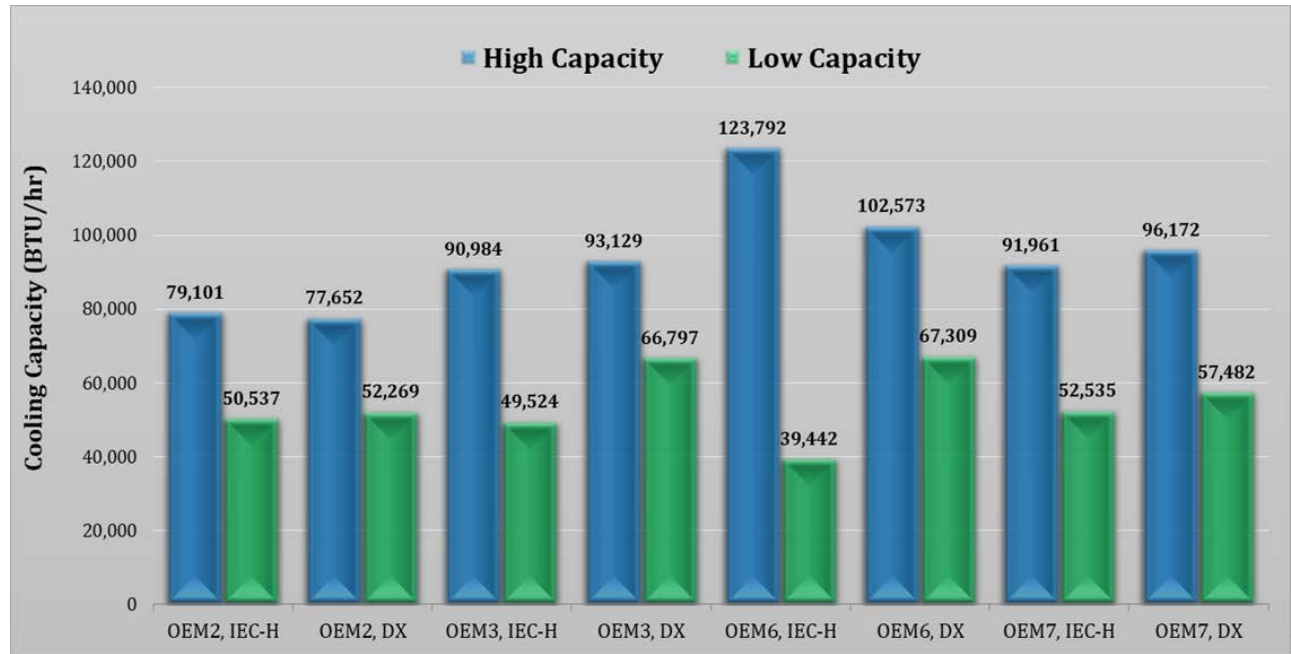


Fig 18: High and Low Capacity (in W) for Climatic Zone 8



The primary air discharge of both the IEC-H prototype and DX units for each OEM were the same and all fresh air. All compressors' capacities of all OEMs were also the same for IEC-H prototypes and DX units, except OEM 2 which used two compressors for its IEC-H prototype instead of one for all other OEMs.

The tests showed that the capacity of the IEC-H prototypes when compared to the refrigeration capacity of their respective DX unit also varied considerably, depending on the prototype design and the ambient relative humidity.

When the ambient relative humidity increased, the DX units tended to provide a better refrigeration capacity than corresponding IEC-H prototype, except OEM 2 which showed superior refrigeration capacity compared to the DX unit regardless of the relative humidity conditions.

Nevertheless, overall IEC-H refrigeration capacities at lower humidity periods, where higher than those of corresponding DX units.

The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

Although, both final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) are sufficient to write guidelines for a code for direct/indirect evaporative cooling for Egypt, the report recommends further work to provide a mathematical formula and site testing to predict the EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes for the remaining five climatic zones of Egypt, and substantiate the formula readings in other Climatic Zones of Egypt through site tests.

Chapter 1

1. Testing and Measurements of the Prototypes and DX units of all OEMs in Location CZ 8

1.1. Selection of CZ 8

Table 1: The Climatic Zones of Egypt

1	North Coast Region	5	Eastern Coast Region
2	Delta and Cairo region	6	High Heights Region
3	North Upper Egypt Region	7	Desert Region
4	Southern Upper Egypt Region	8	South of Egypt Region

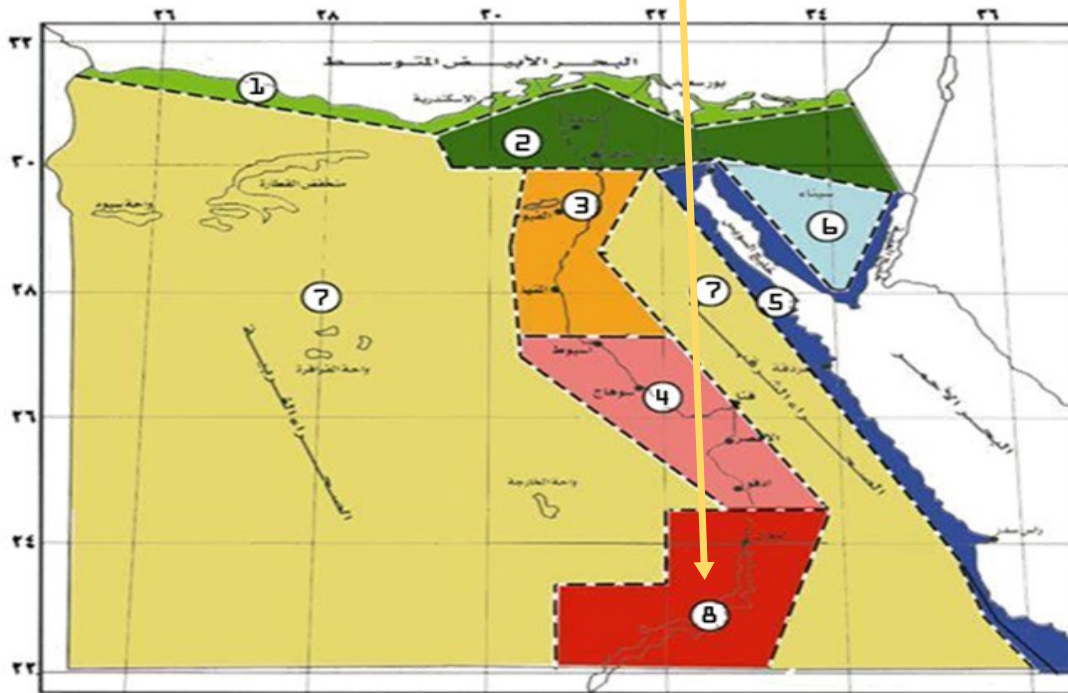


Fig 0: The eight Climatic Zones of Egypt

Ambient temperatures in Egypt's are at their highest during June, July and August. This is why these months were targeted for the tests.

The tests were performed in CZ 8 to show the effect of dry bulb temperature increase versus relative humidity decrease on the efficiency and capacity of the prototypes at the hottest climatic zone in Egypt to complement tests made at CZ2 and CZ 5 in 2022. The results in these tests in CZ 8 would complement those done in CZ 2 and 5. With the tests in CZ 8 the viability of an IEC-H system in lower humidity/higher ambient climates when compared to a DX system.

Figure 0 shows the different climatic zones of Egypt. CZ 2 encompasses the capital Cairo and its suburban cities across its latitude in the span west in the lower delta south of Alexandria's longitude and east across the Sinai Peninsula. CZ 2 would be generally characterized by its

relatively higher humidity because it is in the lower delta with its extensive population clusters and its large agriculture fields. Tests in CZ 2 were performed at Badr city.

CZ 5 is the eco-climatic zone around the shores of the red sea from Suez in the north to Halayeb and Shalatein in the south and across south Sinai on the banks of the gulfs of Suez and Aqaba. Its dry bulb temperatures are moderate compared to further south in Egypt.

CZ 5 is characterized by its higher dry bulb temperatures compared to CZ 2 and its lower humidity. Tests were performed in Hurghada city in CZ 5.

Comparison between the results in these two climatic zones would indicate the feasibility of the IEC-H system compared to a DX system as the dry bulb increases and the humidity decreases.

CZ 8, is the hottest in Egypt with relatively lower humidity ratios compared to other climatic zones.

This is why testing in CZ 8 would complement the tests in CZ 2 & 5 done in 2022.

1.2. How the Tests were Performed?

Each OEM tested two of his units in the same 24 hours, one IEC-H prototype next to one DX unit.

Both units tested were full fresh air and had the same air flow rate.

All OEMs used R-32 for both their IEC-H prototype and their corresponding DX unit.

