



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



Distr.  
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/84/49  
29 de noviembre de 2019

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL  
PARA LA APLICACIÓN DEL  
PROTOCOLO DE MONTREAL  
Octogésima cuarta Reunión  
Montreal, 16 – 20 de diciembre de 2019

**PROPUESTAS DE PROYECTOS: EGIPTO**

Este documento consta de las observaciones y recomendaciones de la Secretaría del Fondo acerca de las siguientes propuestas de proyectos:

Eliminación

- Plan de gestión de eliminación de HCFC (etapa I, informe final sobre la marcha de las actividades) ONUDI y PNUD
- Plan de gestión de eliminación de HCFC (etapa II, segundo tramo) ONUDI, PNUD, PNUMA y el Gobierno de Alemania

Etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para Egipto (informe final sobre la marcha de las actividades) (ONUDI y PNUD)

**Antecedentes**

1. En nombre del Gobierno de Egipto, la ONUDI, en su calidad de organismo de ejecución principal, ha presentado lo siguiente:

- a) El informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del tercer tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC (PGEH) para Egipto;
- b) El informe sobre la situación de la conversión de los proveedores de sistemas, las 81 empresas pequeñas y medianas (EPM) y los 350 microusuarios, y el informe sobre el uso de la tecnología provisional (decisiones 82/72 b) i) y iv)); y
- c) El informe sobre el proyecto para la promoción de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para la industria del aire acondicionado en Egipto (EGYPRA).

**Antecedentes sobre la etapa I del PGEH**

*Sector de fabricación*

2. Las nueve empresas fabricantes de espumas de poliuretano (PU) incluidas en la etapa I<sup>1</sup> completaron la conversión con la eliminación total de 92,1 toneladas PAO de HCFC-141b. La etapa I del PGEH también incluyó un proyecto para convertir 81 EPM y 350 microusuarios a formiato de metilo (MF) u otra tecnología de bajo PCA (que se seleccionaría durante la ejecución), con apoyo de sus proveedores de sistemas y distribuidores, para eliminar 75,74 toneladas PAO de HCFC-141b. Se aprobó financiación para la conversión de equipos en dos proveedores de sistemas de propiedad de países que operan al amparo del artículo 5, y esta incluyó asistencia técnica (AT) para todos los proveedores de sistemas y distribuidores y para la conversión de las EPM.

3. En la 82ª reunión, se informó que un proveedor de sistemas local (Technocom) y un proveedor de sistemas (Dow) de propiedad de un país que no opera al amparo del artículo 5 habían realizado la conversión. No se proporcionó a Dow financiación del Fondo Multilateral para la conversión de los equipos; no obstante, se financió la asistencia técnica para la introducción de agentes espumantes alternativos en las empresas transformadoras. Uno de los proveedores de sistemas se retiró del proyecto (Obeigi) y se tenía previsto firmar un memorando de acuerdo<sup>2</sup> con otro proveedor de sistemas (Baalbaki). En total, 24 empresas transformadoras habían recibido asistencia. Se tenía previsto terminar la conversión de las 57 empresas transformadoras restantes para finales de 2019.

4. También en la 82ª reunión, se informó que dos proveedores de sistemas (Dow y Technocom) estaban desarrollando fórmulas de bajo PCA con agua e hidrofluoroolefinas (HFO), y también con HFC-245fa, HFC-365mfc y HFC-227ea, sustancias controladas en virtud de la Enmienda de Kigali, independientemente de que se esperaba que el uso de alternativas de alto PCA fuera provisional y que su uso se eliminara a más tardar en 2015. El PNUD confirmó que no se solicitaría ninguna otra asistencia para las empresas transformadoras que habían recibido asistencia en el marco de la etapa I del proyecto

---

<sup>1</sup> Incluidas seis empresas (para las que se aprobó financiación en la 62ª reunión) que se incorporaron en la etapa I en la 65ª reunión. El proyecto de eliminación de HCFC-141b en Delta Electric Appliances, con un costo total de 422 740 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo, se aprobó en la 62ª reunión; tras la compra de la empresa por una entidad de un país que no opera al amparo del artículo 5, el proyecto había sido cancelado y los fondos aprobados se habían devuelto a la 70ª reunión.

<sup>2</sup> Arreglos de ejecución de proyecto del PNUD.

para los proveedores de sistemas, dado que habían acordado realizar la conversión a tecnologías de bajo PCA. El PNUD también confirmó que no se han proporcionado ni se proporcionarán costos adicionales de explotación a los clientes a menos que se use una tecnología de bajo PCA, en consonancia con la decisión 77/35 a) vi).

5. En la 83ª reunión, se informó que se había firmado el memorando de acuerdo con Baalbaki para realizar la conversión de ocho clientes y eliminar 53,7 mt de HCFC-141b. Se había preparado una adición al memorando de acuerdo con Technocom a fin de realizar la conversión de otros 12 clientes para eliminar 11,37 toneladas PAO de HCFC-141b; se tenía previsto firmar ese memorando de acuerdo a finales de mayo de 2019 a más tardar. Las tecnologías alternativas para Baalbaki incluyen agua y MF, aunque para Technocom incluyen sistemas a base de agua y HFO; en ambos casos, se prevé usar HFC en forma provisional. En ese momento, todavía no se había realizado la conversión de ningún microusuario; se tenía previsto comenzar esas conversiones en el segundo semestre de 2019.

6. En lo que respecta a la situación del uso de la tecnología, el PNUD informó que los sistemas a base de agua habían sido introducidos por Dow y Technocom y aprobados por los clientes para determinadas aplicaciones, y que se requerían otros estudios sobre el rendimiento de las HFO en los polioles, dado que algunos proveedores de sistemas habían informado acerca de problemas para preparar los sistemas, como su estabilidad. El PNUD continuó supervisando la situación y se tenía previsto llevar a cabo consultas con la dependencia nacional del ozono (DNO) en relación con los obstáculos para la introducción de tecnologías de bajo PCA en mayo de 2019.

#### *Actividades de apoyo en el sector de refrigeración y aire acondicionado*

7. En 2014, se presentó la iniciativa EGYBRA para evaluar alternativas de bajo PCA en el sector de aire acondicionado doméstico y comercial, mediante la construcción y la prueba de prototipos utilizando diferentes alternativas a los HCFC a fin de comparar el rendimiento y la eficiencia de esas alternativas, incluso a alta temperatura ambiente. En el proyecto, se probaron prototipos de unidades de A/A divididas (*split*) hechas de medida, con capacidades entre 12 000 BTU/h y 24 000 BTU/h<sup>3</sup> y prototipos de unidades centrales, con una capacidad de refrigeración de 120 000 BTU/h<sup>4</sup>, para el funcionamiento con refrigerantes alternativos, y se comparó su rendimiento con las unidades originales de HCFC-22 y R-410A.

#### Informe sobre el consumo de HCFC

8. El Gobierno de Egipto informó un consumo de 287,45 toneladas PAO de HCFC en 2018, que es 26% inferior al nivel básico de HCFC para el cumplimiento. En el Cuadro 1 se muestra el consumo de HCFC para el período 2014-2018.

**Cuadro 1. Consumo de HCFC en Egipto (datos de 2014-2018 con arreglo al artículo 7)**

HCFC	2014	2015	2016	2017	2018	Nivel básico
<b>Toneladas métricas</b>						
HCFC-22	3 172,59	4 038,97	4 767,59	4 472,52	3 919,38	4 367,16
HCFC-123	0	9,07	5,00	1,64	2,00	5,25
HCFC-124	0,27	2,70	0,00	2,09	0,00	0
HCFC-141b	1 118,78	1 072,75	731,53	871,01	629,47	1 178,26
HCFC-142b	146,49	42,04	57,53	70,54	40,02	251,69
<b>Total (tm)</b>	<b>4 438,13</b>	<b>5 165,53</b>	<b>5 561,66</b>	<b>5 417,80</b>	<b>4 590,87</b>	<b>5,802.36</b>
HCFC-141b en polioles premezclados importados	120,00	100,00	177,80	87,95	0	894,00*

<sup>3</sup> BTU = Unidad térmica británica. En toneladas de refrigeración (TR), 12 000 a 24 000 BTU/h equivalen a 1 a 2 TR.

<sup>4</sup> 120 000 BTU/h = 10 TR.

HCFC	2014	2015	2016	2017	2018	Nivel básico
<b>Toneladas métricas</b>						
<b>Toneladas PAO</b>						
HCFC-22	174,49	222,14	262,22	245,99	215,57	240,19
HCFC-123	0	0,18	0,10	0,03	0,04	0,11
HCFC-124	0,01	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00
HCFC-141b	123,07	118,00	80,47	95,81	69,24	129,61
HCFC-142b	9,52	2,73	3,74	4,59	2,60	16,36
<b>Total (toneladas PAO)</b>	<b>307,09</b>	<b>343,12</b>	<b>346,53</b>	<b>346,46</b>	<b>287,45</b>	<b>386,27</b>
HCFC-141b en polioles premezclados importados	13,20	11,00	19,56	9,67	0	98,34*

\* Consumo medio en 2007-2009.

9. Se usa HCFC-22 en la fabricación y el servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado y para la fabricación de espumas de poliestireno extruido (XPS). El consumo de HCFC-22 disminuyó tanto en la fabricación como en el servicio y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado debido a que se redujeron las exportaciones de unidades de A/A a base de HCFC-22 y se mejoraron las prácticas de servicio y mantenimiento. Dado que se están realizando conversiones en el sector de fabricación de espumas de PU, el HCFC-141b (puro) sigue disminuyendo, de acuerdo con la prohibición establecida en 2018, mientras que no se informó ningún HCFC-141b contenido en polioles premezclados importados en 2018. Se usa HCFC-142b en la fabricación de espumas de XPS y este se importa como un componente del R-406A, una mezcla de uso inmediato para los equipos a base de CFC-12.

#### *Informe de ejecución del programa de país*

10. El Gobierno de Egipto presentó datos de consumo de HCFC en el sector en el informe de ejecución del programa de país de 2018 que guardan conformidad con los datos notificados con arreglo al artículo 7 del Protocolo de Montreal.

#### Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del tercer tramo del PGEH

##### *Marco jurídico*

11. 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 Gobierno ha prohibido la importación de HCFC-141b en polioles premezclados a partir del 1 de enero de 2018. La prohibición se aplica por medio de la cooperación entre el Organismo de Asuntos Ambientales de Egipto y la autoridad aduanera; esta verifica toda las importaciones según el código general del Sistema Armonizado para los polioles, con la asistencia de la DNO. De conformidad con la decisión 79/34 c) ii), el Gobierno prohibirá la importación, el uso y la exportación de HCFC-141b a granel y la exportación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados importados a partir del 1 de enero de 2020.

##### *Sector de fabricación*

12. El proyecto para la conversión de 81 EPM a una tecnología de bajo PCA está progresando, y se ha firmado un memorando de acuerdo con los tres proveedores de sistemas (Baalbaki, Dow y Technocom) para realizar la conversión de 64 empresas transformadoras clientes; se tiene previsto firmar una adición del memorando de acuerdo con Baalbaki para la conversión de otros seis clientes a más tardar el 30 de noviembre de 2019. De las 64 empresas transformadoras clientes, 44 han realizado la conversión y han firmado un compromiso de cesar el uso de sistemas a base de HCFC; otros tres clientes han realizado la conversión y la firma de su compromiso está en proceso y se prevé para finales de 2019. El número exacto de empresas transformadoras clientes restantes se confirmará durante la ejecución; se tiene

previsto terminar la conversión de todas las empresas transformadoras clientes a más tardar a finales de 2019.

13. La mayoría de los microusuarios compran sistemas en forma irregular y a través de distribuidores, en lugar de directamente a través de los proveedores de sistemas, por lo que puede resultar difícil identificarlos. En septiembre de 2019 se llevó a cabo un taller de sensibilización para identificar a todos los microusuarios y garantizar que completen la conversión a alternativas que no utilizan HCFC a más tardar el 1 de enero de 2020. Hasta la fecha, no se ha realizado la conversión de ningún microusuario con asistencia del proyecto.

#### *Informe sobre la situación del uso de la tecnología provisional*

14. Los tres proveedores de sistemas, Baalbaki, Dow y Technocom, han facilitado exitosamente la conversión de las empresas transformadoras clientes a alternativas de bajo PCA, como agua, HFO y MF. Los proveedores de sistemas también producen sistemas de alto PCA y venden esos sistemas a empresas transformadoras clientes, pero no a aquellas que recibieron asistencia dentro del proyecto.

15. Uno de los proveedores de sistemas había notificado anteriormente problemas de procesamiento con una HFO. En forma provisional, el proveedor de sistemas había cambiado a una HFO diferente que había resuelto el problema; no obstante, esa HFO es más cara y, considerando que se la introdujo en la región recientemente, la entrega sin interrupciones era motivo de preocupación. El PNUD sigue supervisando la situación y espera que el proveedor de sistemas pueda resolver los problemas de procesamiento que encontró con la HFO original, como los resolvieron los otros dos proveedores de sistemas.

#### *Actividades de apoyo en el sector de refrigeración y aire acondicionado*

16. Se probaron diecinueve prototipos de unidades divididas (*split*) hechas de medida con compresores especializados provistos por varias empresas en laboratorios locales acreditados, con refrigerantes provistos por Arkema, Chemours, Daikin y Honeywell. Los detalles de los resultados de las pruebas figuran en el Anexo I del presente documento. Los resultados del programa EGYBRA fundamentaron la selección de alternativas de bajo PCA por las empresas del sector de fabricación de equipos de A/A residencial.

#### Nivel de desembolso de fondos

17. A octubre de 2019, de los 6 148 975 \$EUA<sup>5</sup> aprobados hasta ahora, se habían desembolsado 4 265 938 \$EUA (1 255 818 \$EUA para la ONUDI y 3 010 120 \$EUA para el PNUD) como se indica en el Cuadro 2. El saldo de 1 883 037 \$EUA se desembolsará en 2019 y 2020.