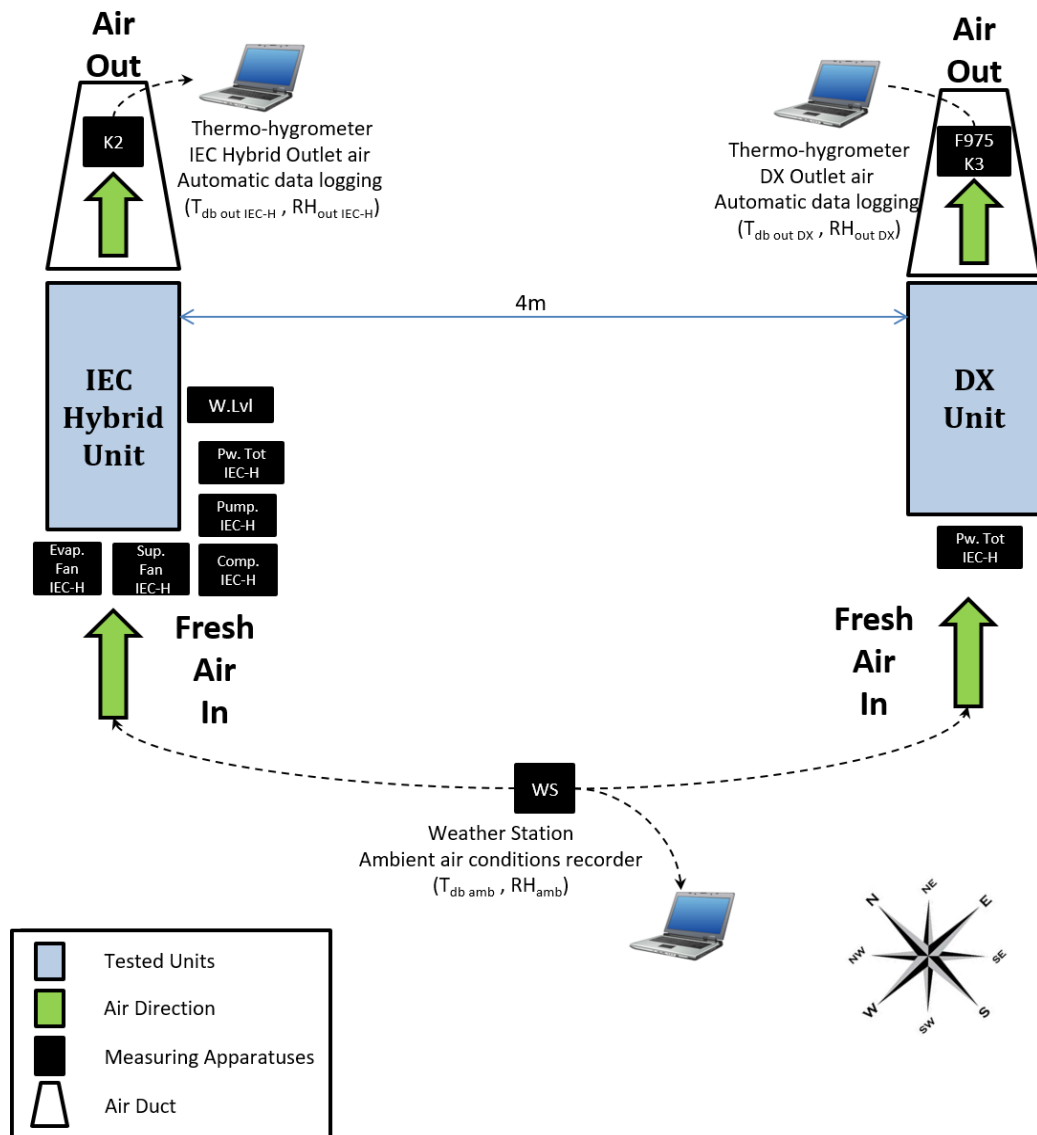
1.3. The Testing Methodology

This is a brief description of the testing methodology. The complete testing methodology is shown in **annex 3** of the final report of 2022. the testing methodology follows EUROVENT recommendations*

- There were no intentions to compare the performance of OEMs units, one against the other. This is why OEMs are labelled by a confidential number and not by their original name.
- The purpose of the tests is to find out if there are energy efficiency advantages obtained by adopting a hybrid IEC system, IEC-H, when compared to a DX or chilled water system for climatic CZ 8.
- Both IEC-H prototype and DX unit are tested simultaneously. Both units are full fresh air with rate of air discharge of one unit regulated so that it matches the other.
- To maintain 15 °C primary air outlet dry bulb temperature.
- For each OEM, testing was performed over a 24hr period for both units simultaneously.
- The tests performed for all OEMs, one after the other.
- The tests were considered completed once a 24 hours' cycle is recorded for both IEC hybrid and DX units. If any of the units stopped working during the test or suffered a performance anomaly such as freezing of the cooling coil the test result at this specific point were discarded.
- The tests meteorological readings were recorded.
- The tests were performed to obtain the total refrigeration capacities (Watts) and the energy efficiency η (BTU/W.hr) of both IEC-H and the DX unit for each OEM simultaneously and compare the results over a 24 hours' period; see the Egyptian standard EOS 3795:2013.
- In this report, the test values are plotted and analyzed to help obtaining a definite understanding of the advantages of the system at various climatic zones.
- An economic comparison is made by an economic expert to compare the Net Present Value (NPV) of the IEC-H to a DX unit over its lifetime to check its economic feasibility for CZ 2 and 5 only.
- Figure 00 shows the Schematic Diagram of the Test Arrangement with Instrumentation.

* "Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent."

Fig 00: Schematic Diagram of the Test Arrangement with Instrumentation



Chapter 2

Tabulation Formats for Compiling and Presenting the Results of the Project (CZ 8)

The results obtained were tabulated in excel sheets tabs as follows:

- Basic information
- Graphs of capacities and EERs for IEC-H
- Graphs of capacities and EERs for DX

The tabs of the calculations of capacities and EERs for IEC-H units were used to plot the essential graphs.

The graphs show the following:

- The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units across a whole day
- The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH across a whole day.
- The cooling capacities of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH across a whole day
- The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components. This was repeated for each OEM in CZ 8.

These graphs were used in calculating the highs and lows of each parameter that follows each OEM.

The final analysis, conclusions and recommendations for future work, in chapter 4 and 5 are derived from the results obtained and drawn from the graphs of chapter 3.

All tabulated excel sheets are made by HBRC and included HBRC final report.

HBRC were instrumental in setting-up the test site and testing rigs. They also collected the readings of the tests, tabulated the results and helped tremendously on the drawing process to obtain the best indicative graphs.

Chapter 3

Analysis of Testing Results and Measurements for the Prototypes and DX Units.

The testing results and measurements for the prototypes and DX units provide us with figures that show us if an IEC-H system is technically advantageous compared to a DX system. The testing results and measurements for all OEMs are listed in details in Annex.

3.1 OEM 3, Climatic Zone 8

Table 2: Basic Information for OEM3 at Climatic Zone 8

Basic Information

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Two compressors
	IEC hybrid	1	One compressor
Water Bath Area	1728.5*623		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	28-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 3 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 1: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 2: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 3: The refrigeration capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 4: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components.

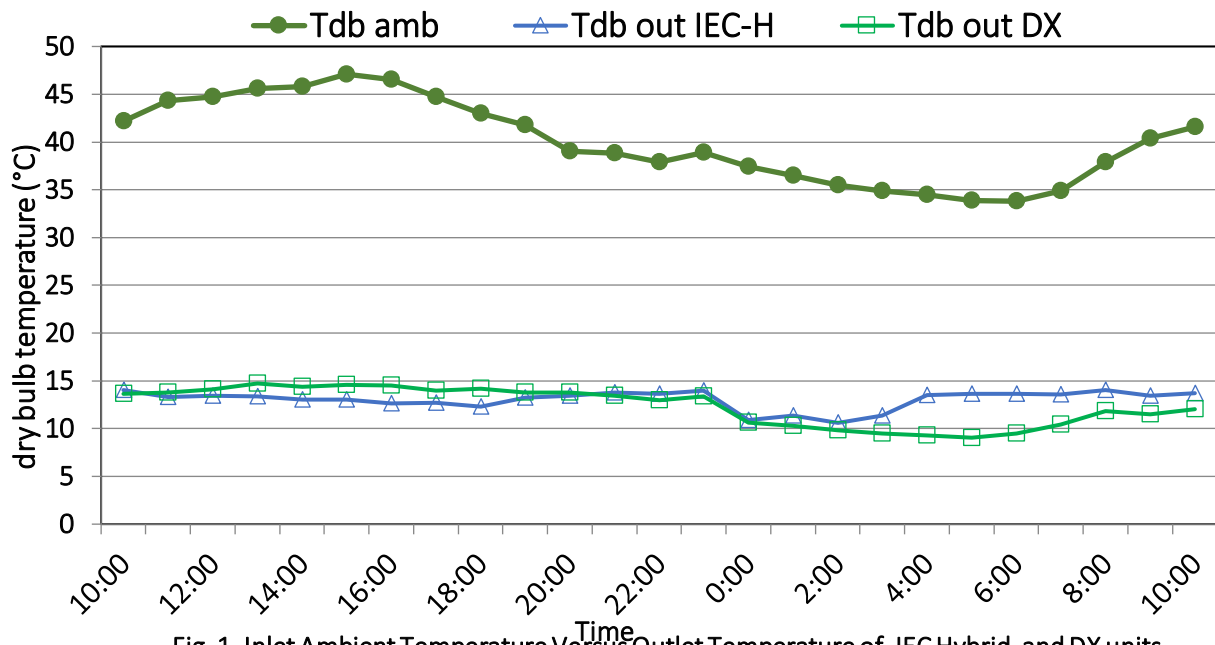


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM3- CZ8

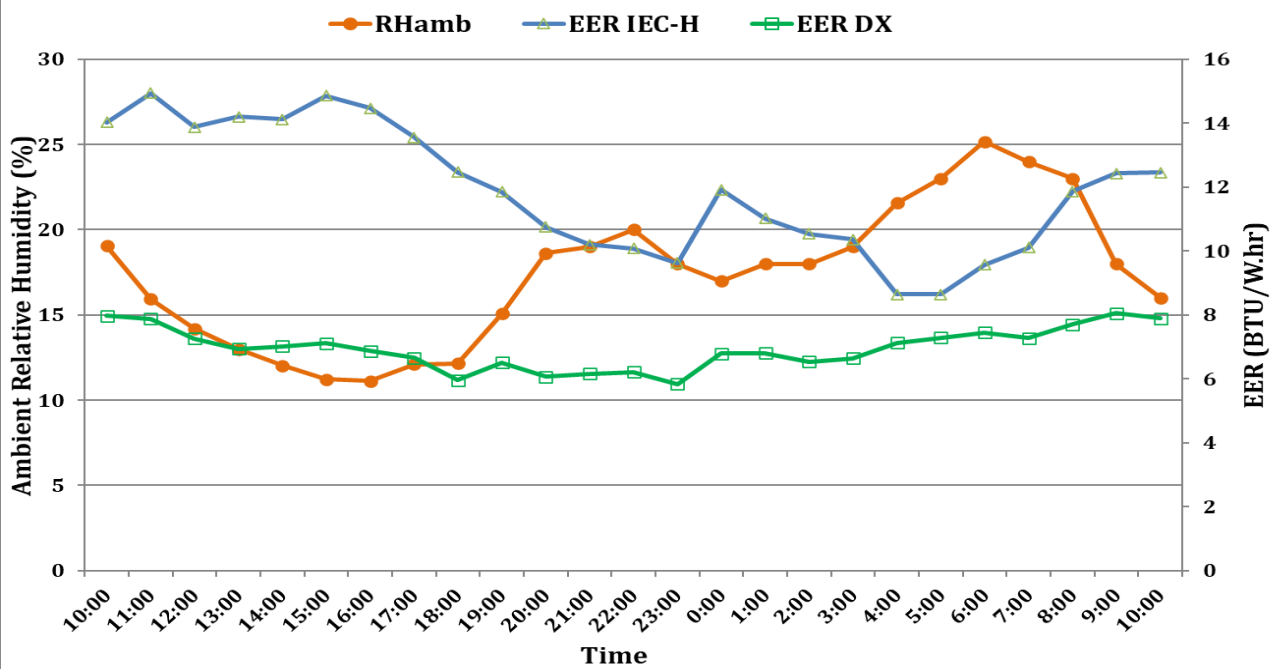


Fig. 2. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity OEM 3- CZ 8

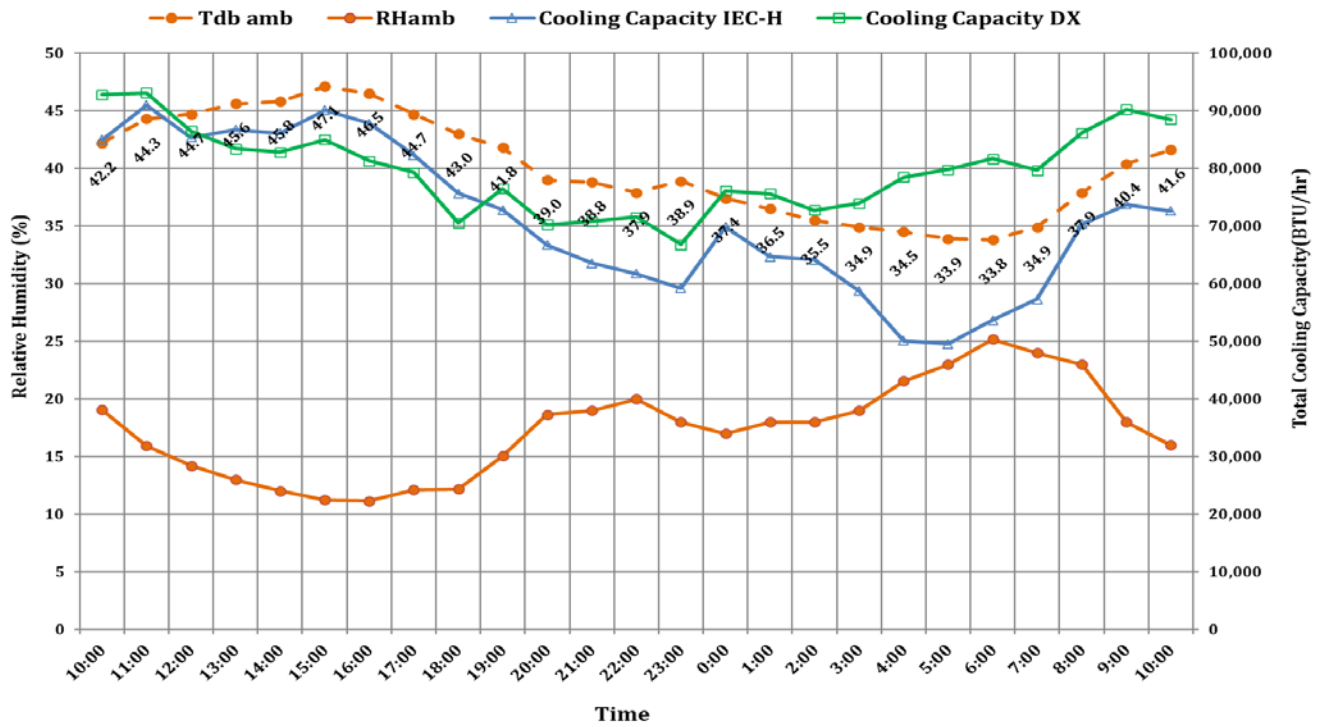


Fig. 3. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 3- CZ 8

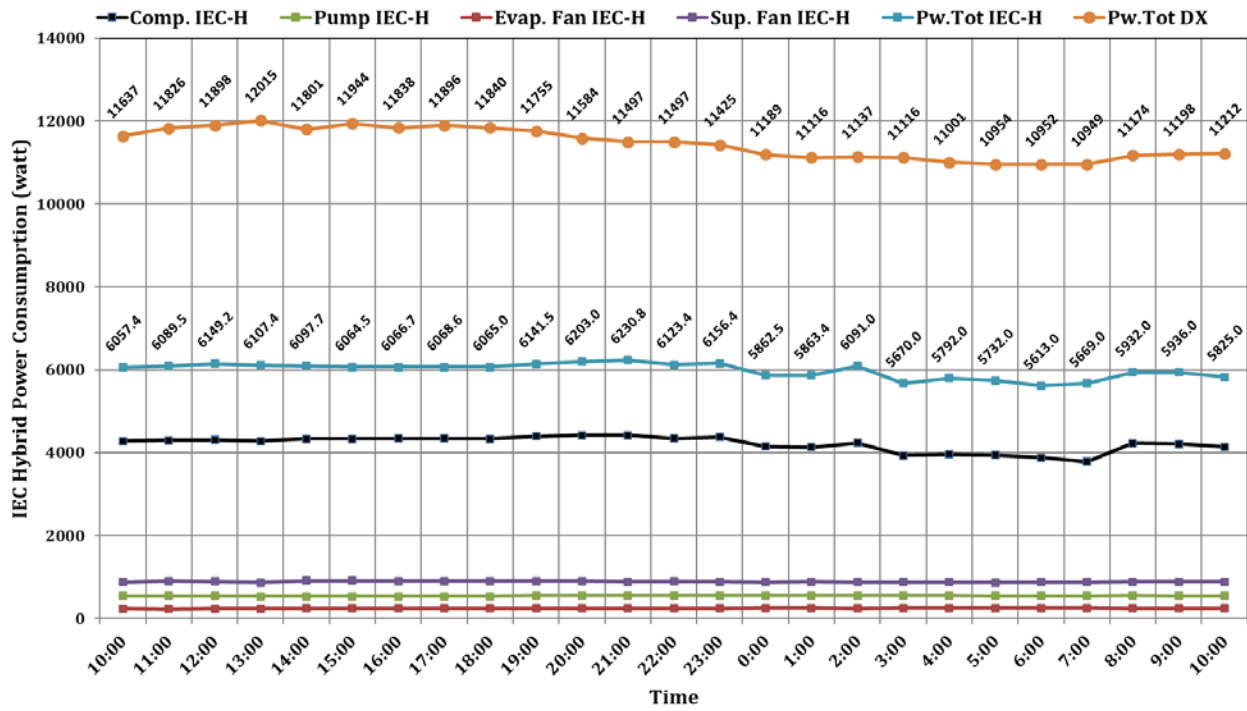


Fig. 4. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 3- CZ 8

Analysis of the results of OEM 3 at CZ 8:

Table 3: High and Low readings for OEM3 at Climatic Zone 8

OEM 3, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C, Relative humidity				
H and l	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	14.0	14.7	24.0	47.1
Low	10.6	9.1	11.1	33.8

3.2 OEM 2, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 4: Basic Information for OEM2 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	2		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	compressors
	IEC hybrid	2	compressors
Water Bath Area	1000*900		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	26-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 2 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 5: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 6: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 7: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 8: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components.