**Cuadro 2. Informe financiero de la etapa I del PGEH para Egipto (\$EUA)**

Tramo		ONUDI	PNUD	Total	Tasa de desembolso (%)
Primer tramo	Aprobado	950 000	2 000 000	2 950 000	98
	Desembolsado	950 000	1 954 628	2 904 628	
Segundo tramo	Aprobado	250 000	2 000 000	2 250 000	58
	Desembolsado	250 000	1 055 492	1 305 492	
Tercer tramo	Aprobado	232 575	716 400	948 975	6
	Desembolsado	55 818	0	55 818	
Total	Aprobado	1 432 575	4 716 400	6 148 975	69
	Desembolsado	1 255 818	3 010 120	4 265 938	

<sup>5</sup> Además, en la 62ª reunión, se aprobaron 2 371 840 \$EUA más gastos de apoyo del organismo para seis proyectos de inversión que se incluyeron en la etapa I (excluida la financiación para Delta Electric Appliances que posteriormente se retiró de la etapa I).

## Observaciones de la Secretaría

### Observaciones sobre el informe anual sobre la etapa I del PGEH

#### *Marco jurídico*

18. El Gobierno de Egipto ha expedido los cupos de importación de HCFC para 2019, para 289,7 toneladas PAO, una cifra inferior a los objetivos de control del Protocolo de Montreal y conforme a los objetivos establecido en el Acuerdo entre el país y el Comité Ejecutivo.

#### *Informe sobre la situación del uso de la tecnología provisional*

19. Aunque los tres proveedores de sistemas han facilitado exitosamente la conversión de las empresas transformadoras clientes a alternativas de bajo PCA, como agua, HFO y MF, los proveedores de sistemas también producen sistemas de alto PCA, que venden a empresas transformadoras clientes diferentes de aquellas que recibieron asistencia dentro del proyecto. A fin de garantizar el uso sostenido de alternativas de bajo PCA en las empresas transformadoras clientes después de la terminación del proyecto, el procedimiento del protocolo de traspaso del PNUD no permitirá que los proveedores de sistemas usen alternativas de alto PCA en las empresas transformadoras clientes que participaron en el proyecto.

#### *Actividades de apoyo en el sector de refrigeración y aire acondicionado*

20. La Secretaría tomó nota con aprecio del exhaustivo informe del programa EGYPRA. Aunque se han completado las pruebas de las unidades divididas, se requiere más tiempo para completar las pruebas para las unidades centrales, que ya se han construido, para redactar el informe final, que se presentará a la 86ª reunión y para completar el trabajo relacionado con una herramienta de modelización que pueden usar los fabricantes locales. Por consiguiente, la ONUDI solicitó la prórroga de la fecha de terminación para la etapa I del PGEH hasta el 30 de junio de 2020, señalando que todos los demás componentes de la etapa I se habrían terminado a más tardar el 31 de diciembre de 2019, que el informe de terminación de proyecto se presentaría a la 87ª reunión y que la ONUDI devolvería todos los saldos a más tardar el 30 de junio de 2020, mientras que el PNUD devolvería los saldos a más tardar el 31 de diciembre de 2020 (en consonancia con la fecha de terminación financiera para el sector de espumas de PU).

21. Considerando su importancia para la selección de alternativas de bajo PCA en el sector de fabricación de equipos de A/A, se adjuntan al presente documento el resumen del informe del EGYPRA preparado por la Secretaría, así como el informe en sí mismo. Las conclusiones del EGYPRA fundamentaron de manera directa la selección de tecnología para el proyecto destinado a la conversión de seis fabricantes de equipos de A/A residencial a alternativas de bajo PCA que se presenta a esta reunión, de conformidad con la decisión 79/34 d). El informe final, cuando esté disponible, se agregará al sitio web del Fondo Multilateral<sup>6</sup>.

22. La Secretaría pidió que se aclarase si los resultados y conclusiones del programa EGYPRA fueron los mismos que los de otros programas de prueba con los que se probaron de forma similar alternativas de bajo PCA en el sector de fabricación de equipos de A/A, tales como los proyectos de demostración financiados por el Fondo Multilateral. El EGYPRA no se comparó con el informe final sobre el proyecto de demostración en los fabricantes de A/A para desarrollar unidades de aire acondicionado de ventana y autocontenidas que usan refrigerantes con bajo PCA en la Arabia Saudita ni con el informe final sobre el proyecto de demostración para la eliminación del HCFC-22 en la fabricación de equipos de aire acondicionado comercial en Industrias Thermotar Ltda. en Colombia; sin embargo, se

---

<sup>6</sup> Hojas de datos e informes finales para proyectos de demostración sobre alternativas de bajo PCA a las tecnologías a base de HCFC, <http://multilateralfund.org/Our%20Work/DemonProject/default.aspx>

comparó con tres programas de prueba: AREP-II,<sup>7</sup> ORNL<sup>8</sup> y PRAHA.<sup>9</sup> En el Anexo I del presente documento se incluye una descripción de las características distintivas del EGYPRA y una comparación con los tres programas de prueba.

### Conclusión

23. El Gobierno está aplicando un sistema de concesión de licencias y cupos para la importación y exportación de HCFC y el consumo de 2018 es inferior a los objetivos de control del Protocolo de Montreal y aquellos establecidos en el Acuerdo con el Comité Ejecutivo. La prohibición de la importación de HCFC-141b en polioles premezclados está en vigor desde el 1 de enero de 2018 y la prohibición de la importación, el uso y la exportación de HCFC-141b a granel y la exportación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados se establecerá a más tardar el 1 de enero de 2020. La relación de desembolso general es del 69%. Las actividades de asistencia técnica en el sector de refrigeración y aire acondicionado se están ejecutando exitosamente, y se han construido prototipos de A/A doméstico y comercial, aunque se requiere un plazo adicional para probar las unidades de A/A centrales, que ya se han construido; por lo tanto, se requiere una prórroga hasta el 30 de junio de 2020. Los tres proveedores de sistemas han facilitado exitosamente la conversión de las empresas transformadoras clientes a alternativas de bajo PCA y en el sector de espumas se completará la conversión a más tardar el 31 de diciembre de 2019.

### **Recomendación de la Secretaría**

24. El Comité Ejecutivo tal vez desee:

- a) Tomar nota de los documentos siguientes preparados por la ONUDI, que figuran en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/84/49:
  - i) Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del tercer tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC (PGEH) para Egipto;
  - ii) Informe sobre el proyecto para la promoción de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico para la industria del aire acondicionado en Egipto (EGYPRA);
  - iii) Informe sobre la situación de la conversión de los proveedores de sistemas, las 81 empresas pequeñas y medianas y los 350 microusuarios, e informe sobre el uso de la tecnología provisional;
- b) Tomar nota de que todas las actividades para la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC para Egipto se terminarán a más tardar el 31 de diciembre de 2019 y de que los saldos restantes que hubiera se devolverán a más tardar el 31 de diciembre de 2020, excepto para el componente de la ONUDI para el sector de servicio y mantenimiento, que se terminará a más tardar el 30 de junio de 2020;

<sup>7</sup> Programa de Evaluación de Refrigerantes Alternativos del AHRI <http://www.ahrinet.org/arep>.

<sup>8</sup> Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M y Kassuga T, 2015. "Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners", ORNL/TM-2015/536. Disponible en: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto\\_pub59157\\_101515.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf).

<sup>9</sup> Informe del proyecto PRAHA: <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-low-gwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>.

- c) Aprobar la prórroga de la etapa I hasta el 30 de junio de 2020 a fin de permitir que se terminen las actividades señaladas en el apartado b);
- d) Pedir al Gobierno de Egipto y la ONUDI que presenten el informe final sobre el EGYPRA a la 86ª reunión; y
- e) Pedir al Gobierno de Egipto y la ONUDI que presenten anualmente informes sobre la marcha de las actividades en relación con la ejecución del programa de trabajo relacionado con el último tramo de la etapa I, hasta la terminación del proyecto, y el informe de terminación de proyecto a la 87ª reunión.



## HOJA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO – PROYECTOS PLURIANUALES

### Egipto

<b>I) TÍTULO DEL PROYECTO</b>	<b>ORGANISMO</b>
Plan de gestión de eliminación de HCFC (Etapa II)	ONUDI (Principal), PNUD, PNUMA, Alemania

<b>II) DATOS MÁS RECIENTES CON ARREGLO AL ARTÍCULO 7 (Anexo C, Grupo I)</b>	Año: 2018	287,45 (toneladas PAO)
---	-----------	------------------------

<b>III) DATOS SECTORIALES DEL PROGRAMA DE PAÍS MÁS RECIENTES (toneladas PAO)</b>								<b>Año: 2018</b>	
Sustancia química	Aerosoles	Espumas	Lucha contra incendios	Refrigeración		Disolventes	Agentes de procesos	Uso en lab.	Consumo total del sector
				Fabricación	Servicio y mantenimiento				
HCFC-22		32,19		85,83	97,54				215,57
HCFC-123					0,04				0,04
HCFC-141b		69,24							69,24
HCFC-142b		2,60							2,60
HCFC-141b en polioles premezclados importados		0							0

<b>IV) DATOS SOBRE EL CONSUMO (toneladas PAO)</b>			
Nivel básico de 2009 - 2010:	386,3	Punto de partida para las reducciones acumuladas sostenidas:	484,61
<b>CONSUMO ADMISIBLE PARA LA FINANCIACIÓN (toneladas PAO)</b>			
Ya aprobado:	174,00	Restante:	310,61

<b>V) PLAN ADMINISTRATIVO</b>		<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Después de 2021</b>	<b>Total</b>
ONUDI	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	10,13	0	12,54	12,75	35,42
	Financiación (\$EUA)	807 850	0	1 000 450	1 016 714	2 825 014
PNUD	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	24,62	0	10,96	0	35,58
	Financiación (\$EUA)	1 965 323	0	873 783	0	2 839 106
PNUMA	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	3,75	0	3,49	3,83	11,07
	Financiación (\$EUA)	312 894	0	291 064	319 611	923 569
Alemania	Eliminación de SAO (toneladas PAO)	2,78	0	0	0	2,78
	Financiación (\$EUA)	234 249	0	0	0	234 249

VI) DATOS DEL PROYECTO			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Límites de consumo establecidos en el Protocolo de Montreal			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	251,08	251,08	125,54*	n/a
Financiación convenida (\$EUA)	ONUDI	Costos del proyecto	3 356 641	0	755 000	0	935 000	0	755 200	0	195 000	5.996.841
		Gastos de apoyo	234 965	0	52 850	0	65 450	0	52 864	0	13 650	419.779
	PNUD	Costos del 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 del 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	126.050
	Alemania	Costos del 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 (\$EUA)	Costos del proyecto	4 628 993	0	0								4 628 993
	Gastos de apoyo	335 410	0	0								335 410
Total de fondos solicitados para aprobación en esta reunión (\$EUA)	Costos del proyecto			3 078 550								3 078 550
	Gastos de apoyo			241 766								241 766

\* El consumo máximo permitido total de sustancias del Grupo I del Anexo C se reduciría otras 10 toneladas PAO como máximo al aprobarse un plan para el sector de aire acondicionado doméstico como parte de la etapa II

Nota: El acuerdo revisado se considerará en la 84ª reunión.

<b>Recomendación de la Secretaría:</b>	Para consideración individual
--	-------------------------------

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

25. En nombre del Gobierno de Egipto, la ONUDI, en su calidad de organismo de ejecución principal, ha presentado una solicitud de financiación del segundo tramo de la etapa I del plan de gestión de eliminación de HCFC (PGEH), con un costo total de 3 320 316 \$EUA, que comprenden 755 000 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 52 850 \$EUA para la ONUDI, 1 836 750 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 128,573 para el PNUD, 279 500 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 33 394 \$EUA para el PNUMA y 207 300 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 26 949 \$EUA para el Gobierno de Alemania<sup>10</sup>. La comunicación incluye un informe de los progresos realizados en la ejecución del primer tramo, el informe de verificación del consumo de HCFC para 2018 y el plan de ejecución del tramo para el período de 2019 a 2021.

26. En la 79ª reunión, el Comité Ejecutivo decidió invitar al Gobierno de Egipto, en forma excepcional, a que, una vez escogida la tecnología, presente, antes del 1 de enero de 2020, y como parte de la etapa II, una propuesta para la conversión del sector de aire acondicionado doméstico a alternativas de bajo potencial de calentamiento atmosférico (decisión 79/34 d)). En nombre del Gobierno de Egipto, la ONUDI ha presentado un proyecto para convertir el sector de fabricación de equipos de aire acondicionado residencial a base de HCFC-22, por un monto de 11 710 018 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 819 701 \$EUA, según lo presentado. El proyecto, en el caso de que sea aprobado, se incorporará en el Acuerdo con el Comité Ejecutivo para la etapa II del PGEH<sup>11</sup>.

### Informe sobre el consumo de HCFC

27. Como se describe en el párrafo 8 del presente documento, el Gobierno notificó un consumo de HCFC de 287,45 toneladas PAO en 2018, cifra inferior al objetivo especificado en el Acuerdo del país con el Comité Ejecutivo para 2018, y 26% inferior al nivel básico de HCFC para el cumplimiento.

### *Informe de verificación*

28. El informe de verificación confirmó que el Gobierno está aplicando un sistema de concesión de licencias y cupos para las importaciones y exportaciones de HCFC y que el consumo total de HCFC para 2018 fue de 287,48 toneladas PAO. En la verificación, se concluyó que Egipto ha cumplido el consumo máximo permitido en 2018 para todas las sustancias del Grupo I del Anexo C, como se indica en su Acuerdo con el Comité Ejecutivo, y que el consumo verificado y el consumo notificado con arreglo al artículo 7 del Protocolo de Montreal una vez redondeadas las cifras. En el informe se señala que los envíos sospechosos de sustancias controladas que se encuentran en el puerto de entrada son detenidos por la autoridad aduanera, y se informa a la DNO y la Organización General de Control de Importación y Exportación. Una vez que se confirma que el envío no guarda conformidad con la licencia expedida, y el importador ha tenido oportunidad de solicitar otra verificación, el importador debe devolver el envío al exportador con cargo al importador; además, se informa al país exportador a través del Mecanismo Informal de Consentimiento Fundamentado Previo (iPIC) y este debe dar su aprobación para la reimportación del envío. Se siguió este proceso para dos envíos de SAO sospechosos en 2010; desde ese entonces, no se han identificado envíos sospechosos, incluidos envíos de CFC-11 o CFC-12. Tras la enmienda de la ley de desechos peligrosos introducida en 2009, las sanciones por la contravención de los reglamentos de importación del país para las sustancias controladas pueden incluir encarcelamiento (hasta cinco años) y una multa de entre 20 000 y 40 000 libras egipcias (entre 1 240 y 2 842 \$EUA).