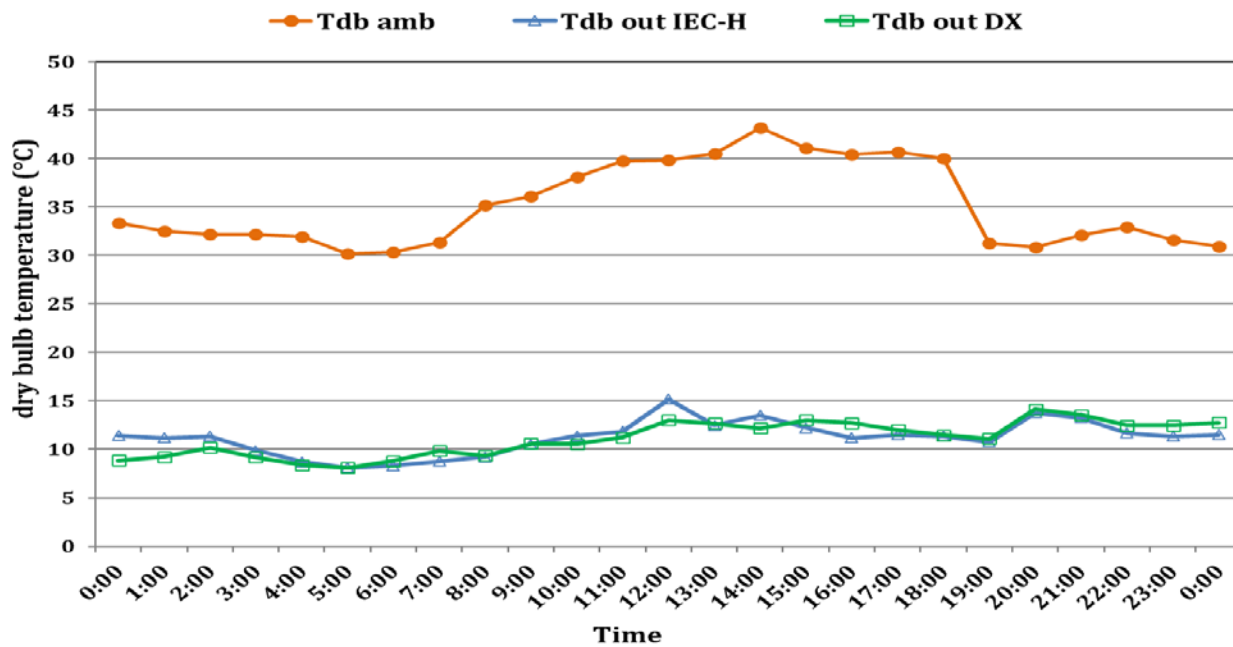


Fig. 5. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units OEM 2

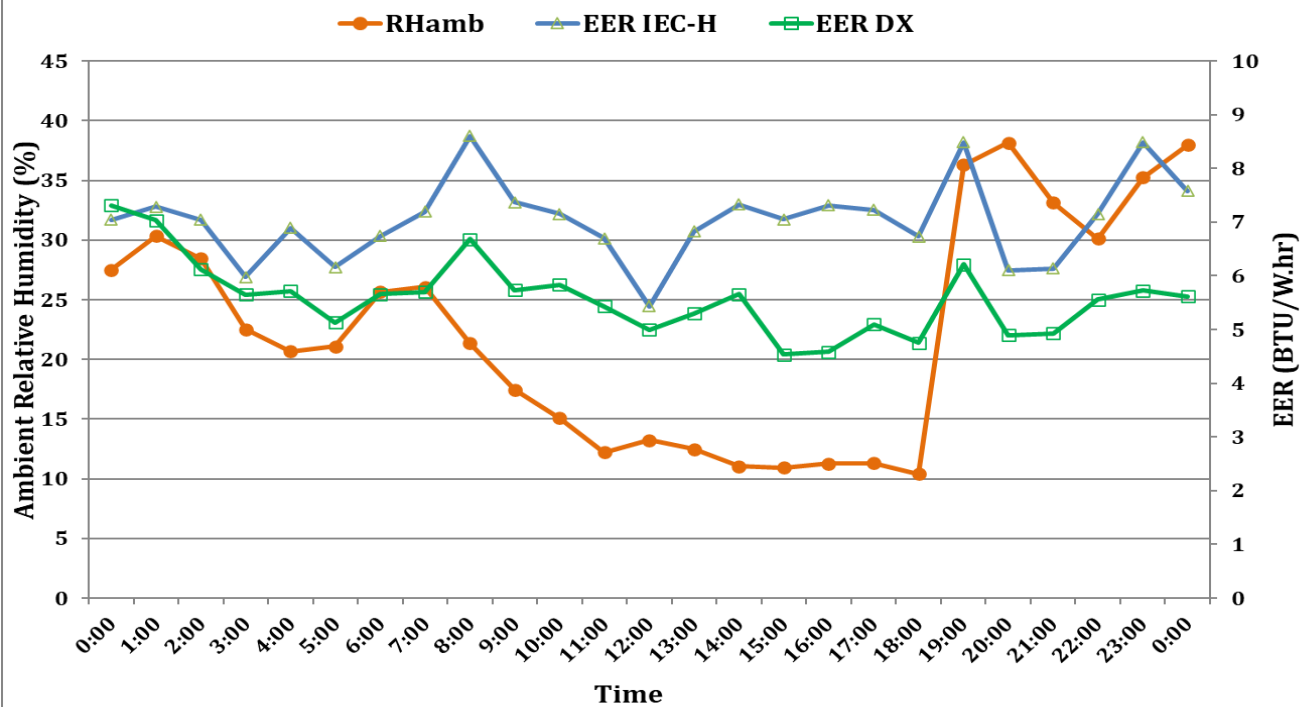


Fig. 6. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity- OEM2

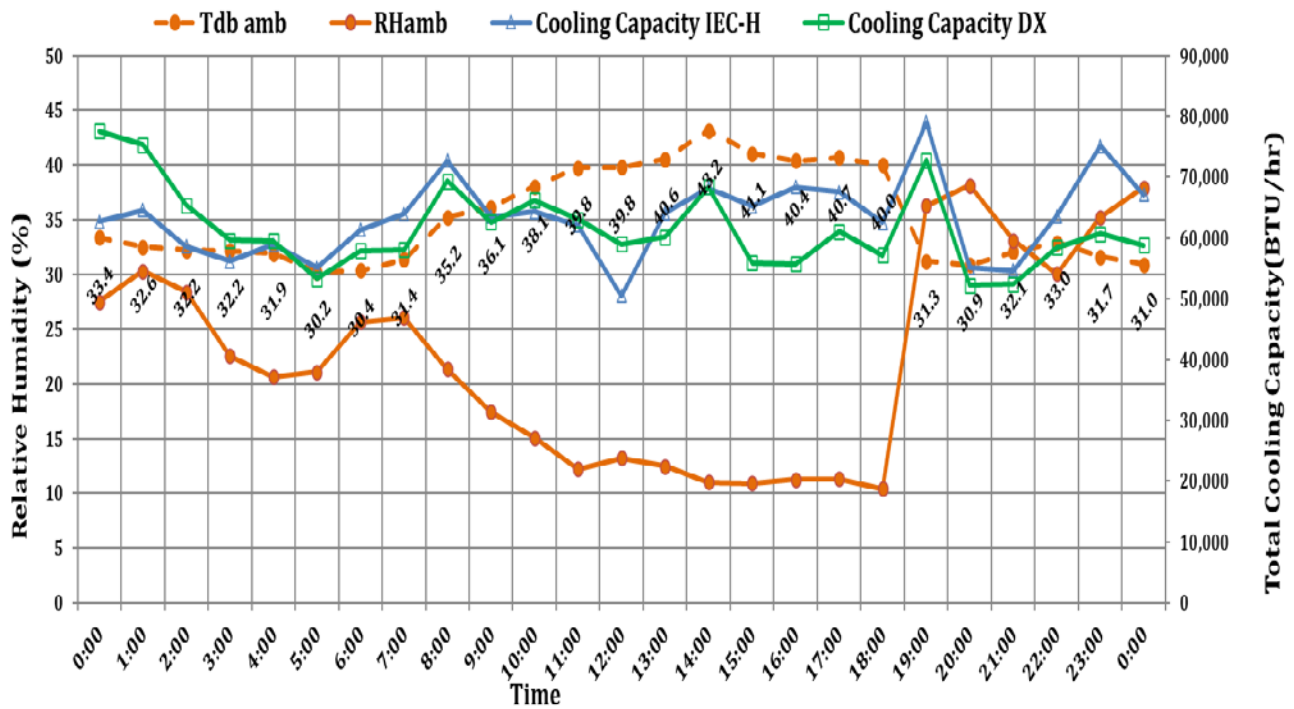


Fig. 7. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 2

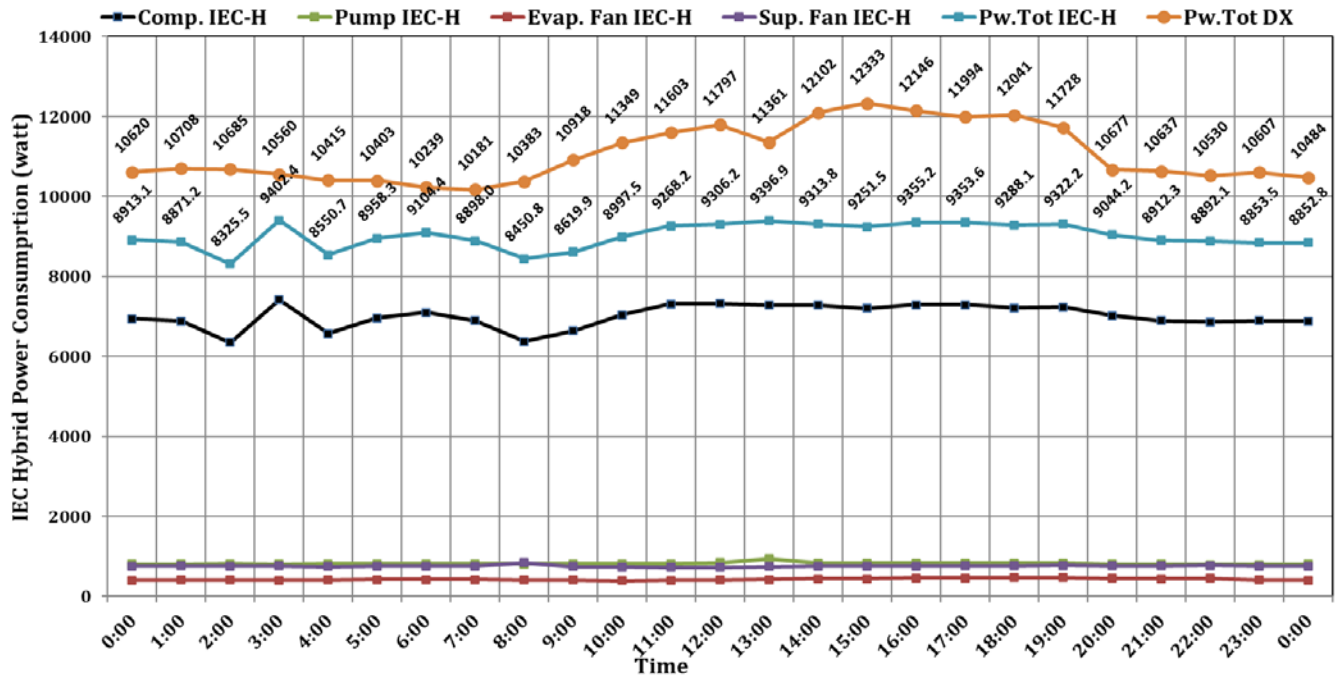


Fig. 8. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 2

Table 5: High and Low readings for OEM2 at Climatic Zone 8

OEM 2, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	15.2	14.1	38.2	43.2
Low	8.3	8.1	10.4	30.2

3.3 OEM 6, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 6: Basic Information for OEM 6 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	6		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1800 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	compressor
	IEC hybrid	1	compressors
Water Bath Area	(1308.3 ² -900.3 ²)		mm ²
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	31-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 6 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 9: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 10: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 11: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 12: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components

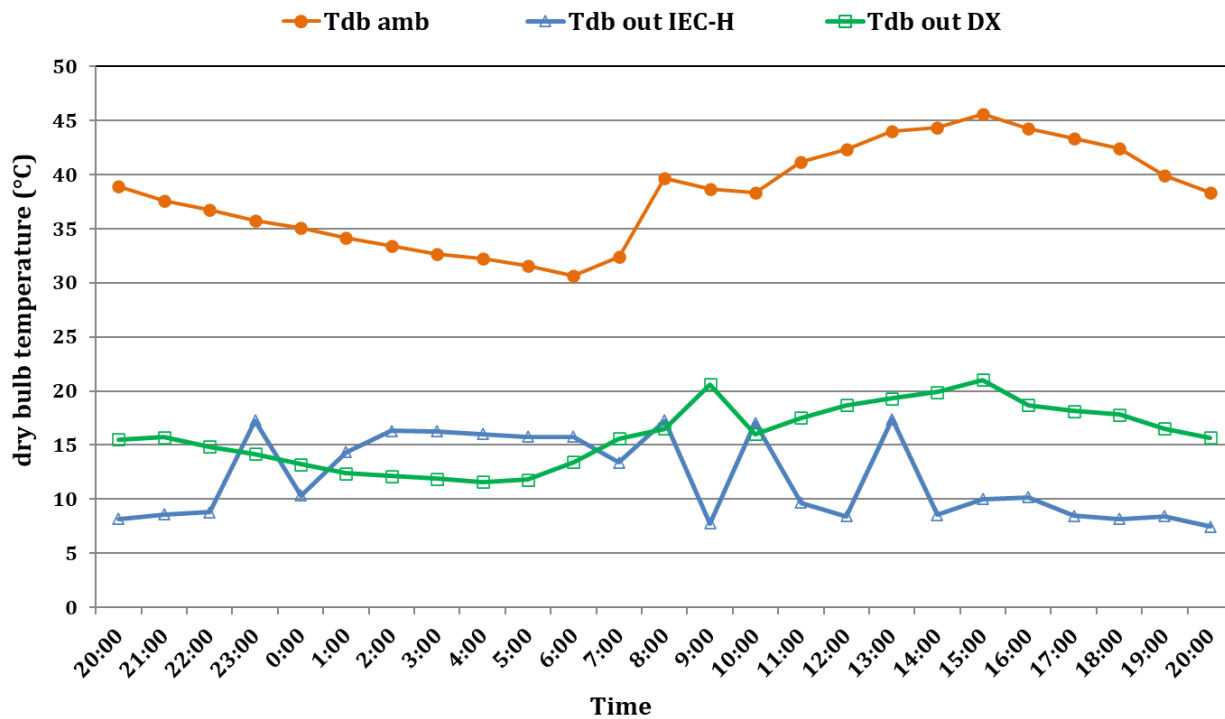


Fig. 9. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units- OEM 6 CZ 8

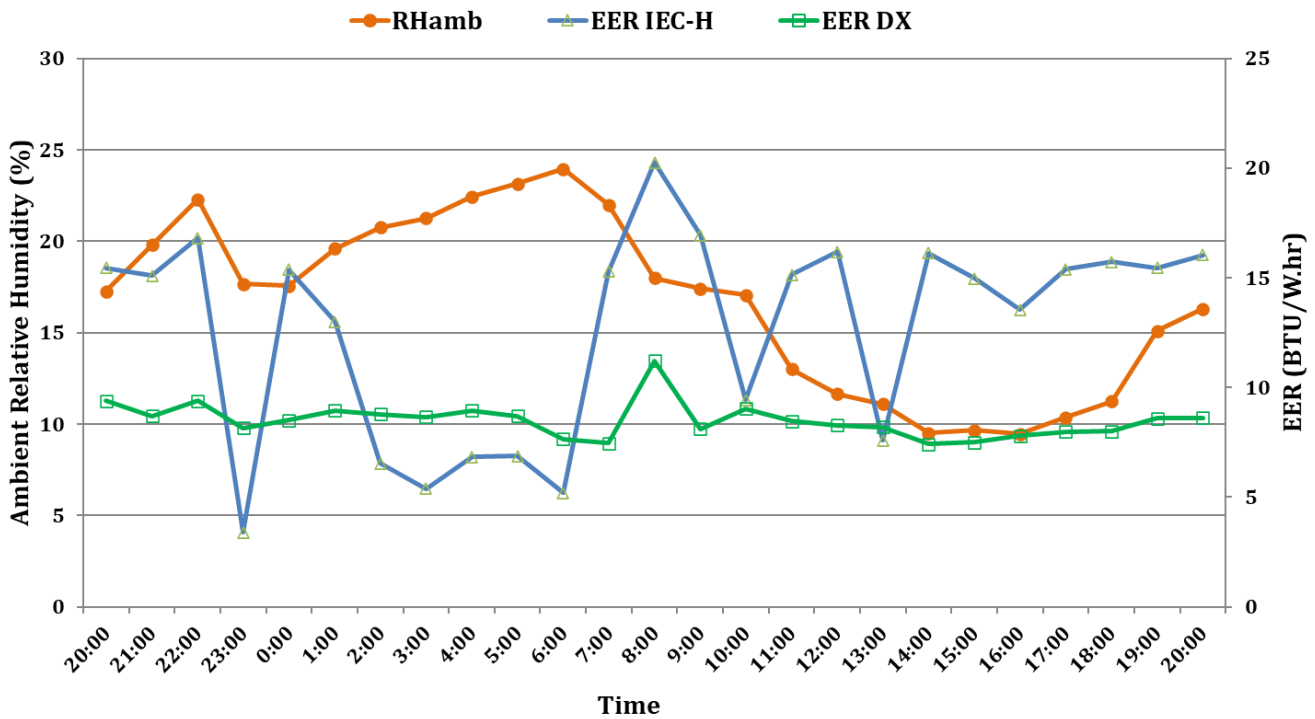


Fig. 10. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity OEM 6 CZ 8

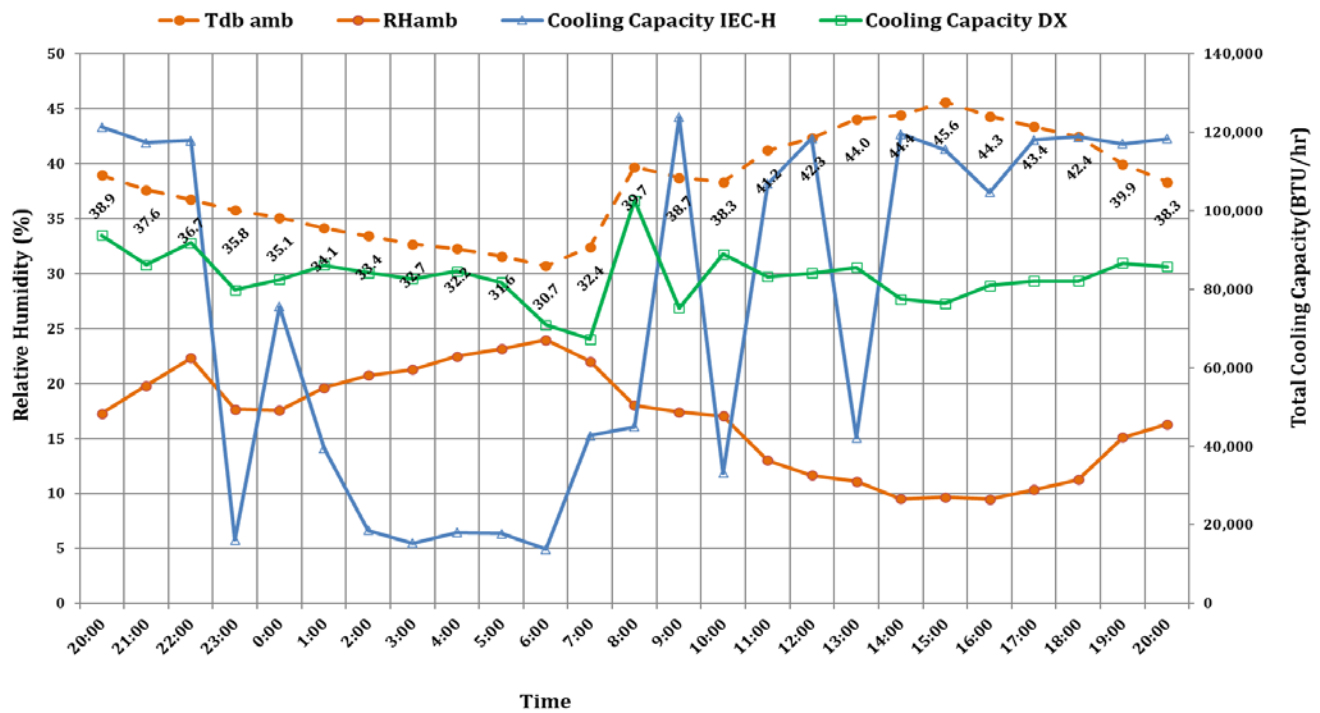


Fig. 11. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 6 CZ 8

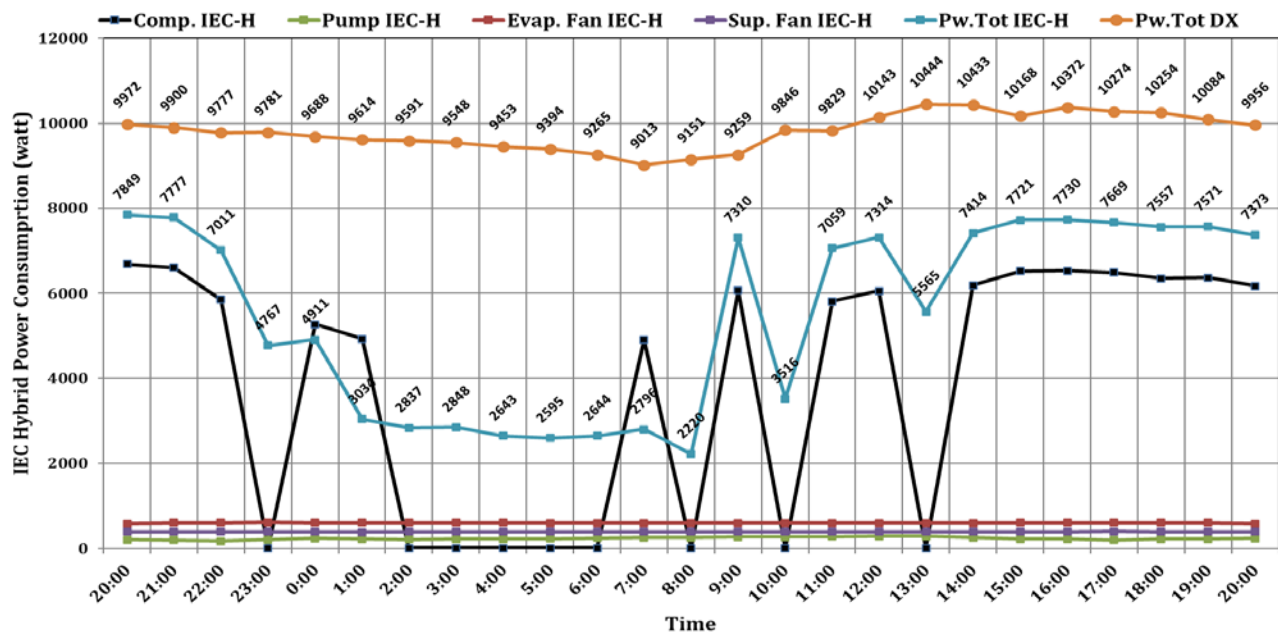


Fig. 12. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 6 CZ 8

Table 7: High and Low readings for OEM 6 at Climatic Zone 8

OEM 6, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	17.4	17.8	24.0	45.6
Low	7.5	11.6	9.5	30.7

3.4 OEM 7, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 8: Basic Information for OEM 7 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	1	compressor
	IEC hybrid	2	compressors
Water Bath Area	560X1020		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	30-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 7 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 13: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-Hand the DX units.
- Figure 14: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 15: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 16: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components