<sup>10</sup> Según la nota del 18 de septiembre de 2019 enviada por el Ministerio de Medio Ambiente de Egipto al PNUD.

<sup>11</sup> Según la nota del 18 de septiembre de 2019 enviada por el Ministerio de Medio Ambiente de Egipto al PNUD.

Informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del primer tramo del plan de gestión de eliminación de HCFC

Actividades en el sector de fabricación

*Sector de fabricación de espumas de PU*

29. El sector de la fabricación de espumas de PU incluyó: la conversión de las restantes ocho empresas que fabrican refrigeradores domésticos a ciclopentano (Bahgat, Fresh, Ocean, Siltal, Star, Top Maker y Tredco, con asistencia del Fondo Multilateral; la empresa Everest financiaría su conversión con sus propios recursos); la conversión de dos empresas (Electrostar y Kiriazi) que fabrican calentadores de agua eléctricos a ciclopentano; un proyecto grupal, a través de Beta Technical and Trading Bureau, un proveedor de sistemas, para la conversión de 38 empresas pequeñas y medianas (EPM) a formiato de metilo (MF), con financiación del Fondo Multilateral para 28 EPM; las 10 EPM restantes realizarían la conversión con sus propios recursos. La eliminación total de HCFC-141b para la que se aprobó financiación en el subsector de fabricación de equipos de refrigeración doméstica fue de 422,50 tm (46,48 toneladas PAO) y 49,79 tm (5,48 toneladas PAO) en el subsector de espumas de aislamiento de PU, por lo que el total asciende a 472,29 tm (51,95 toneladas PAO). Everest y las otras 10 EPM eliminarían otras 114,43 tm (12,59 toneladas PAO) con sus propios recursos. El Comité Ejecutivo tomó nota de que el Gobierno de Egipto tendría flexibilidad para asignar fondos a las empresas admisibles del sector de espumas de PU para las cuales no se había solicitado financiación, si así se estimaba necesario durante la ejecución (decisión 79/34 e)).

30. Se visitaron las ocho empresas que fabrican refrigeradores domésticos, se firmó un acuerdo de trabajo<sup>12</sup> con cada una de ellas y se prepararon los mandatos. Se completó la licitación para las siete empresas para las que se aprobó financiación del Fondo Multilateral, se seleccionaron los proveedores de equipos y se expidieron las órdenes de compra. Se habían entregado los equipos a tres empresas (Bahgat, Fresh y Star) y se está llevando a cabo la instalación y puesta en servicio; la entrega de los equipos para otras dos empresas (Siltal y Tredco) estaba prevista para octubre y se tenía previsto completar la instalación y puesta en servicio a más tardar el 31 de diciembre de 2019. Se prevé que los equipos para Ocean y Top Maker se entregarán a más tardar el 31 de diciembre de 2019 y se prevé que la instalación y puesta en servicio se habrá completado en el primer trimestre de 2020. Ambas empresas dejarán de fabricar espumas a base de HCFC a partir del 1 de enero de 2020. Se prevé que los equipos para Everest, la empresa para la que no se aprobó financiación, se entreguen a más tardar a finales de 2019, y se prevé que la instalación y puesta en servicio se habrá completado en el primer trimestre de 2020. La empresa se ha comprometido a dejar de fabricar espumas a base de HCFC a partir del 1 de enero de 2020.

31. Se han firmado memorandos de acuerdo<sup>13</sup> con las dos empresas que fabrican calentadores de agua eléctricos (Electrostar y Kiriazi). Se ha completado la licitación internacional, se han seleccionado los proveedores de equipos y se han expedido las órdenes de compra. Se prevé que los equipos se entregarán a más tardar el 31 de diciembre de 2019 y se prevé que la instalación y puesta en servicio se habrá completado en el primer trimestre de 2020. Ambas empresas dejarán de fabricar espumas a base de HCFC a partir del 1 de enero de 2020.

32. Se ha firmado el memorando de acuerdo con Beta Technical and Trading Bureau y se han completado los ensayos con MF en 24 EPM; esos clientes han firmado una declaración de terminación y un compromiso de dejar de fabricar espumas a base de HCFC. Los ensayos en las otras cuatro EPM para las que se proporcionó financiación están en curso; se prevé que la conversión a MF se habrá finalizado a más tardar el 31 de diciembre de 2019. El PNUD confirmó que las 28 empresas son admisibles para la financiación. Se determinó que las restantes 10 EPM no son admisibles para la financiación; aunque se

<sup>12</sup> Arreglos de ejecución de proyecto de la ONUDI.

<sup>13</sup> Arreglos de ejecución de proyecto del PNUD.

desconoce el estado de su conversión y la(s) alternativa(s) seleccionada(s), su conversión se habrá completado a más tardar el 31 de diciembre de 2019, en consonancia con la prohibición que entrará en vigor el 1 de enero de 2020.

*Asistencia técnica para el sector de fabricación de equipos de A/A residencial*

33. Según los datos proporcionados por cinco fabricantes de equipos de A/A (El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire) acerca de las unidades originales y la conversión planificada, se evaluaron el cambio de refrigerante y los datos de rendimiento para la validación. El consultor internacional realizó amplias tareas de modelización, validación y optimización de rendimiento para los diferentes fabricantes. Se han desarrollado y validado modelos para los equipos de base. Se han realizado simulaciones usando los refrigerantes alternativos sugeridos tanto para uso inmediato como con una optimización liviana para coincidir con la capacidad básica. Se organizaron visitas a los sitios, en las que se impartió capacitación sobre la herramienta de simulación del sistema (Modelo de diseño de bomba de calor de ORNL), así como se organizó un taller para mejorar aún más el rendimiento del sistema al cambiar el refrigerante del sistema a un refrigerante de PCA más bajo.

Actividades en el sector de servicio y mantenimiento de refrigeración

34. Se completaron las actividades siguientes:

- a) Se firmó un protocolo entre el Organismo de Asuntos Ambientales de Egipto y el Organismo de Protección del Consumidor a fin de supervisar y reducir los productos refrigerantes falsificados en el mercado local; se redactó el mandato para un estudio sobre los efectos socioeconómicos de la eliminación de los HCFC y el uso de alternativas en el sector de refrigeración y aire acondicionado;
- b) Se llevó a cabo un taller de capacitación de instructores para 30 inspectores del Organismo de Protección del Consumidor y ocho talleres para capacitar a 140 inspectores de ese Organismo, y se tiene previsto impartir otros 10 talleres para capacitar a 175 inspectores del organismo en las provincias restantes en octubre de 2019. Entre los temas se incluyeron la legislación y la supervisión del suministro y el uso de HCFC;
- c) Se firmó un protocolo con el Ministerio de Industria y Comercio a fin de examinar los reglamentos y políticas e introducir medidas para intensificar la vigilancia de las sustancias controladas; se actualizaron los códigos aduaneros para las sustancias controladas conforme a las actualizaciones de la Organización Mundial de Aduanas;
- d) Se realizó la compra de 10 identificadores de refrigerantes para los inspectores de aduanas y el Organismo de Protección del Consumidor y se impartió capacitación sobre su uso a 180 inspectores;
- e) El 25 de julio de 2019 se publicó una decisión ministerial que actualiza la lista de sustancias controladas e incluye todas las mezclas de HCFC importadas; la autoridad aduanera publicó en 2019 una norma para prohibir la importación de HCFC-141b a partir del 1 de enero de 2020; se actualizaron los permisos de importación de HCFC-22 para limitar las importaciones a 40 tm;
- f) Se han iniciado las actividades para establecer el programa de vigilancia del mercado de refrigerantes, entre las que se incluye la enmienda de los procedimientos operativos de la Ley de protección al consumidor de Egipto (181/2018) para incluir las sustancias controladas en esos procedimientos, y se elaboraron materiales de una campaña de

sensibilización dirigida a comerciantes, minoristas y consumidores acerca de los productos fraudulentos; se prevé que la campaña comenzará en enero de 2020;

- g) Se firmaron protocolos de cooperación con los dos centros de capacitación vocacional para armar un programa nacional de certificación y el borrador del sistema de certificación está en examen; se firmó un protocolo de cooperación con la Organización de Normas y Calidad de Egipto, que comenzó a preparar directrices que el Ministerio de Trabajo aplicará para expedir la certificación a los centros de servicio y mantenimiento y a los técnicos<sup>14</sup>; y se ha publicado una convocatoria de presentación de propuestas para un centro piloto de servicio de recuperación y regeneración de refrigerante;
- h) Se redactaron las actualizaciones de los programas de estudios de educación técnica y vocacional y se han evaluado los equipos y herramientas necesarios para la capacitación; se está realizando el examen final de la actualización y evaluación;
- i) Se firmó un protocolo de cooperación con el Centro de Vivienda e Investigación de la Construcción para actualizar los códigos nacionales y facilitar la introducción de alternativas de bajo PCA; y
- j) Se diseñó una campaña de sensibilización sobre alternativas de bajo PCA, con tres talleres para 188 participantes y un seminario técnico sobre alternativas de bajo PCA para aproximadamente 50 investigadores en el Instituto de Estudios e Investigación sobre el Medio Ambiente de la Universidad Ain Shams.

#### *Dependencia de ejecución y supervisión del proyecto (DGP)*

35. La gestión del proyecto se dividió en dos componentes, uno relacionado con la ONUDI y el otro con el PNUD, para gestionar las respectivas actividades del proyecto. El primero de estos organismos supervisa todas las actividades del proyecto y la coordinación general. La ONUDI contrató a consultores nacionales para coordinar y supervisar la ejecución del proyecto, lo que incluye visitas a los beneficiarios y a los interesados directos, la organización de talleres, reuniones y eventos; y la redacción y distribución de documentación de apoyo y materiales de sensibilización (89 397 \$EUA). El PNUD contrató a un administrador de proyecto para hacer visitas a los beneficiarios, prestar apoyo técnico para la especificación de los equipos e informar acerca de los progresos en la ejecución, elaborar contratos para los beneficiarios, en consulta con la DNO y el PNUD y gestionar la ejecución cotidiana de las actividades del PGEH y el control financiero (14 314 \$EUA).

#### Nivel de desembolso de fondos

36. A septiembre de 2019, de los 4 628 993 \$EUA aprobados hasta ahora (3 356 641 \$EUA para la ONUDI, 1 042 352 \$EUA para el PNUD y 230 000 \$EUA para el PNUMA), se habían desembolsado 1 523 242 \$EUA (33%) (895 028 \$EUA para la ONUDI, 465 314 \$EUA para el PNUD y 162 900 \$EUA para el PNUMA). El saldo de 3 105 751 \$EUA se desembolsará en 2020-2021.

---

<sup>14</sup> En Egipto, hay tres sistemas de certificación: uno conducido por el Ministerio de Trabajo, otro bajo un programa de capacitación vocacional y, el tercero, que es parte del programa de educación técnica conducido por el Ministerio de Educación. Actualmente, se requieren certificados de cualificaciones mínimas según la profesión y el empleador; cada uno de los tres programas ofrecen a los técnicos las cualificaciones que requiere el mercado; sin embargo, las mejores prácticas de servicio y mantenimiento y las mejores prácticas relacionadas con el manejo de refrigerantes inflamables, no forman parte de los requisitos.

Plan de ejecución para el segundo tramo del PGEH

37. Las actividades siguientes se ejecutarán entre enero de 2020 y diciembre de 2022:

- a) Se seguirá con la elaboración de políticas, la observancia y la supervisión, así como con la capacitación, incluso sobre el programa de vigilancia del mercado de refrigerantes; se seguirá desarrollando el sistema de certificación de técnicos, se actualizarán los programas de estudios de la educación técnica y vocacional y se presentará un programa de certificación piloto (PNUMA) (140 000 \$EUA);
- b) Se seguirá colaborando con el Centro de Vivienda e Investigación de la Construcción para actualizar los códigos nacionales, examinar las normas locales para los equipos y contenedores y ofrecer capacitación y extensión sobre los códigos y normas (PNUMA) (79 500 \$EUA);
- c) Capacitación sobre adquisiciones verdes para el sector público, el grupo asesor y los consultores (PNUMA) (60 000 \$EUA);
- d) Compra de aproximadamente 15 identificadores de refrigerantes (60 000 \$EUA) y establecer dos centros maestros de capacitación (60 000 \$EUA) (ONUDI);
- e) Se establecerá un centro de regeneración local, que incluirá un laboratorio de prueba independiente local (150 000 \$EUA) y construir la red de recuperación y regeneración por medio del suministro de unidades de recuperación y cilindros (150 000 \$EUA) (ONUDI);
- f) Dos talleres sobre refrigerantes inflamables para interesados directos en un centro de capacitación vocacional; selección de un centro de capacitación vocacional y evaluación de la capacidad y las carencias relacionadas; cuatro cursos de capacitación para instructores (con inclusión de herramientas y equipos para refrigerantes A2, A2L y A3; competencias de soldadura fuerte y métodos de unión de tuberías por compresión; manipulación de circuitos de refrigerante; recuperación, venteo y destrucción de refrigerantes; presentación de informes, libro de registro y evaluación); y compra de equipos, herramientas, equipos de protección personal y unidades de capacitación para el centro de capacitación vocacional (Gobierno de Alemania) (207 300 \$EUA);
- g) Se seguirá desarrollando un software de modelización simplificado y de uso gratuito que puede ser utilizado por los fabricantes de equipos de A/A residencial para el desarrollo de productos (ONUDI) (100 000 \$EUA);
- h) Se prestará asistencia técnica y se construirán prototipos en tres fabricantes de equipos de A/A comerciales con bajo PCA para aplicaciones con una capacidad menor de 10 toneladas de refrigeración (TR) y refrigeración por evaporación indirecta y expansión directa combinadas (de la alternativa de bajo PCA) para aplicaciones con una capacidad de entre 12 y 40 TR (ONUDI) (110 000 \$EUA);
- i) Conversión de cuatro fabricantes de espumas de poliestireno extruido (XPS) a una mezcla al 60%/40% de HFO-1234ze y éter dimetílico (PNUD) (1 761 750 \$EUA); y
- j) La DGP continuará coordinando y supervisando la ejecución de las actividades de inversión y ajenas a la inversión, entre las que se incluyen visitas a los beneficiarios e interesados directos, y organizando talleres y reuniones (ONUDI) (125 000 \$EUA); iniciará la conversión de las empresas de espumas de XPS, lo que incluirá visitas

periódicas a los beneficiarios, la elaboración de especificaciones técnicas, apoyo técnico, presentación de informes y control financiero de los fondos (PNUD) (75 000 \$EUA).