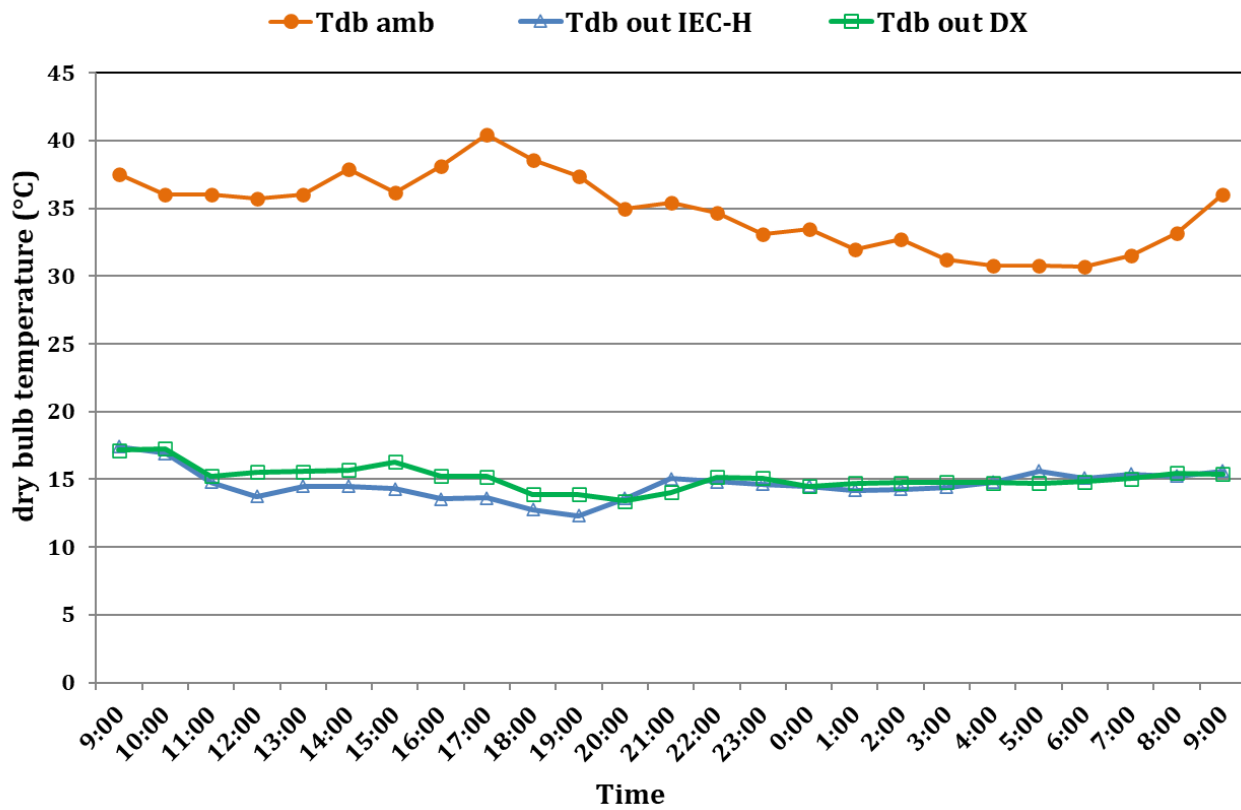


Fig. 13. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM 7 CZ 8

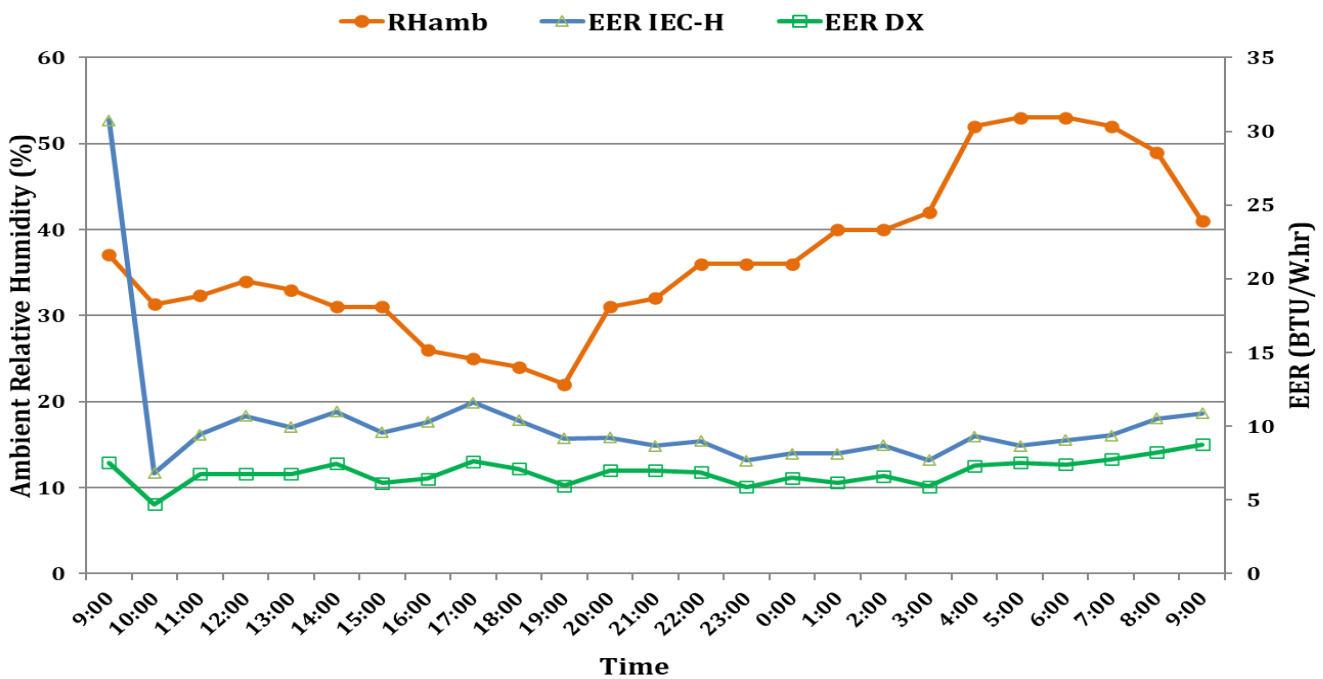


Fig. 14. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity, OEM 7 CZ 8

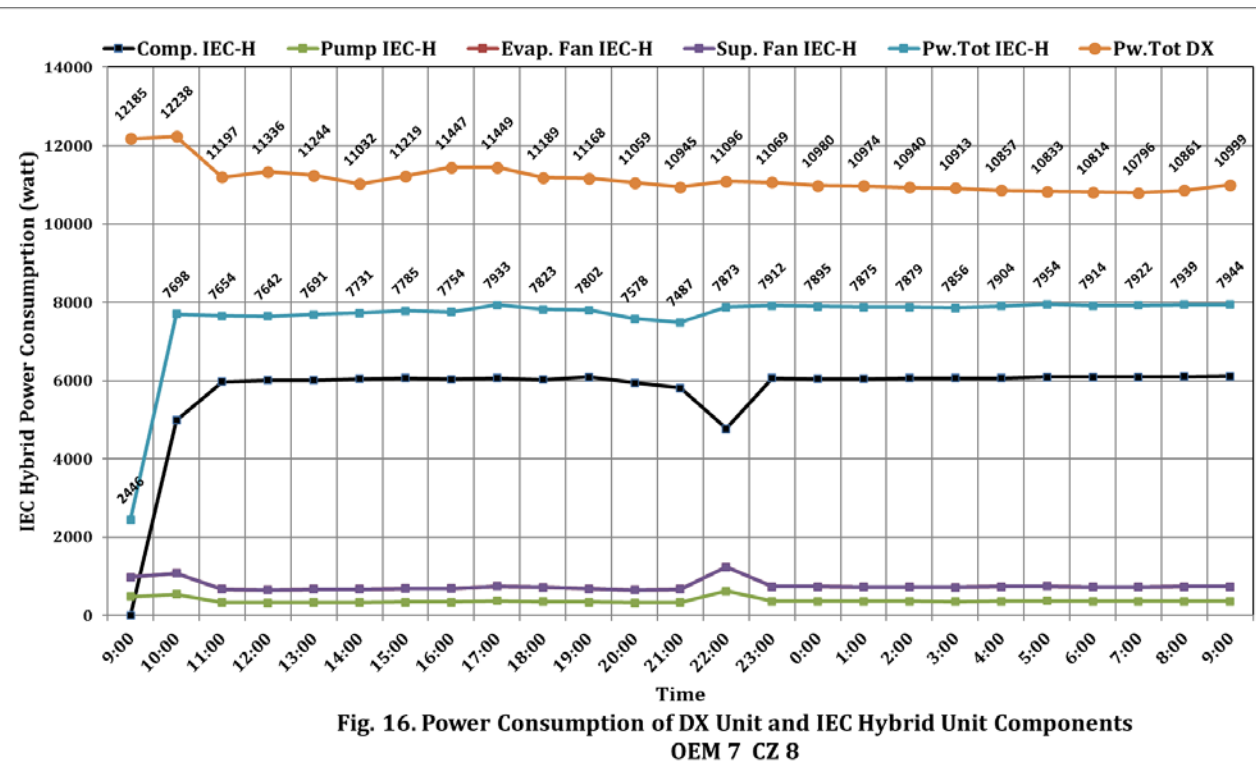
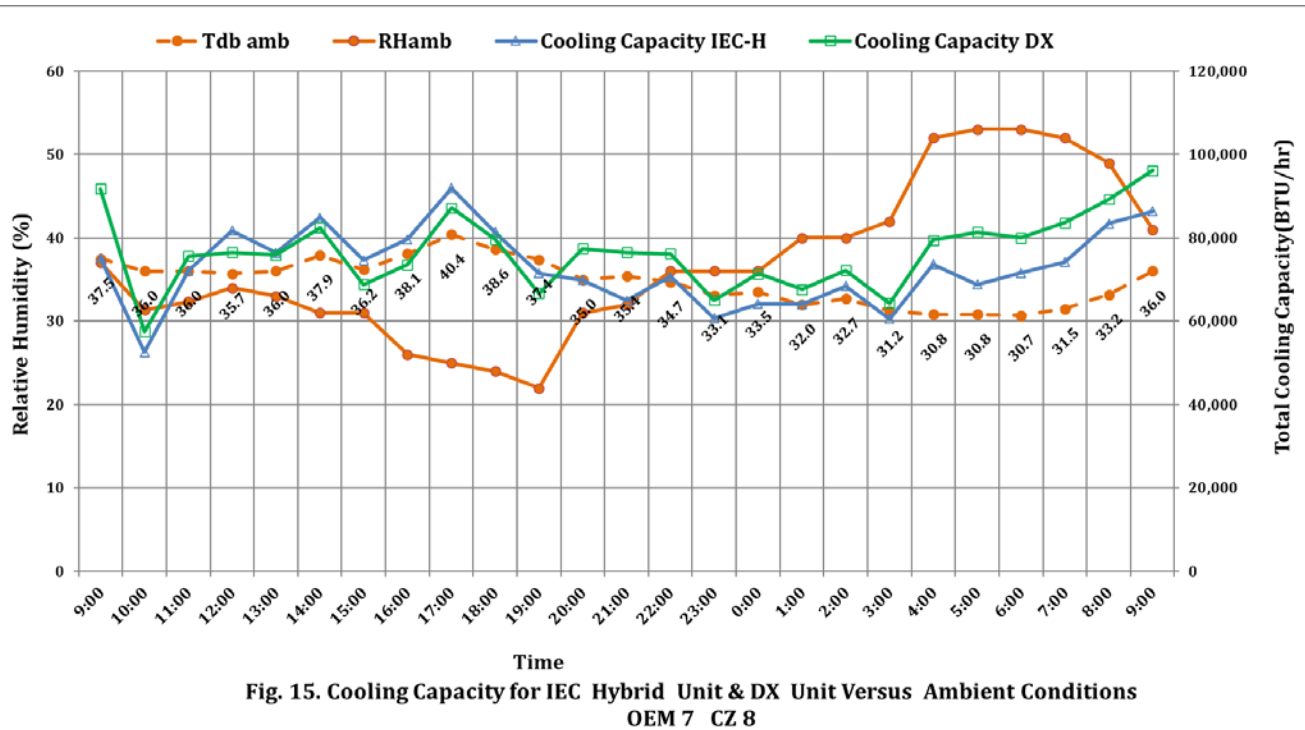


Table 9: High and Low readings for OEM 7 at Climatic Zone 8

OEM 7, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out IEC-H}	T _{db out DX}	RH _{amb}	T _{db amb}
High	17.4	17.3	49.0	40.4
Low	12.3	13.4	22.0	30.7