### Conversión de HCFC-22 en la fabricación de unidades de aire acondicionado residencial

#### **Antecedentes**

38. La ONUDI presentó una propuesta de proyecto para la conversión del HCFC-22 en la fabricación de unidades de aire acondicionado residencial a HFC-32 y R-454B, por el monto de 11 710 018 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 819 701 \$EUA, según lo presentado.

39. El objetivo del proyecto es eliminar el HCFC-22 en el sector de fabricación de equipos de A/A residencial por medio de lo siguiente:

- a) Adaptación y rediseño de los equipos de A/A para usar un refrigerante alternativo de bajo PCA;
- b) Conversión de las empresas fabricantes a los refrigerantes alternativos por medio de lo siguiente:
  - i) Adquisición de nuevos equipos de fabricación cuando sea necesario, sin aumentar la capacidad de producción;
  - ii) Implementación de sistemas de seguridad para el almacenamiento y el manejo de refrigerantes inflamables en condiciones de seguridad;
  - iii) Prestación de asistencia financiera para el rediseño de los equipos nuevos a fin de mantener o aumentar la eficiencia energética;
  - iv) Prestación de asistencia técnica para el rediseño de los equipos nuevos a fin de garantizar que se cumplan las normas de seguridad internacionales pertinentes;
  - v) Implementación de procedimientos de trabajo para el manejo de refrigerantes inflamables en condiciones de seguridad; y
  - vi) Obtención de una certificación de seguridad de acuerdo con las normas internacionales actuales (por ejemplo, directivas de la Unión Europea).

#### **Descripción del proyecto**

40. Cinco fabricantes (El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire), que son los únicos fabricantes de equipos de A/A residencial del país y que participaron en el programa EGYPRA, eliminarán el uso de HCFC-22 en sus fábricas. Si bien la mayoría de sus equipos de A/A residencial se vende localmente, las empresas también exportan a las regiones del Golfo y Norte de África; no exportan a países que no operan al amparo del artículo 5. Los cinco fabricantes son 100% de propiedad de países que operan al amparo del artículo 5, excepto en el caso de Miraco, que tiene 37% de propiedad de un país que no opera al amparo del artículo 5. Algunos fabricantes tienen un acuerdo con proveedores mundiales de A/A y por lo tanto están vinculados a ellos en la selección del diseño y componentes, lo que también afecta la selección de la tecnología del refrigerante. Cada fabricante tiene una fábrica y todos producen una gama completa de equipos y aparatos de A/A residencial. Los cinco usan HCFC-22 y R-410A, excepto Power, que usa solo HCFC-22. Ninguno de los fabricantes había recibido anteriormente financiación para la conversión a tecnologías de HCFC. En el Cuadro 3 se resume la situación de fabricación en las cinco empresas y el consumo desde 2016 hasta 2018.



**Cuadro 3. Situación de la fabricación y el consumo de HCFC-22 en las cinco empresas (tm)**

Fabricante	Núm. de líneas	Detalles de la producción	2016	2017	2018
El-Araby	2	Las dos líneas de producción funcionan con velocidad y duración de ciclo diferentes. La prueba de fugas para las unidades de interiores se hace cargando una pequeña cantidad de HCFC-22 y usando un detector de fugas halógeno.	275	198	212
Fresh	2	Las dos líneas de producción tienen la misma velocidad y duración de ciclo. Fresh usa cámaras de prueba de fugas de helio para las unidades de interiores.	136	142	147
Miraco	3	Las tres líneas de producción tienen la misma velocidad y duración de ciclo. Miraco usa cámaras de prueba de fugas de helio para las unidades de interiores.	396	359	366
Power	1	La línea de producción funciona con una duración de ciclo de 70 s aproximadamente. Se usa la misma línea para la producción de unidades de interiores y exteriores. La prueba de fugas para las unidades de interiores se hace cargando una pequeña cantidad de HCFC-22 y usando un detector de fugas halógeno.	50	43	45
Unionaire	2	La línea de producción funciona con una duración de ciclo de 40 s aproximadamente. La prueba de fugas para las unidades de interiores se hace cargando una pequeña cantidad de HCFC-22 y usando un detector de fugas halógeno.	600	360	240

41. Las siguientes áreas de proceso y prueba de la planta de fabricación serán afectadas por la conversión a refrigerantes inflamables: detección de fugas (línea de producción de unidades de interiores), sistemas de vacío (línea de producción de unidades de exteriores), sistemas de almacenamiento y suministro de refrigerante, sistemas de carga de refrigerante (línea de producción de exteriores), equipos de soldadura (línea de producción de exteriores), detección de fugas final (línea de producción de exteriores), áreas de prueba de funcionamiento (línea de producción de exteriores) y cámaras de prueba de laboratorio. La infraestructura general de la fábrica, como el apoyo para los sistemas de ventilación, conexión eléctrica a tierra y protección antiestática, se consideraron bajo la responsabilidad de cada fabricante.

### Costos del proyecto

42. El Cuadro 4 muestra el resumen de los equipos solicitados para la conversión y los costos adicionales de capital para cada fabricante. El total de los costos adicionales de capital es 5 085 410 \$EUA, sin ningún costo asociado con las modificaciones del intercambiador de calor a cargo de los fabricantes.

**Cuadro 4. Costos adicionales de capital para las cinco empresas, según lo presentado (\$EUA)**

Área de proceso y equipos	Fabricante					Total
	El-Araby	Fresh	Miraco*	Power	Unionaire	
Sistema de suministro de refrigerante (bomba de suministro, tubería o tuberías de suministro y sensores de gas)	81 000	118 000	74 340	76 000	118 000	467 340
Línea de fabricación de interiores (equipos de carga, estación de recuperación de refrigerante, sistemas de seguridad y ventilación)	84 000	0	0	0	168 000	252 000

Área de proceso y equipos	Fabricante					Total
	El-Araby	Fresh	Miraco*	Power	Unionaire	
Línea de fabricación de exteriores (equipos de carga, estación de recuperación de refrigerante, sistemas de seguridad y ventilación, detección de fugas y acopladores de proceso)	473 500	405 000	494 550	248 000	535 000	2 156 050
Área de prueba de funcionamiento (modificaciones del compartimiento de prueba, sistemas de seguridad y ventilación)	122 000	82 000	77 490	30 000	100 000	411 490
Cámaras de laboratorio (estación de recuperación de refrigerante, sistemas de seguridad y ventilación)	183 000	61 000	38 430	61 000	61 000	404 430
General (repuestos)	30 000	30 000	28 350	7 500	30 000	125 850
Ingeniería, instalación, certificación y capacitación	143 000	98 000	118 440	77 000	138 000	574 440
Asistencia técnica	50 000	50 000	31 500	50 000	50 000	231 500
Imprevistos	116 650	84 400	86 310	54 950	120 000	462 310
<b>Total</b>	<b>1 283 150</b>	<b>928 400</b>	<b>949 410</b>	<b>604 450</b>	<b>1 320 000</b>	<b>5 085 410</b>

\* Después de tener en cuenta el 37% de propiedad de un país que no opera al amparo del artículo 5

43. Los costos adicionales de explotación basados en un año de funcionamiento con el refrigerante nuevo se calcularon teniendo en cuenta el consumo admisible de la empresa, calculado como el consumo medio de 2016-2018, y el umbral de costo adicional de explotación de 6,30 \$EUA/kg especificado en la decisión 74/50.

#### Cuadro 5. Costo total de la conversión en los cinco fabricantes (\$EUA)

Empresa	tm	Toneladas PAO	Costo adic. de capital (\$EUA)	Costo adic. de explotación (\$EUA)	Total (\$EUA)	CE (\$EUA/kg)
El-Araby	228,45	12,56	1 283 150	1 439 222	2 722 372	11,92
Fresh	141,67	7,79	928 400	892 502	1 820 902	12,85
Miraco*	373,67	20,55	949 410	1 483 084	2 432 494	6,51
Power	46,00	2,53	604 450	289 800	894 250	19,44
Unionaire	400,00	22,00	1 320 000	2 520 000	3 840 000	9,60
<b>Total</b>	<b>1 189,78</b>	<b>65,44</b>	<b>5 085 410</b>	<b>6 624 608</b>	<b>11 710 018</b>	<b>9,84</b>

\* Después de tener en cuenta el 37% de propiedad de un país que no opera al amparo del artículo 5.

44. El proyecto requerirá la revisión del Acuerdo para la etapa II del PGEH, que se aprobó en la 79ª reunión.

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIÓN DE LA SECRETARÍA

### OBSERVACIONES

#### Informe sobre los progresos logrados en la ejecución del primer tramo del plan de gestión de eliminación de HCFC

##### *Sector de fabricación de espumas de PU*

45. La Secretaría, si bien señaló el avance considerable en la ejecución de las conversiones en el sector de fabricación de espumas de poliuretano, incluso que se habían adquirido todos los equipos

necesarios para las empresas que recibieron asistencia, observó que no todos los equipos habían sido entregados y que el Gobierno había prohibido la importación, el uso y la exportación de HCFC-141b a granel y la exportación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados a partir del 1 de enero de 2020. El PNUD confirmó que se prevé que todos los equipos que no han sido entregados aún se entregarán a más tardar el 31 de diciembre de 2019. La instalación de los equipos requeriría el cese de la fabricación de espumas mientras se realiza la instalación, puesta en marcha y optimización de los equipos nuevos; por consiguiente, las empresas podrían cumplir la prohibición. El PNUD confirmó además que los equipos a base de HCFC serían desmantelados e inutilizados.

#### Conversión de HCFC-22 en la fabricación de unidades de A/A residencial

##### *Selección de tecnología*

46. En la 79ª reunión, la Secretaría no pudo evaluar los costos adicionales de la conversión propuesta para el sector dado que, en ese momento, las empresas decidieron evaluar los resultados de los proyectos de demostración EGYBRA y PRAHA-II, que aún se encontraban en curso, antes de hacer su selección de tecnología.

47. La Secretaría señaló que la propuesta se basaba en las lecciones aprendidas a través del programa EGYBRA en cuanto a la selección de las tecnologías a las que se convertirán las empresas, así como en lo que se había notificado en el informe de evaluación de 2018 del Comité de Opciones Técnicas sobre refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor<sup>15</sup> y en otras evaluaciones técnicas. Si se ejecutara satisfactoriamente, el proyecto promovería además el cumplimiento de las obligaciones de control de Egipto conforme al Protocolo de Montreal y ayudaría a evitar la introducción de alternativas de alto PCA (es decir, R-410A) en el mercado de A/A residencial.

48. De conformidad con la decisión 74/20 a) iii), la Secretaría solicitó información de los proveedores sobre cómo y cuándo el país tendría a su disposición un suministro adecuado de HFC-32 (PCA = 675) y R-454B (PCA = 490) y los componentes necesarios (en especial, los compresores). La ONUDI indicó que los compresores a base HFC-32 y HFC-32, incluidos los compresores adecuados para el uso a altas temperaturas ambiente, son fácilmente accesibles; los proveedores locales indicaron que podrían suministrar compresores para HFC-32 para finales de 2020. Por el contrario, la cadena de suministro para los refrigerantes de R-454B y sus componentes no está aún completamente establecida: hay un suministro limitado de refrigerante R-454B y no hay aún en el mercado compresores para R-454B. Se esperaba que tanto el gas refrigerante como los compresores estarían disponibles en 2023 en los países que no operan al amparo del artículo 5 y en Egipto dos o tres años más tarde. Dado que el R-454B no está disponible en el mercado local y que es probable que esta situación persista después de la terminación de la etapa II del PGEH, la Secretaría no pudo considerar los costos de la conversión a R-454B. Por consiguiente, se acordó que los costos adicionales se determinarían sobre la base de una transición a HFC-32; sin embargo, las empresas dispondrían de flexibilidad para optar por fabricar también equipos a base de R-454B una vez que la tecnología estuviera disponible.

##### *Costo adicional*

49. Las deliberaciones sobre los costos adicionales de capital abarcaron temas relacionados con el costo de las máquinas de carga; el número de máquinas de soldadura ultrasónica necesarias; la admisibilidad de la solicitud de los acopladores de proceso requeridos independientemente del refrigerante usado; los costos relacionados con los laboratorios, que incluyen monitorización del gas, ventilación y si se requiere una máquina de recuperación; el costo de un sistema de detección de fugas de helio, dada la práctica en dos de las empresas de probar las unidades de interiores en busca de fugas con HCFC-22; y el precio de los repuestos, ingeniería de proyecto, instalación y capacitación, y auditorías de

<sup>15</sup> Disponible en [https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/RTOC-assessment-report-2018\\_0.pdf](https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/RTOC-assessment-report-2018_0.pdf).

seguridad. Además, la asistencia técnica solicitada en cada empresa para mantener o mejorar la eficiencia energética no resultó admisible y la asistencia técnica para garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad ya estaba incluido en los costos convenidos para instalación y capacitación. No obstante, de conformidad con la sugerencia formulada en la revisión técnica independiente del proyecto y las conclusiones del EGYPRA, la Secretaría consideró que se requeriría asistencia adicional para optimizar el rendimiento de los equipos fabricados para garantizar que puedan competir en el mercado con los equipos a base de R-410A.