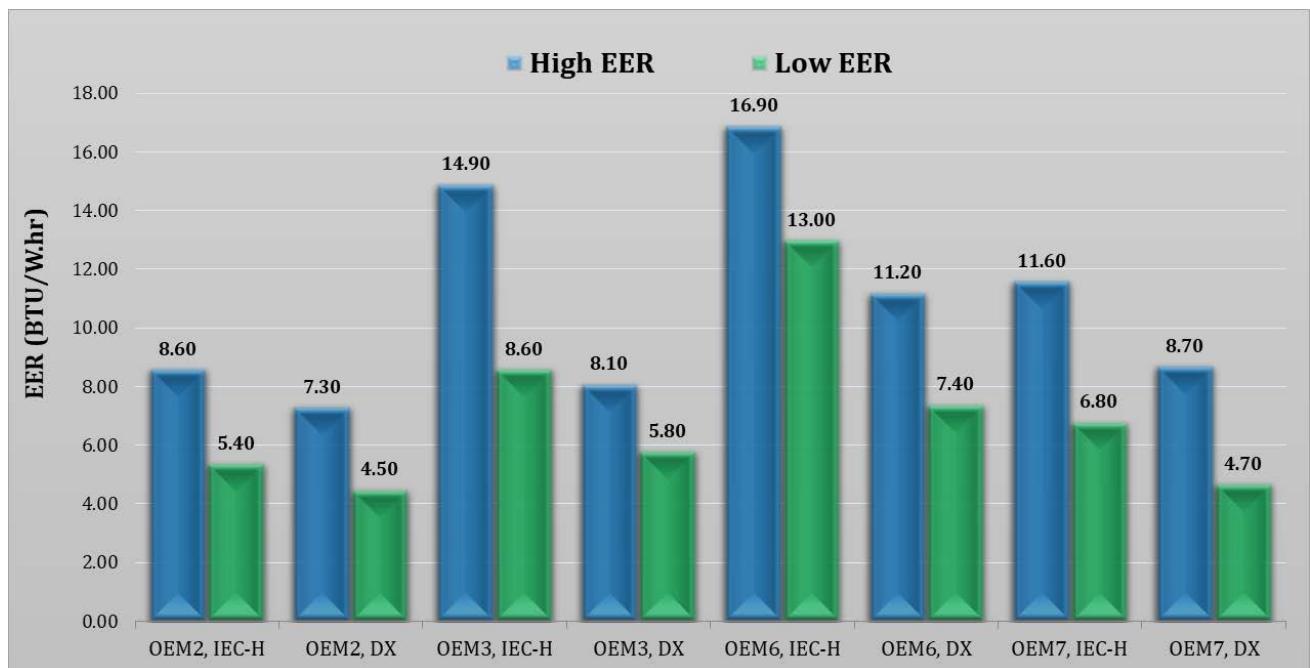
Chapter 4

The Final Results Analysis with Conclusion and Recommendation for Future Work

4.1 The Final Results Analysis

4.1.1 EER HIGH and LOW – CZ 8

Fig 17: High and Low EER (in BTU/W.hr) for Climatic Zone 8



4.1.2 CAPACITY HIGH and LOW – CZ 8

Fig 18: High and Low Cooling Capacity (in W) for Climatic Zone 8

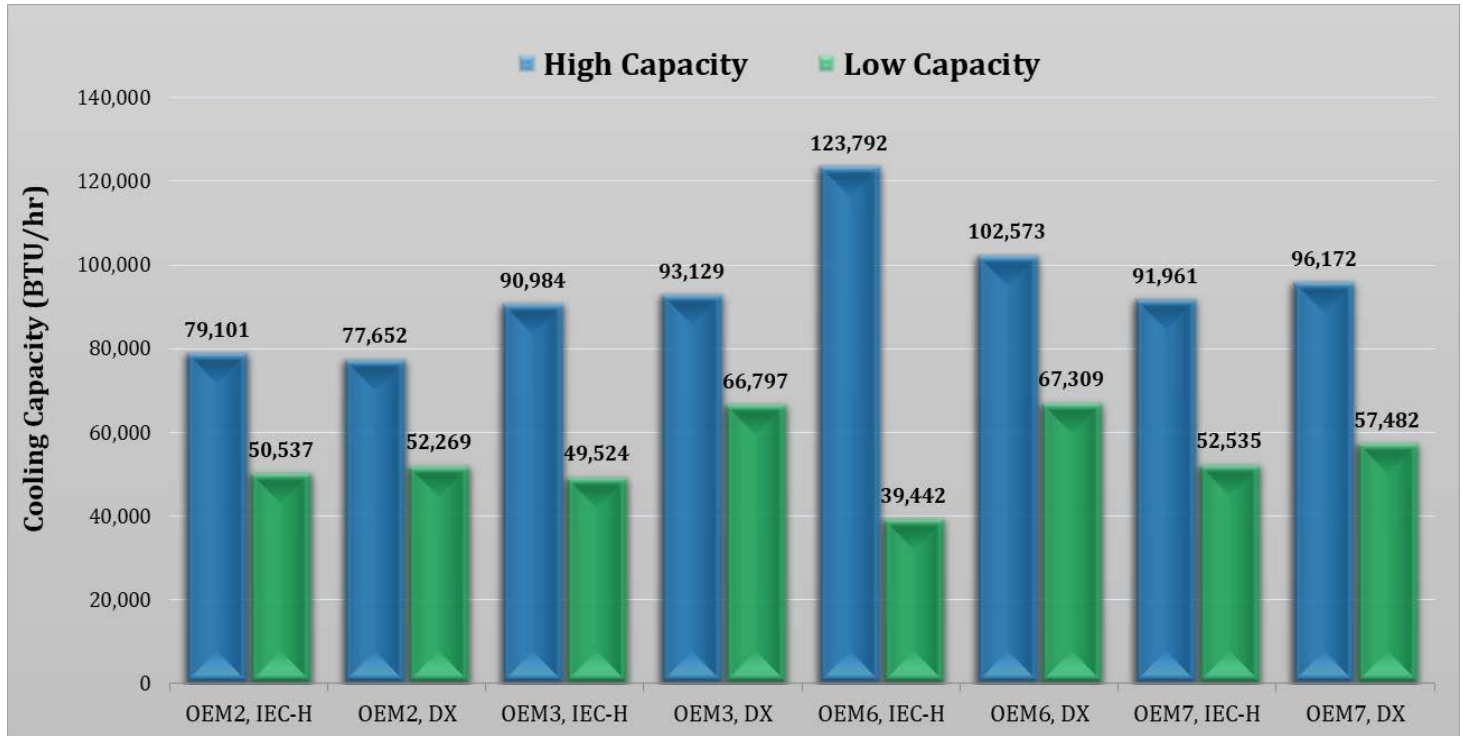


Table 10: High and Low EERs and Refrigeration capacity, all OEMs at Climatic Zone 8

EER			Capacities, W		
OEM #	High EER	Low EER	OEM #	High Capacity	Low Capacity
OEM2, IEC-H	8.60	5.40	OEM2, IEC-H	79,101	50,537
OEM2, DX	7.30	4.50	OEM2, DX	77,652	52,269
OEM3, IEC-H	14.90	8.60	OEM3, IEC-H	90,984	49,524
OEM3, DX	8.10	5.80	OEM3, DX	93,129	66,797
OEM6, IEC-H	16.90	13.00	OEM6, IEC-H	123,792	39,442
OEM6, DX	11.20	7.40	OEM6, DX	102,573	67,309
OEM7, IEC-H	11.60	6.80	OEM7, IEC-H	91,961	52,535
OEM7, DX	8.70	4.70	OEM7, DX	96,172	57,482

4.2 Conclusions

Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, Eurovent Recommendation “Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent.” provided testing reference and quality review of the testing process. Eurovent recommendations are followed except for the points that contradicts with confidentiality agreement related to stating the name of the manufacturers or trade name. The analysis of the final results of all OEMs shows the following:

- All OEMs show EERs of the IEC-H prototypes that are superior to corresponding DX units.
- The IEC-H prototype and DX units compressor’s capacities are the same, 6 H.P at nominal conditions.
- Only one OEM used two compressors for its IEC-H prototype.

Table 11: Number of compressors, all OEMs at Climatic Zone 8

OEM	IEC-H	DX
3	One	Two
6	One	Two
7	One	Two
2	Two	Two

- The air discharge of both the IEC-H prototype and DX units for each OEM were the same.
- All OEMs used two compressors in their DX units.
- All OEMs used one compressor for their IEC-H prototypes, except OEM 2 whom used two compressors.
- The tests showed that the capacity of the IEC-H prototypes when compared to the capacity of their respective DX unit also varied considerably, depending on the prototype design and the ambient relative humidity.
- When the ambient relative humidity increased, the DX units tended to provide a better refrigeration capacity then corresponding IEC-H prototype.
- Except OEM 2, which used two compressors in its IEC-H prototype, higher refrigeration capacity was maintained even at high relative humidity ratios.

- Nevertheless, overall IEC-H refrigeration capacities at lower humidity periods, where higher than those of corresponding DX units.
- The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

4.3 Recommendation for Future Work

- Although, both final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) are sufficient to write guidelines for a code for direct/indirect evaporative cooling for Egypt, the report recommends further work to provide a comprehensive formula to design IEC-H units in all Climatic Zones.
- There is a need for the industry to have a mathematical formula to predict the EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes for the remaining five climatic zones of Egypt where tests were not performed in these locations.
- This formula once made, needs substantiation and proofing in the other Climatic Zones of Egypt where tests were not performed, through site tests.
- Therefore, future work would need to be made by OEMs to test IEC-H prototypes in these Climatic Zones and compare results with those obtained by the mathematical formula made in order to refine prediction on the design needed for IEC-H units in any of Egypt's climatic Zones.
- Only then can a definitive Direct/Indirect Evaporative Cooling Code be written which will help greatly in achieving energy efficiency for the industry and promote using lower GWP refrigerants.

Chapter 5

Reporting on the Advocacy and Outreach Campaign 3 November 2024

INTRODUCTION