50. Tras tener en cuenta la falta de admisibilidad de los equipos comprados después del 21 de septiembre de 2007, los costos adicionales de capital convenidos para las cinco empresas se ajustaron de 5 085 410 \$EUA a 4 253 197 \$EUA, como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Costos adicionales de capital convenidos para las cinco empresas**

Área de proceso y equipos	Fabricante					Total
	El-Araby	Fresh	Miraco	Power	Unionaire	
Sistema de suministro de refrigerante	81 000	118 000	74 340	40 000	118 000	431 340
Línea de fabricación de interiores	65 000	0	0	0	130 000	195 000
Línea de fabricación de exteriores	328 500	304 500	406 035	216 500	448 500	1 704 035
Zona de ejecución de pruebas	122 000	82 000	77 490	30 000	100 000	411 490
Cámaras de laboratorio	71 000	31 000	32 130	31 000	31 000	196 130
Repuestos	15 000	15 000	14 175	7 500	15 000	66 675
Ingeniería, instalación, certificación y capacitación	112 000	72 000	70 560	62 000	112 000	428 560
Diseño y optimización de producto	150 000	75 000	94 500	50 000	150 000	519 500
Imprevistos	68 250	55 050	60 417	32 500	84 250	300 467
<b>Total de costos adicionales de capital</b>	<b>1 012 750</b>	<b>752 550</b>	<b>829 647</b>	<b>469 500</b>	<b>1 188 750</b>	<b>4 253 197</b>

51. Los costos adicionales de explotación se convinieron en base a la carga media por unidad (1,30 kg/unidad), un 30% de reducción de la carga al convertir de HCFC-22 a HFC-32, la diferencia de precio entre el HCFC-22 (2,95 \$EUA/kg) y el HFC-32 (7,94 \$EUA/kg) y costos adicionales relacionados con la seguridad y posibles diferencias menores en el precio de los compresores para HFC-32 adecuados para usar en condiciones de altas temperaturas ambiente (3,65 \$EUA/unidad), lo que arrojó un costo adicional de explotación de 6,18 \$EUA/kg.

52. Además, en la 79ª reunión se acordó que los costos de la DGP podrían ser incrementados si se aprobaba una propuesta para sector de fabricación de equipos de A/A residencial como parte de la etapa II<sup>16</sup>, que la ONUDI había omitido inadvertidamente en la propuesta de proyecto; se acordaron 175 000 \$EUA de financiación adicional para la DGP.

53. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se convinieron costos totales del proyecto de 2 619 710 \$EUA, como se indica en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Costos convenidos para la conversión en los cinco fabricantes (\$EUA)**

Empresa	tm	Toneladas PAO	Costo adic. de capital (\$EUA)	Costo adic. de explotación (\$EUA)	Total (\$EUA)	CE/kg
El-Araby	228,45	12,56	1 012 750	1 411 809	2 424 559	10,61
Fresh	141,67	7,79	752 550	875 502	1 628 052	11,49
Miraco*	373,67	20,55	829 647	1 454 835	2 284 482	6,11

<sup>16</sup> Párrafo 56 del documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/32.

Empresa	tm	Toneladas PAO	Costo adic. de capital (\$EUA)	Costo adic. de explotación (\$EUA)	Total (\$EUA)	CE/kg
Power	46,00	2,53	469 500	284 280	753 780	16,39
Unionaire	400,00	22,00	1 188 750	2 472 000	3 660 750	9,15
DGP					175 000	
<b>Total</b>	<b>1 189,78</b>	<b>65,44</b>	<b>4 253 197</b>	<b>6 498 426</b>	<b>10 926 623</b>	<b>9,18</b>

\* Después de tener en cuenta el 37% de propiedad de un país que no opera al amparo del artículo 5

### *Sostenibilidad de la conversión*

54. Todas las empresas excepto Power fabrican tanto unidades a base de HCFC-22 como a base de R-410A en sus líneas de fabricación; en especial, cada línea (excepto la línea de Power) se puede usar para fabricar equipos a base de HCFC-22 o a base de R-410A. Dado que las empresas fabrican equipos a base de R-410A y que tales equipos son fácilmente accesibles en el mercado internacional, son relativamente económicos y también se importan en el país, la Secretaría consideró que se requeriría un marco favorable para garantizar la sostenibilidad de la eliminación.

55. La Secretaría y la ONUDI debatieron en detalle opciones para un marco favorable a esos efectos. En especial, la Secretaría sugirió que el marco podría incluir la aplicación de un arancel más alto a la importación de equipos de A/A residencial a base de R-407C y R-410A, un impuesto sobre los equipos que se fabriquen localmente acorde al arancel y un subsidio para los equipos de bajo PCA. La ONUDI informó que, si bien el Gobierno estaba considerando una gama de medidas de políticas, tales medidas podrían no corresponder exclusivamente al ámbito de competencia del Organismo de Asuntos Ambientales de Egipto y la DNO; considerando que, además, la aplicación de esas medidas requeriría consultas internas, el Gobierno necesitaba tiempo adicional para seleccionar las medidas. Por consiguiente, se acordó que el Gobierno de Egipto se comprometería a adoptar y aplicar medidas reglamentarias adecuadas, en conjunto con el progreso del proyecto de conversión, con la finalidad de garantizar el control total de los equipos de A/A residencial a base de R-410A/R-407 importados o disponibles en el mercado local y garantizar la adopción de la tecnología alternativa seleccionada por el mercado local.

56. Se presentaría información actualizada sobre la situación de esas medidas cuando se presentara el tercer tramo de la etapa II del PGEH. El examen de la solicitud de tramo por parte de la Secretaría tendría en cuenta el progreso realizado en el establecimiento de un marco para un entorno favorable.

57. Además, se acordó que las cinco empresas se comprometerían a participar activamente en los esfuerzos para promover la aceptación en el mercado de los equipos de A/A residencial a base de la tecnología acordada y a garantizar que su fabricación de equipos a base de R-410A para el mercado local decrezca progresivamente hasta que las empresas fabriquen únicamente equipos para el mercado local con la tecnología acordada o una tecnología con PCA más bajo.

58. Con respecto a la posible fabricación futura de equipos tanto a base a HFC-32 como a base de R-454B, la Secretaría señaló que una vez que el R-454B esté disponible, su costo puede ser más alto que el del HFC-32. Por consiguiente, puede existir el riesgo de que, cuando los equipos de R-454B necesiten servicio y mantenimiento, sean completados con HFC-32, el componente principal del R-454B, en lugar de la mezcla en sí misma. La ONUDI aclaró que si bien las consecuencias para un equipo pueden ser limitadas, esa práctica podría afectar la confiabilidad del equipo, en parte considerando la temperatura de descarga más alta del HFC-32. Se podría considerar la anulación de la garantía del fabricante para desalentar esa posible práctica, así como el desarrollo de lumbreras de carga especiales para R-454B, si fuera posible.

59. Teniendo en cuenta que la conversión de las cinco empresas permitiría la conversión de todo el sector de fabricación de equipos de A/A residencial, se acordó que el Gobierno de Egipto prohibiría la importación y fabricación de equipos de A/A residencial a base de HCFC-22 a más tardar el 1 de enero de 2023, de conformidad con la decisión 79/25.

60. Respecto de la futura admisibilidad de las empresas, hubo consenso general en que las cinco empresas no serían admisibles para recibir más financiación del Fondo Multilateral para la eliminación de los HCFC o el R-410A. Además, la Secretaría entiende que, de conformidad con los párrafos 17 y 18 de la decisión XXVIII/2, las empresas tampoco serían admisibles para la reducción de su consumo de HFC-32, y que este entendimiento se compartió con el Gobierno de Egipto y las empresas.

#### *Impacto climático*

61. El reemplazo de HCFC-22 por HFC-32 en el sector de A/A permitirá evitar la emisión de 2 223 435 tm de eq. de CO<sub>2</sub> (es decir, del nivel básico de emisiones de 5 797 387 tm de eq. de CO<sub>2</sub> a 3 573 952 tm de eq. de CO<sub>2</sub>), sobre la base del Indicador de impacto climático del Fondo Multilateral (IICFM) revisado.

#### *Cofinanciación*

62. El costo total convenido para la conversión del sector de A/A residencial es de 10 926 623 \$EUA; otros costos adicionales, como las inversiones para la conversión de los intercambiadores de calor (de ser necesaria), correrían a cargo de las empresas. El Gobierno de Egipto proporcionaría cofinanciación mediante apoyo en especie para aplicar las medidas reglamentarias y las políticas de apoyo necesarias para ayudar a garantizar que la conversión del sector de A/A residencial a alternativas de bajo PCA sea sostenible.

#### Revisión del Acuerdo sobre el PGEH

63. De conformidad con la decisión 79/34 d), el Gobierno propuso revisar el Acuerdo para la etapa II del PGEH. Basándose en el cronograma del proyecto, se acordó dividir la financiación asociada con el proyecto para convertir las cinco empresas que fabrican A/A residencial en los tramos de 2019, 2021 y 2023; cambiar el objetivo especificado en la fila 1.2 de conformidad con la nota al pie del Apéndice 2-A acordado en la 79ª reunión<sup>17</sup>; deducir 65,44 toneladas PAO de HCFC-22 del consumo remanente admisible para la financiación del país, actualizar el objetivo para el uso controlado que figura en el párrafo 1 a 115,54 toneladas PAO, y añadir un nuevo párrafo 17 para indicar que se ha actualizado el Acuerdo, como se indica en el Anexo II del presente documento. El Acuerdo actualizado completo se adjuntará al informe final de la 84ª reunión.

#### Sostenibilidad de la eliminación de los HCFC

64. El Gobierno de Egipto ha promulgado reglamentos que apoyan las conversiones del sector de fabricación de espumas de poliuretano, que incluyen la prohibición de la importación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados a partir del 1 de enero de 2018, y la prohibición de la importación, el uso y la exportación de HCFC-141b a granel y de la exportación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados, que entrará en vigor a más tardar el 1 de enero de 2020. El Gobierno además se ha comprometido a prohibir el uso de HCFC y las mezclas de HCFC en la fabricación de espumas de poliestireno extruido a más tardar el 1 de enero de 2023; prohibir la importación de HCFC-142b y mezclas de HCFC-142b a más tardar el 1 de enero de 2023; con la aprobación del proyecto para convertir el sector de cinco empresas fabricantes de equipos de A/A residencial, prohibir la importación y

---

\* El consumo máximo permitido total de sustancias del Grupo I del Anexo C se reduciría otras 10 toneladas PAO como máximo al aprobarse un plan para el sector del aire acondicionado doméstico como parte de la etapa II.

fabricación de equipos de A/A residencial a base de HCFC-22 a más tardar el 1 de enero de 2023; garantizar el control total de los equipos de A/A residencial a base de R-410A y R-407 importados o disponibles en el mercado local y la adopción de la tecnología de HFC-32 y, en el caso de que las empresas así lo decidan una vez que la tecnología esté disponible, la tecnología de R-454B.

### Conclusión

65. La ejecución del PGEH está progresando, el sistema de concesión de licencias y cupos del país está funcionando y el consumo verificado está por debajo de los objetivos para 2018. Las conversiones en el sector de espumas de poliuretano están progresando y todas las empresas podrán cumplir la prohibición de la importación, el uso y la exportación de HCFC-141b a granel y la exportación de HCFC-141b contenido en polioles premezclados que entrará en vigor el 1 de enero de 2020. El nivel de desembolso es de 33%. Las actividades planificadas en el marco del segundo tramo permitirán la conversión del sector de fabricación de espumas de XPS, que se terminará con fondos del tercer tramo, y fomentarán aún más la capacidad de los funcionarios de aduanas y de aplicación y reforzarán el sector de servicio y mantenimiento, ayudando así a garantizar que el país pueda satisfacer sus obligaciones de cumplimiento con arreglo al Protocolo. Ante la falta de un proyecto para convertir el sector de fabricación de equipos de A/A residencial a alternativas de bajo PCA, cuatro de las cinco empresas probablemente comenzarían a fabricar exclusivamente equipos a base de R-410A en las líneas existentes; el proyecto, que incluiría el marco para un entorno favorable y las medidas de política relacionadas, resultará crítico para evitar este resultado y transmitiría al mercado una señal respecto a la conversión a tecnología de bajo PCA, lo que podría modificar la trayectoria de la transformación de mercado de este sector en favor de alternativas de bajo PCA.

### **RECOMENDACIÓN**

66. El Comité Ejecutivo tal vez desee considerar:

- a) Tomar nota del informe sobre la marcha de las actividades relativo a la ejecución del primer tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC para Egipto;
- b) Aprobar el proyecto para la conversión de El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire de HCFC-22 a HFC-32 y, en el caso de que las empresas así lo decidan una vez que la tecnología esté disponible, a R-454B, en la fabricación de unidades de aire acondicionado residencial, por un monto de 10 926 623 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 764 864 \$EUA para la ONUDI;
- c) Deducir 65,44 toneladas PAO de HCFC-22 del consumo remanente de HCFC admisible para la financiación;
- d) Tomar nota del compromiso del Gobierno de Egipto de lograr un nivel sostenido de 115,54 toneladas PAO antes del 1 de enero de 2025 en cumplimiento del calendario del Protocolo de Montreal;
- e) Tomar nota:
  - i) Del compromiso del Gobierno de Egipto en relación con lo siguiente:
    - a. Prohibir la importación y fabricación de equipos de A/A residencial a base de HCFC a partir del 1 de enero de 2023;
    - b. Garantizar el control total de los equipos residenciales a base de R-410A y R-407C, ya sea importados o disponibles en el mercado local; y

- c. Garantizar la adopción de la tecnología de HFC-32 y, en el caso de que las empresas así lo decidan una vez que la tecnología esté disponible, a la tecnología de R-454B en el mercado local;
- ii) Del compromiso de El-Araby, Fresh, Miraco, Power y Unionaire de participar activamente en los esfuerzos para promover la aceptación en el mercado de los equipos de aire acondicionado residencial a base de la tecnología acordada y de garantizar que su fabricación de equipos a base de R-410A para el mercado local decrezca progresivamente hasta que las empresas fabriquen únicamente equipos para el mercado local con la tecnología acordada o una tecnología con PCA más bajo;
- f) De que la Secretaría ha actualizado el Apéndice 2-A del Acuerdo entre el Gobierno de Egipto y el Comité Ejecutivo, sobre la base de la aprobación de la propuesta de proyecto mencionada en el apartado b) anterior y la deducción del tonelaje de HCFC que se menciona en el apartado c) anterior y ha actualizado el objetivo para el uso controlado que figura en el párrafo 1 a 115,54 toneladas PAO y de que se ha añadido un nuevo párrafo 17 para indicar que el Acuerdo actualizado reemplaza al acuerdo alcanzado en la 79ª reunión, como se indica en el Anexo II del presente documento; y
- g) Aprobar el segundo tramo de la etapa II del plan de gestión de eliminación de HCFC para Egipto y el correspondiente plan de ejecución del tramo para 2019-2022, por un monto de 6 991 764 \$EUA, que comprende 4 668 214 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 326 775 \$EUA, para la ONUDI, 1 836 750 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 128 573 \$EUA, para el PNUD, 279 500 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 33 394 \$EUA, para el PNUMA y 207 300 \$EUA, más gastos de apoyo del organismo de 26 949 \$EUA, para el Gobierno de Alemania.



## Anexo I

### EGYPRA

1. Se probaron diecinueve prototipos de unidades divididas (*split*) hechas de medida con compresores especializados provistos por varias empresas en laboratorios locales acreditados, con refrigerantes provistos por Arkema, Chemours, Daikin y Honeywell. Se repitieron las pruebas a los efectos de la optimización.

2. Los resultados muestran que es posible mejorar la capacidad y eficiencia energética de los prototipos trabajando con alternativas al HCFC-22 y al R-410A (con mejoras más altas para las alternativas al R-410A). Estas mejoras dependen de la disponibilidad y selección de los componentes correctos para las unidades que pueden brindar el rendimiento requerido.

3. Es necesario crear capacidad que permita a los fabricantes diseñar, optimizar y probar unidades con refrigerantes inflamables a fin de mejorar el rendimiento y satisfacer las normas de eficiencia energética, y actualizar sus instalaciones de prueba, tanto en función de la instrumentación como para el manejo de refrigerantes inflamables. Los resultados de las pruebas muestran que todos los refrigerantes usados en el proyecto son alternativas viables desde el punto de vista termodinámico; sin embargo, en comparación con las normas mínimas de rendimiento energético para Egipto, los resultados muestran que la industria enfrenta desafíos para proporcionar unidades de A/A de alta eficiencia que satisfagan requisitos estrictos en los años venideros. Además, se debe investigar mejor la viabilidad en función de otros criterios, como compatibilidad, disponibilidad comercial, seguridad y costo.

4. La Secretaría pidió que se aclarase si los resultados y conclusiones del programa EGYBRA fueron los mismos que los de otros programas de prueba con los que se probaron de forma similar alternativas de bajo PCA en el sector de fabricación de equipos de A/A, tales como los proyectos de demostración financiados por el Fondo Multilateral. En el Cuadro 1 se comparan los criterios de diseño, protocolos de prueba, refrigerantes probados y restricciones de cuatro programas de prueba: AREP-II<sup>1</sup>, EGYBRA, ORNL<sup>2</sup> y PRAHA<sup>3</sup>:

**Cuadro 1. Comparación de los programas de prueba PRAHA, EGYBRA, ORNL y AREP-II**

Programa	PRAHA	EGYPRA	ORNL – Fase I (A/A dividido pequeño)	AREP-II
1 Tipo de prueba	Prototipos de prueba de medida, comparados con unidades originales de: HCFC-22 y R-410A	Prototipos de prueba de medida, comparados con unidades originales de: HCFC-22 y R-410A	Pruebas de optimización ligera, comparadas con unidades originales de: HCFC-22 y R-410A	Optimización ligera o con productos sustitutos de uso inmediato de unidades individuales probadas contra una unidad original de R-410A
2 Núm. de prototipos	13 prototipos, cada capacidad y refrigerante específico construidos por uno o dos OEM, comparados con refrigerantes a base de: HCFC-22 y R-410A. Total de prototipos y unidades originales = 22	28 prototipos, cada uno con una capacidad y un refrigerante específico, construidos por un OEM, comparados con refrigerantes a base de: HCFC-22 y R-410A. Total de prototipos y unidades originales = 37	2 unidades disponibles comercialmente, modificadas con optimización ligera para comparar con refrigerantes a base de: HCFC-22 y R-410A	22 unidades de diferentes OEM que van desde divididas hasta enfriadores de agua

<sup>1</sup> Programa de Evaluación de Refrigerantes Alternativos del AHRI <http://www.ahrinet.org/arep>.

<sup>2</sup> Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M y Kassuga T, 2015. “Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners”, ORNL/TM-2015/536. Disponible en: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto\\_pub59157\\_101515.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf).

<sup>3</sup> Informe del proyecto PRAHA: <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-low-gwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>.

Programa		PRAHA				EGYPRA				ORNL – Fase I (A/A dividido pequeño)		AREP-II	
3	Núm. de categorías	60 Hz		50 Hz		50 Hz				60 Hz		60 Hz	
		De ventana	Dividido pequeño	Entubado	Autocontenido	Dividido pequeño	Dividido pequeño	Dividido pequeño	Central	Unidad dividida	Unidad dividida		Enfriador 34 MBH, dividido x 2 36 MBH, autocontenido 48 MBH, autocontenido 60 MBH, autocontenido 72 MBH
		18 MBH	24 MBH	36 MBH	90 MBH	12 MBH	18 MBH	24 MBH	120 MBH	18 MBH eq. a R-22	18 MBH eq. a R-410a		
4	Condiciones de prueba	Norma ANSI/AHRI 210/240 e ISO 5151 a T1, T3 y T3 + (50 °C) y una prueba de continuidad de 2 horas a 52 °C				EOS 4814 y 3795 (ISO 5151), condiciones T1, T2, y T3				Norma ANSI/AHRI 210/240 e ISO 5153, condición T3 (2010)		ANSI/AHRI 210/240, a T1, T3, y 125 °F	
5	Prototipos suministrados y pruebas efectuadas	Prototipos construidos en seis OEM, prueba en Intertek				Prototipos construidos en ocho OEM, pruebas testigo en laboratorios de los OEM				ORNL, un proveedor. Optimización ligera en el lugar		Proveedores individuales, pruebas en instalaciones propias	
6	Refrigerantes probados	Eq. a HCFC-22: HC-290, R-444B (L-20), DR-3		Eq. a HCFC-22: HC-290, R-444B (L-20), DR-3, R-457A (ARM-32d)		Eq. a HCFC-22: N-20B, DR-3, ARM-20B, R-444B (L-20A), HC-290		Eq. a R-410A: HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A)		Eq. a R-410A: HFC-32, R-447A (L-41-1), DR-55, ARM-71d, HPR-2A		Eq. a R-410A: HFC-32, DR-5A, DR-55, L-41-1, L-41-2, ARM-71a, HPR2A	
		Eq. a R-410A: HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A)		Eq. a R-410A: HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A), ARM-71d		Eq. a R-410A: HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A), ARM-71d, HPR-2A							
		Informe final completado en marzo de 2016											
7	Restricciones	Construir prototipos nuevos con compresores especializados para los refrigerantes seleccionados que quepan en las mismas dimensiones de la caja que el diseño original y comparar el rendimiento y eficiencia con los modelos básicos con unidades de HCFC-22 y R-410A				Construir prototipos nuevos con compresores especializados para los refrigerantes seleccionados con la condición de satisfacer las mismas capacidades de diseño de los modelos seleccionados comparándolos con unidades de HCFC-22 y R-410A				Cambiar algunos componentes de los dos prototipos para incluir los diferentes refrigerantes, dentro de un proceso de “optimización ligera”		-Productos sustitutos de uso inmediato; -Optimización ligera ajustando el dispositivo de expansión, ajustando la cantidad de carga y cambiando el tipo de aceite; -Un caso de ajuste de la velocidad del compresor usando mandos de velocidad variable	

\*MBH = Miles de BTU

5. Si bien el EGYPra tiene un diseño similar a los otros proyectos, tiene las siguientes características distintivas:

- El EGYPra es un programa del PGEH diseñado para involucrar a los fabricantes locales en la adopción de decisiones sobre las mejores alternativas de refrigerante para su industria; la segunda fase del programa brindará a los fabricantes una perspectiva del proceso de optimización;
- El programa involucra a más fabricantes, excepto con respecto al AREP, y prueba más prototipos que los otros tres; Los ocho refrigerantes alternativos usados cubren los refrigerantes disponibles en el momento en que se construyeron los prototipos;
- El EGYPra no se centró solo en temperaturas ambiente altas, sino en la gama completa de temperaturas que pueden prevalecer en Egipto; y
- Los resultados de las pruebas facilitan la explicación de las relaciones entre refrigerante, temperatura ambiente, aplicación de los equipos y rendimiento.

6. El EGYPRA no se comparó con el informe final sobre el proyecto de demostración en los fabricantes de equipos de A/A para desarrollar unidades de aire acondicionado de ventana y autocontenidas que usan refrigerantes con bajo PCA en la Arabia Saudita ni con el informe final sobre el proyecto de demostración para la eliminación del HCFC-22 en la fabricación de equipos de aire acondicionado comercial en Industrias Thermotar Ltda. en Colombia.



**Anexo II**

**TEXTO QUE SE INCLUIRÁ EN EL PROYECTO DE ACUERDO ACTUALIZADO ENTRE EL GOBIERNO DE EGIPTO Y EL COMITÉ EJECUTIVO DEL FONDO MULTILATERAL PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE HIDROCLOROFUOROCARBONOS EN EL MARCO DE LA ETAPA II DEL PLAN DE GESTIÓN DE ELIMINACIÓN DE LOS HCFC**

(Los cambios pertinentes están en negrita para facilitar la referencia)

1. El presente Acuerdo representa el entendimiento a que han llegado el Gobierno de Egipto (el “País”) y el Comité Ejecutivo con respecto a la reducción del uso controlado de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) indicadas en el Apéndice 1A (“Las Sustancias”) hasta un nivel sostenido de **115,54** toneladas PAO antes del 1 de enero de 2025 en cumplimiento del calendario del Protocolo de Montreal.

17. El presente Acuerdo actualizado sustituye al Acuerdo alcanzado entre el Gobierno de Egipto y el Comité Ejecutivo en la 79ª reunión del Comité Ejecutivo.

**APÉNDICE 2-A: LOS OBJETIVOS Y LA FINANCIACIÓN**

Fila	Detalles	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Total
1.1	Calendario de reducción del Protocolo de Montreal para sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	347,64	347,64	347,64	251,08	251,08	251,08	251,08	251,08	125,54	n/a
1.2	Consumo total máximo permisible para sustancias del Anexo C, Grupo I (toneladas PAO)	347,64	289,70	289,70	251,08	251,08	251,08	<b>241,08</b>	<b>241,08</b>	<b>115,54</b>	n/a
2.1	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Principal (ONU) (\$EUA)	3 356 641	0	<b>4 668 214</b>	0	<b>4 664 196</b>	0	<b>4 039 413</b>	0	195 000	<b>16 923 464</b>
2.2	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Principal (ONU) (\$EUA)	234 965	0	<b>326 775</b>	0	<b>326 494</b>	0	<b>282 759</b>	0	13 650	<b>1 184 642</b>
2.3	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUD) (\$EUA)	1 042 352	0	1 836 750	0	816 620	0	0	0	0	3 695 722
2.4	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUD) (\$EUA)	72 965	0	128 573	0	57 163	0	0	0	0	258 701

UNEP/OzL.Pro/ExCom/84/49  
Anexo II

Fila	Detalles	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Total
2.5	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUMA) (\$EUA)	230 000	0	279 500	0	260 000	0	180 000	0	105 500	1 055 000
2.6	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Cooperante (PNUMA) (\$EUA)	27 480	0	33 394	0	31 064	0	21 506	0	12 605	126 050
2.7	Financiación convenida para el Organismo de Ejecución Cooperante (Alemania) (\$EUA)	0	0	207 300	0	0	0	0	0	0	207 300
2.8	Gastos de apoyo para el Organismo de Ejecución Cooperante (Alemania) (\$EUA)	0	0	26 949	0	0	0	0	0	0	26 949
3.1	Financiación total convenida (\$EUA)	4 628 993	0	6 991 764	0	5 740 816	0	4 219 413	0	300 500	21 881 486
3.2	Total de gastos de apoyo (\$EUA)	335 410	0	515 690	0	414 721	0	304 265	0	26 255	1 596 342
3.3	Total de gastos convenidos (\$EUA)	4 964 403	0	7 507 454	0	6 155 537	0	4 523 678	0	326 755	23 477 828
4.1.1	Total convenido de eliminación del HCFC-22 por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)										135,97
4.1.2	Eliminación del HCFC-22 por lograr en la etapa previa (toneladas PAO)										6,13
4.1.3	Consumo admisible remanente del HCFC-22 (toneladas PAO)										98,09
4.2.1	Total convenido de eliminación del HCFC-123 por lograr, conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)										0
4.2.2	Eliminación del HCFC-123 por lograr en la etapa previa (toneladas PAO)										0
4.2.3	Consumo admisible remanente del HCFC-123 (toneladas PAO)										0,11
4.3.1	Total convenido de eliminación de HCFC-141b por lograr, conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)										33,92*
4.3.2	Eliminación del HCFC-141b por lograr en la etapa previa (toneladas PAO)										95,69
4.3.3	Consumo admisible remanente del HCFC-141b (toneladas PAO)										0
4.4.1	Total convenido de eliminación de HCFC-142b por lograr, conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)										16,36
4.4.2	Eliminación del HCFC-142b por lograr en la etapa previa (toneladas PAO)										0
4.4.3	Consumo admisible remanente del HCFC-142b (toneladas PAO)										0
4.5.1	Total convenido de eliminación del HCFC-141b en los polioles premezclados importados por lograr conforme a este Acuerdo (toneladas PAO)										26,16
4.5.2	Eliminación del HCFC-141b en los polioles premezclados importados por lograr en la etapa previa (toneladas PAO)										72,18
4.5.3	Consumo admisible remanente de HCFC-141b en polioles premezclados importados (toneladas PAO)										0

\* Incluida la eliminación de 4,4 toneladas PAO aprobadas en la 76ª reunión e incorporada en el presente Acuerdo.

Nota: Fecha de terminación de la etapa I conforme al Acuerdo de la etapa I: 31 de diciembre de 2019.



# EGYPRA – Promotion of Low-GWP Refrigerants for the Air Conditioning Industry in Egypt

2019

---

## Report

Project supported by the Multilateral Fund of the Montreal Protocol



**UNITED NATIONS ENVIRONMENT**



**UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

## **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 permission in writing 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 government and the National Ozone Unit Officers of Egypt for their support in the implementation of the project phases and their assistance in facilitating communication with the different stakeholders.