Outreach marketing campaign helped in the enforcement of **Transformation of Commercial Air Conditioning Companies in EGYPT** by promoting and publishing the results of the technical study to stakeholders. The report of this outreach campaign are to be made available to all stakeholders. The outreach campaign was held on 3rd November 2024, at the auditorium of HBRC.

OUTREACH PLAN GOAL

The outreach marketing campaign had been targeting the following:

- ✓ Build awareness of the Phase-out Management Plan (HPMP).
- ✓ Promote and enhance transformation of commercial HVAC manufacturers in Egypt.
- ✓ Generate leads for the alternative refrigerants code and the forthcoming guidelines of direct/indirect evaporative cooling code.
- ✓ Effect collaborations between OEMs.

The objective of the outreach campaign is to disseminate the experience gained during testing the IEC-H prototypes and DX units in the additional Climatic Zones 8. The main discussions were on the results of the testing of IEC-H and DX units of all OEMs.

TARGET STAKEHOLDERS ATTENDING THE OUTREACH CAMPAIGN

The list of individuals/other entities having a role in the development and implementation of the Plan. The following are the stakeholder groups that were targeted in the outreach campaign:

1- The Ministry of Electricity

2- Organization of Specifications and Standards
3- Municipalities
4- All OEMs that were included in the program
5- Local Government Agency Officials and Department Heads
6- Public Sector HVAC Project Planners
7- Local Chapters of Regional/National Associations
8- Local Environmental Organizations
9- Local HVAC Organizations and Interest Groups
10- HVAC Companies
11- Developers
12- The General Public
13- Others interested parties

Question raised after the presentation

About 30 to 35 persons attended the 4 hours Outreach campaign. The following are the most important questions and answers made during the campaign:

- I. Question by Eng Mohamed Mansour on humidity ratios and relative humidity of the ambient air:
 - a. Dr Olama answered on the measurement of humidities made and their relations with the two storms encountered during testing that increased dramatically humidity in the area.
- II. Question posed by Eng. Abdel Sallam Mahrous, consulting engineer on which of the OEMs exhibited the best EERs.
 - a. Dr Olama replied that one of the cornerstones of the program is not to provide data for the purpose of determining which is the best performing prototypes or DX units. This is why the OEMs are listed by a numbering code and not by their names.
- III. Question posed by Eng. Maarouf, consultant engineer, asking if the IEC-H units, when produced on a regular basis, would their maintenance will be higher or lower than that of DX units?
 - a. Dr Olama answered that because of the higher costs of maintaining evaporation pads, IEC-H maintenance are higher than that of DX units.

- IV. Comment posed by Dr. Ezzat Lewis (the head of the Egyptian NOU)
 - a. Dr. Ezzat, explained clearly the different roles of the UN agencies and bodies. He talked about the future funding for programs for Egypt and the mechanisms of replenishment for individual nations.
- V. Question asked by Eng. Hassan el Mogi, chairman of the consulting firm El-AMAAR, when will the IEC-H specification code be ready to be used by consulting engineers?
 - a. Reply: first guidelines on IEC evaporative cooling will first be written as a guidance for a forthcoming code, then a complete code will be written when the third testing program is made and all Climatic Zones in Egypt are covered.
- VI. An engineer (he has not given his name) inquired if there a plan to produce a code and then legislate the usage of IEC-H for the different eight climatic zones of Egypt?
 - a. Reply: Dr Olama replied that we hope there will be a future phase in the program that will allow OEMs and all practitioners in HVAC to use a formula to predict the size of the compressors and the basic design parameters of IEC-H units for all eight Climatic Zones of Egypt. Binding legislation can then be enacted given the assured ability to predict the performance of IEC-H units in all Climatic Zones and thus provide a proven energy efficient system of cooling for the country utilizing lower GWR refrigerants and HC refrigerants.

Dr Alaa Olama.