We also acknowledge the independent International Technical Review Team that assist the project team in reviewing the process, results and the report of the project.

Prof. Roberto Peixoto (Brazil)  
Prof. Walid Chakroun (Kuwait)  
Dr. Omar Abdel Aziz (USA/UAE)

Acknowledgement also goes to the “Technology Providers” (Refrigerant and Compressor manufacturers) for providing components free of charge.

Refrigerant Providers: Arkema, Chemours, Daikin, and Honeywell.  
Compressor providers: Emerson, Highly, and GMCC.

Also the OEM manufacturers who built the prototypes and tested them at their own facilities. The OEMs are listed under item 1.6

Delta Construction Manufacturing (DCM)  
Elaraby  
Egyptian German Air Treatment Company (EGAT)  
Fresh  
Miraco  
Power  
Unionaire  
Volta

## Project Team

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

**The Project Management:** UN Environment and UNIDO 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 Dr. Lamia Benabbas, Programme Officer – UNIDO and Mr. Ayman Eltalouny, International Partnership Coordinator, OzoneAction Programme – UN Environment

**The Egyptian Organization for Standards:** provided guidance on the Egyptian standards for testing as well as the minimum energy performance standards (MEPS).

**The Technical Consultant, 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. The Technical Consultant witnessed-testing of all prototypes and baseline units, compiled testing data, and provided analysis of data.

**The Coordination Consultant, Mr. Bassam Elassaad** provided logistical support and coordination for the project and helped with writing of the final report.

## Contents

List of Figures .....	vi
List of Tables .....	vii
Acronyms .....	viii
Executive Summary .....	x
<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Egypt HPMP.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Project Objectives .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Selection of Alternative Refrigerants .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Selection of Capacity Categories .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5. Stakeholders: .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6. Methodology.....</b>	<b>5</b>
<b>1.7. Testing Parameters and Facilities.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Results .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Presentation and Analysis of Results .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1. Analysis of Capacity and EER Performance for HCFC-22 Alternatives .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2. Analysis of Capacity and EER Performance for R-410A Alternatives .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Analytical comparison &amp; way forward.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures .....</b>	<b>20</b>
<b>3.6. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each temperature across all categories and refrigerants .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Energy Efficiency and Progressive Changes in MEPS for Egypt .....</b>	<b>22</b>
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Technical Conclusion.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2. Capacity Building Requirements .....</b>	<b>26</b>
<b>Bibliography .....</b>	<b>28</b>
<b>Annex 1: Test Results.....</b>	<b>29</b>
<b>Annex 2: Sample Questionnaire for Local Manufacturers .....</b>	<b>42</b>
<b>Annex 3: Brief description of Manufacturers' testing labs .....</b>	<b>44</b>

**List of Figures**

*Figure 1 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh split units* ..... 11

Figure 2 Capacity vs EER Ratio for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh split units ..... 12

Figure 3 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh split units ..... 13

Figure 4 Capacity vs EER ratio for R-410a alternatives in 12,000 Btuh split units ..... 14

Figure 5 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 18,000 Btuh split units ( ..... 15

Figure 6 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 24,000 Btuh split units ..... 16

Figure 7 Example of pie chart for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category..... 18

Figure 8 capacity and EER Performance of HCFC-22 alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures ..... 18

Figure 9 capacity and EER performance for HCFC-22 alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures ..... 19

Figure 10 Capacity and EER performance of HCFC-22 alternatives for each testing temperature across all categories and all refrigerants..... 19

Figure 11 capacity and EER performance of R-410A alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures ..... 20

Figure 12 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures ..... 20

Figure 13 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants ..... 21

Figure 14: EER curves for the highest in each class plotted vs. the standard regulation year..... 24

Figure 15 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 30

Figure 16 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 31

Figure 17 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 32

Figure 187 A1 - Equivalent EER charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 33

Figure 19 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 34

Figure 20 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results ..... 35

Figure 21 A1 - Equivalent capacity chart for R410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results ..... 36

Figure 22 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results ..... 37

Figure 23 A1- Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results ..... 38

Figure 24 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results ..... 39

Figure 25 A1 - Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs R-410A results ..... 40

Figure 26 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 24,000 category plotted vs R-410A results.. 41

## List of Tables

Table 1 List of HCFC-22 alternative refrigerants .....	2
Table 2 List of R-410A alternative refrigerants.....	3
Table 3 Matrix of prototypes showing refrigerants selected for each equipment category .....	3
Table 4 Prototypes and type of refrigerant built by the different OEMs.....	5
Table 5 Testing conditions for outdoor and indoor dry and wet bulb temperatures.....	6
Table 6: Conditions and relevant results for the rooftop unit simulated using the ORNL Flexible HPDM simulation tool.....	9
Table 7 Comparison of HCFC-22 alternatives for 12,000 Btuh split units .....	11
Table 8 Comparison of HCFC-22 alternatives for 18,000 Btuh split units .....	12
Table 9 Comparison of HCFC-22 alternatives for 24,000 Btuh split units .....	13
Table 10 Comparison of R-410A alternatives for 12,000 Btuh split units .....	14
Table 11 Comparison of R-410A alternatives for 18,000 Btuh split units .....	15
Table 12 Comparison of R-410A alternatives for 24,000 Btuh split units .....	16
Table 13 Example of calculation of the comparative pie charts .....	17
Table 14: Egypt Energy Ratings per 2014 Standard .....	22
Table 15: Egypt Energy Ratings per 2017 Standard .....	22
Table 16: Egypt Energy Ratings per 2019 Standards.....	23
Table 17: Egypt Energy ratings per 2021 Standard .....	23
Table 18: EER Values at T1 according to the Egyptian Standard ES: 3795/2016 .....	24
Table 19 A1: Capacity and EER Results for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category.....	30
Table 20 A1- Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category.....	32
Table 21 A1 - Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category.....	34
Table 22 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category .....	36
Table 23 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category .....	38
Table 24 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category .....	40
Table 25 A3: Typical parameters shown on a testing lab monitoring screen .....	46
Table 26 A4 - Results for PRAHA-I program .....	48
Table 27 A4 - Results for the AREP program .....	49
Table 28 A4 - Results for the ORNL program.....	50

## Acronyms

AHRI	Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute
ANSI	American National Standards Institute
AREP	Alternative Refrigerant Evaluation Program
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers
Btuh	Also denoted as BTU/h or B.t.u/hr = British Thermal Unit per Hour
BV	Burning Velocity
CAP	Capacity
CC	Cooling Capacity
CFC	Chloro Fluoro Carbon
COP	Coefficient of Performance
DB	Dry Bulb
DC	District Cooling
DX	Direct Expansion
EE	Energy Efficiency
EER	Energy Efficiency Ratio
EGYPRA	Egyptian Program for Promoting Low-GWP Refrigerant Alternatives
EN	European Norms (Standards)
EPA	Environmental Protection Agency (US)
GWP	Global Warming Potential
HAT	High Ambient Temperature
HC	Hydro Carbons
HCFC	Hydro Chloro Fluoro Carbon
HFC	Hydro Fluoro Carbon
HFO	Hydro Fluoro Olefins
HPMP	HCFC Phase-out Management Plan
HVACR	Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration
HX	Heat Exchanger
IU	Indoor Unit
IEC	International Electrotechnical Commission
IPR	Intellectual Property Rights
ISO	International Standards Organization
Kg	Kilograms
kW	Kilowatts
LCCP	Life Cycle Climate Performance
LFL	lower Flammability Limit
MEPS	Minimum Energy Performance Standards
MOP	Meeting of Parties
MP	Montreal Protocol
NOU	National Ozone Unit
ODP	Ozone Depleting Potential
ODS	Ozone Depleting Substances
OEM	Original Equipment Manufacturer
PRAHA	Promoting Low-GWP Refrigerants for the Air Conditioning in HAT Countries
PSI	Pounds per Square Inch
RAC	Refrigeration and Air Conditioning
ROWA	UNEP Regional Office for West Africa
RTOC	Refrigeration, Air Conditioning, and Heat pump & Technical Options Committee

SCFM	Standard Cubic Foot per Minute
SHR	Sensible Heat ratio
SNAP	Significant New Alternative Policy
Tdb	Dry Bulb Temperature
Twb	Wet Bulb Temperature
TEAP	Technical & Economic Assessment Panel
TEWI	Total Equivalent Warming Impact
TF	Task Force
TWB	Wet Bulb Temperature
UNEP	United Nations Environment
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
USD	US Dollars
VC	Vienna Convention
VRF	Variable Refrigerant Flow
WB	Wet Bulb
WG	Working Group

## Executive Summary

HCFCs are used extensively in the refrigeration and air conditioning industry, in particular in the air-conditioning industry. Parties to the Montreal Protocol, in their 21st meeting, adopted a decision concerning HCFCs and environmentally sound alternatives. The decision calls for further assessment and support work to enable parties to find the best ways of moving forward particularly for those with forthcoming compliance targets related to consumption of HCFC in the air-conditioning sector.

The aim of this program was to individually test custom-built AC split unit prototypes and central unit prototypes, to operate with alternative refrigerants and compare their performance against baseline units. Those baseline units are either HCFC-22 or R-410A. The list of refrigerants used and the split unit categories tested is as per the table below. The project involved building and testing 19 custom built split unit prototypes with dedicated compressors provided by Emerson, GMCC, and Hitachi Highly, and 16 base units by five OEMs. The refrigerants were provided by Arkema, Chemours, Daikin, and Honeywell. All the prototypes and the base units were tested at locally available accredited labs at the time the tests were conducted and witnessed by the project's Technical Consultant who also advised the OEMs during the manufacturing stage. Tests were repeated for optimization by tweaking some of the components. A total of 140 witnessed tests were performed. The central units were built but could not be tested due to lack of locally accredited available labs.

	Replacement for	Split system (mini-split)			Central 120,000 Btuh	
		12,000 Btuh	18,000 Btuh	24,000 Btuh	Std. coil	micro channel
HC-290	HCFC-22					
HFC-32	R-410A					
R-457C (Arkema ARM-20a)	HCFC-22					
R-459A (Arkema ARM -71a)	R-410A					
R-454C (Chemours DR-3)	HCFC-22					
R-454B (Chemours DR-5A)	R-410A					
R-444B (Honeywell L-20)	HCFC-22					
R-447A (Honeywell L-41)	R-410A					
HCFC-22 baseline						
R-410A baseline						

The units were tested at four ambient temperatures:  $T_1$  (35 °C) and  $T_3$  (46 °C) with indoor dry bulb/wet bulb temperatures of 27/19 °C and 29/19 °C respectively, plus two other ambient temperatures of 50 °C termed as  $T_{High}$  and 55 °C termed as  $T_{Extreme}$  at ISO 5151 specified indoor dry bulb/wet bulb temperature of 32/23 °C (maximum testing condition in ISO 5151). These indoor temperatures are different from the ones used by other testing programs such as AREP and ORNL. The test results gave higher capacities at  $T_{High}$  than at  $T_3$ .

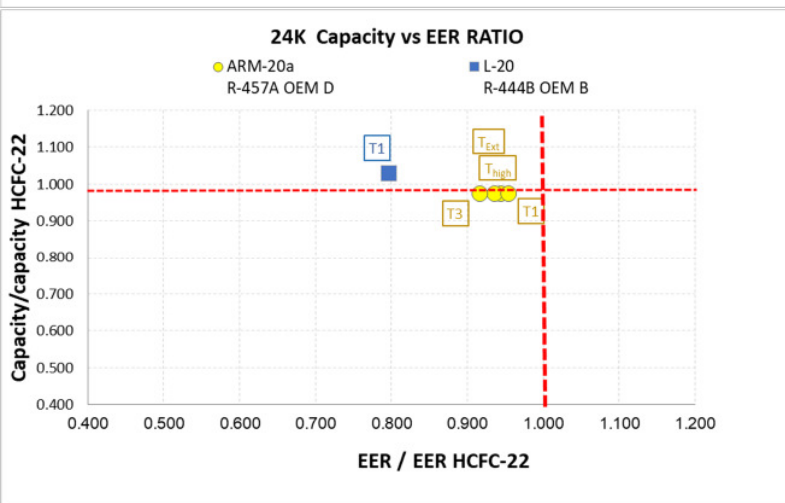
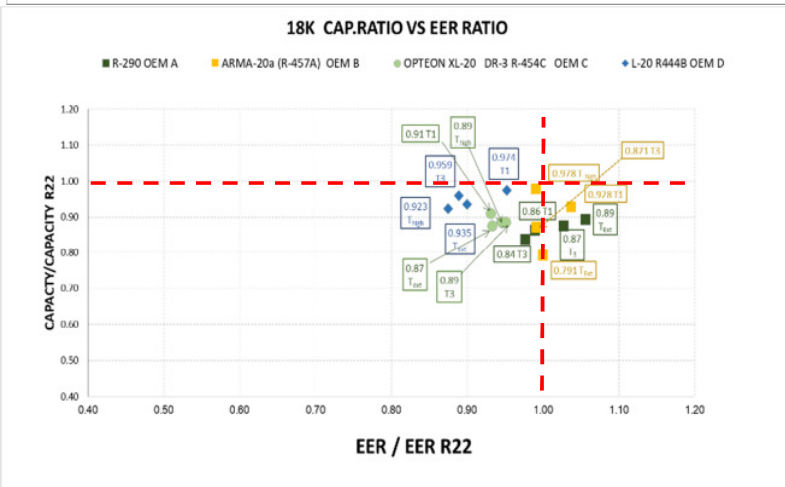
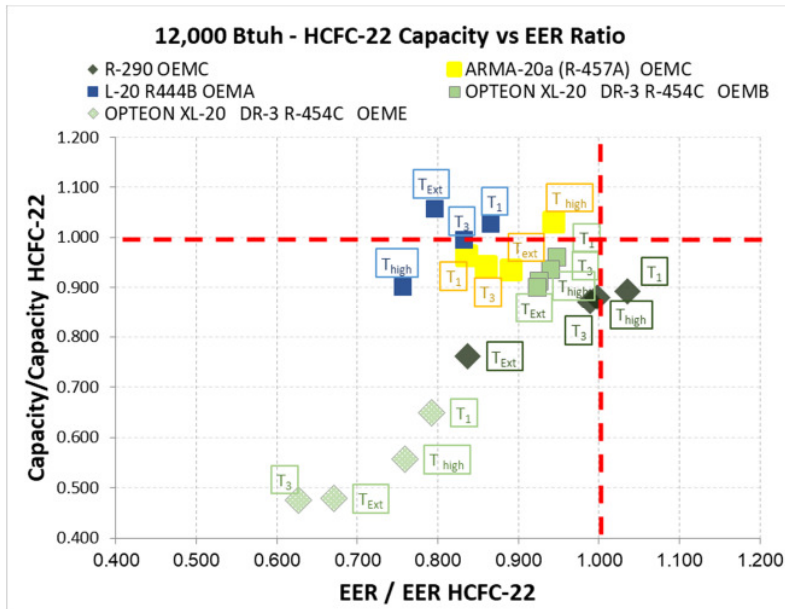
The casual reading of the results may establish confusion, even among specialists, in relation to the increase in capacity and EER at  $T_{High}$  compared to  $T_3$ . This result is not witnessed in other similar research projects; however, by understanding the impact of changing the dry bulb and wet bulb indoor testing conditions i.e.  $T_{high}$  (outdoor 50/24 °C, indoor 32/24 °C) compared to  $T_3$  (outdoor 46/24 °C, indoor 29/19 °C), the results can be explained. These results were randomly double checked through a simulation exercise. The additional exercise to review the results delayed publishing results.

The test results are presented in comparison to the baseline units and color coded to denote the performance over or below the performance of the comparative baseline units. Scattered charts are

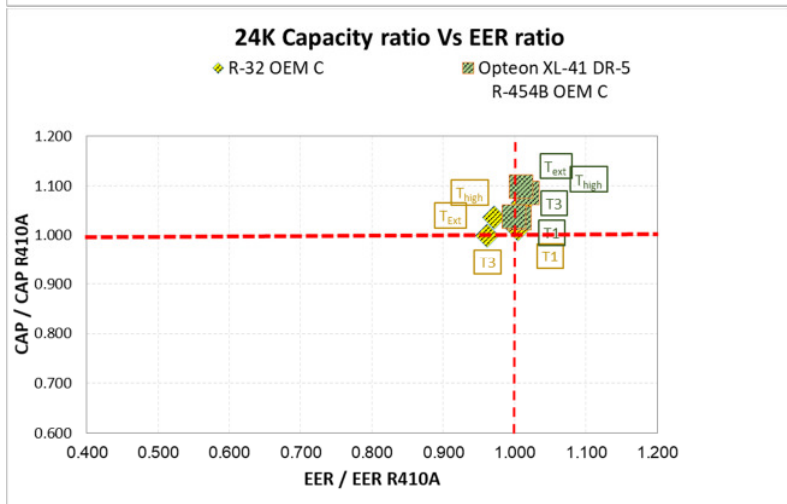
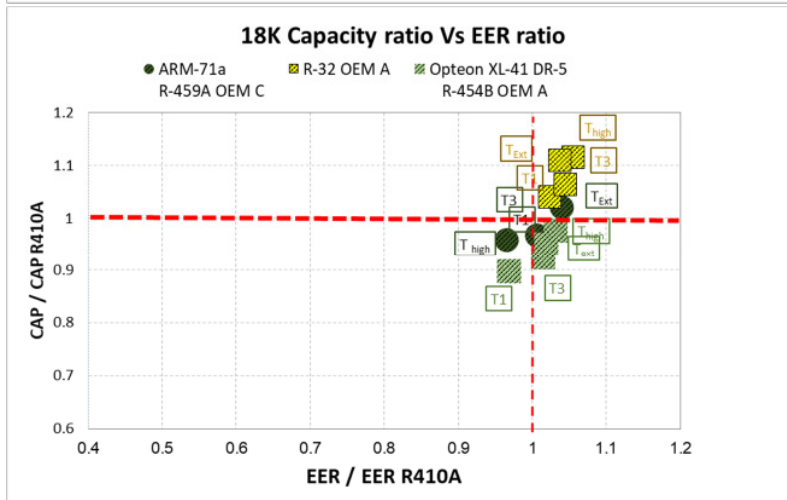
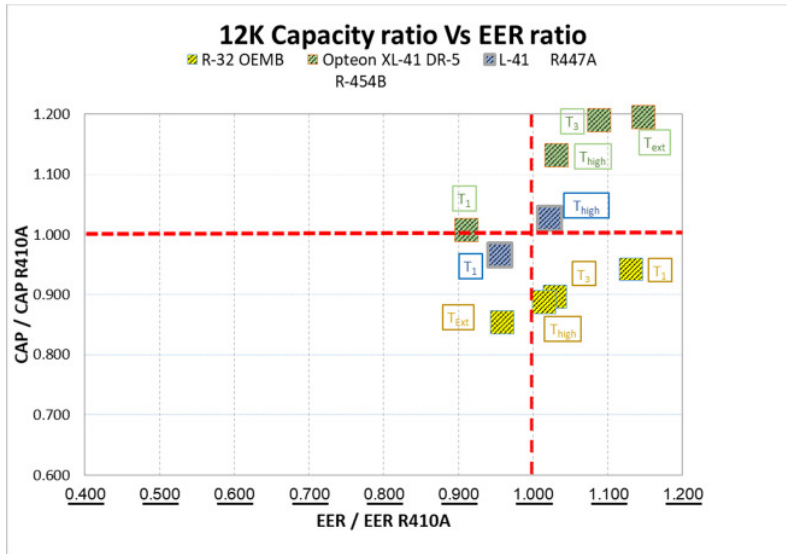


plotted for the capacity ratio vs EER ratio for the prototypes vs the baseline units for each of the three unit categories and for the HCFC-22 alternatives and the R-410A alternatives. The red lines denote performance comparable to the base unit

HCFC-22 alternatives



R-410A alternatives



Test results for HCFC-22 alternatives refrigerants demonstrate that:

- Several refrigerant alternatives show 60%, or above, chance for capacity matching or improvement across all categories and at different testing temperatures.
- Most refrigerant alternatives show 50%, or above, chance for EER improvement across all categories and at different testing temperatures.

Test results for R-410A alternatives refrigerants demonstrate that:

- All refrigerants showed improvement in capacity by 25 % to 67 %
- All refrigerants showed improvement in EER by 67 % to 75 %

The results show that there is a potential to improve the capacity and energy efficiency of the prototypes working with alternatives to HCFC-22; however, the potential for improvements for the prototypes working with alternatives to R-410A is better. This conclusion is in line with the outcome of other testing projects shown in Annex 4 and is based on the percentage of test results that were within plus or minus 10% of the results from testing the baseline refrigerants in the same category of equipment. This improvements are dependent on the availability and selection of the right components for units that can deliver the required performance while still be commercially viable.

An outcome of the project is a need for capacity building to enable the participating OEMs to design, optimize, and test units with flammable refrigerants in order to improve the performance and meet the energy efficiency standards. There is a need to upgrade their testing facilities both in terms of instrumentation as well as to handle flammable refrigerants (refer to Annex 3 for a description of the OEM labs).

Test results show that all refrigerants used in the project are viable alternatives from a thermodynamic point of view; however, when compared to MEPS (Minimum Efficiency Performance Standards) for Egypt - see chapter 4 - results show there are challenges for the industry to provide high efficiency AC units meeting stringent requirements in the coming years. Moreover, the viability in terms of the other criteria like compatibility, commercial availability, safety, and cost among others needs to be further researched.

## Chapter 1

### 1. Introduction

HCFCs are used extensively in the refrigeration and air conditioning industry, in particular in the air-conditioning industry. Parties to the Montreal Protocol, in their 21st meeting, adopted a decision concerning HCFCs and environmentally sound alternatives. The decision calls for further assessment and support work to enable parties to find the best ways of moving forward particularly for those with forthcoming compliance targets related to consumption of HCFC in the air-conditioning sector.

The PRAHA project (*Promoting Low-GWP Refrigerant Alternatives for the Air Conditioning Industry in High Ambient Temperature Countries*) was a pioneer project in testing specially built prototypes by local industries in the Middle East and West Asia region using alternatives refrigerants.

Manufacturers of residential and commercial air conditioning equipment in Egypt met with the Montreal Protocol implementing agencies in July 2014 and agreed on participating in a project to build and test prototypes using various HCFC alternatives at preset conditions in order to compare the performance and efficiency of those refrigerant alternatives.

The project's key elements are to:

- a) Asses available low-GWP refrigerant alternatives by building, optimizing, testing and comparing prototypes with those alternatives;
- b) Asses local Energy Efficiency (EE) standards and codes and the effect of using low-GWP refrigerant alternatives on those standards;
- c) Promoting technology transfer by examining and facilitating technology transfer through the HPMP.

The last two elements are part of the Egyptian HPMP and are not included in this report.

#### 1.1. Egypt HPMP

Egypt's starting point for aggregate reductions in its HCFC consumption is the same as its HCFC baseline consumption of 386 ODP tonnes (ODPt). The analysis of the data by substance and by sector showed that HCFC-22 is used almost entirely in the RAC sector and is the most predominant ODS in metric terms. However, in terms of ODS the use of HCFC-141b is significant, being 35% of the total baseline consumption. Egypt has committed to reduce its consumption by 25% by 2018. The 35% reduction on January 1, 2020 will take the consumption down to 251 ODPt.

The air conditioning manufacturing sub-sector accounts for about 35% of the HCFC-22 consumption. About 56% is used for servicing with RAC manufacturers accounting for the majority of this service consumption, while independent service companies account for just 3% of the HCFC-22 consumption.

The important consumption of HCFC-22 by local AC manufacturers, especially in the RAC sector, is the reason for adopting a project for testing locally built prototypes using low-GWP alternatives in Egypt. The program has been given the name EGYBRA (*Promotion of Low-GWP Refrigerants for the Air-Conditioning Industry in Egypt*)

#### 1.2. Project Objectives

The aim of the program is to individually test especially made prototype split units and central units, to operate with alternative refrigerants and compare their performance against baseline units. Those baseline units are with either HCFC-22 or R-410A refrigerants.

The project objectives were decided upon in agreement with the local stakeholders and can be summarized as follows:

- Orient the Egyptian air conditioning manufacturers to the new medium and low-GWP refrigerants including those with low and high flammability;
- Support technical and policy decisions regarding long-term HCFC alternatives for the air-conditioning industry as part of the of Egypt’s HPMP;
- Streamline the HCFC phase-out program with the Energy Efficiency work in Egypt;
- Promote the introduction of relevant standards/codes that ease the adoption of alternatives needing special safety or handling considerations;
- Exchange the experience with other relevant initiatives and programs which aim at addressing long term alternatives;
- Assess the capacity building and training needs for deploying low-GWP alternatives for different groups dealing or handling refrigerants in Egypt.

The outcomes from the above objectives are not presented in this report which only presents the results of the tests that were carried out for the various prototypes

### 1.3. Selection of Alternative Refrigerants

The selection of the alternative refrigerants was based on the following aspects which are derived from decision XXIII/9 of the Meeting of Parties (MOP):

- I. Commercially available;
- II. Technically proven;
- III. Environmentally sound;
- IV. Economically viable and cost effective;
- V. Safety consideration;
- VI. Easy to service and maintain.

EGYPRA took into consideration the refrigerants that were tested by PRAHA and added new alternatives that were still at an early stage of development when PRAHA was launched in 2012 even though they were still not commercially available at the time the prototype building and testing was done. The refrigerants were selected to replace either HCFC-22 or R-410A as shown in the two tables below, in line with the other testing projects on alternative refrigerants. It is worth noting that EGYPR is a larger testing program than PRAHA, since it tested 19 specially made split unit prototypes and 16 baseline units, a total 35 units. It also witness-tested all units at the manufacturers’ labs. In all 140 tests were made including baseline refrigerants and eight low GWP refrigerants.

*Table 1 List of HCFC-22 alternative refrigerants*

Refrigerant	ASHRAE classification	GWP (100 years) – RTOC
HC-290	A3	5
R-444B Honeywell L-20A	A2L	310
R-454C Chemours Opteon XL-20	A2L	295
R-457A Arkema ARM-20a	A2L	251

Table 2 List of R-410A alternative refrigerants

Refrigerant	ASHRAE classification	GWP (100 years) – RTOC
HFC-32	A2L	704
R-447A Honeywell L-41-2	A2L	600
R-454B Chemours Opteon XL-41	A2L	510
R-459A Arkema ARM-71a	A2L	466

While not all the selected refrigerants are not commercially available or cost effective at present, they have all received “R” numbers as per ASHRAE standard 34.

#### 1.4. Selection of Capacity Categories

The selection of prototypes to build took into consideration that the majority of the units produced in Egypt are of the mini-split type with capacities of 12,000 Btuh, 18,000 Btuh, and 24,000 Btuh (equivalent to 1, 1.5, and 2 refrigeration tons). Some of the units are still manufactured with HCFC-22 and some with HFC refrigerants which prompted building prototypes for alternatives to HCFC-22 as well as R-410A. .

Manufacturers also build what is termed as Central or Packaged units. Several manufacturers produce these units in the 10 Tons (120,000 Btuh or 35 kW) capacity but also in larger capacities of 20 and 25 tons. A 10 Ton Central unit was added to the categories to be tested. Only HCFC-22 alternatives were used for this category. The Central category does not include a prototype with HC-290 because of the relatively high amount of charge needed. The stakeholders preferred to wait for the result of further risk assessment work being done in the region.

One of the technology stakeholders (Danfoss) suggested building at least one prototype with condenser micro-channel heat exchangers (HX). Micro-channel HX technology is proven for conventional refrigerants and uses less refrigerant charge. One of the OEMs took up the challenge to build an extra Central unit with micro-channel HX.

Table 3 below shows the matrix of the prototypes that were agreed upon. Green highlighted areas are for units built, while red denotes the unused portion of the central units as mentioned above.

Table 3 Matrix of prototypes showing refrigerants selected for each equipment category

	Replacement for	Split system (mini-split)			Central 120,000 Btuh	
		12,000 Btuh	18,000 Btuh	24,000 Btuh	Std. coil	micro channel
HC-290	HCFC-22					
HFC-32	R-410A					
R-457C (Arkema ARM-20a)	HCFC-22					
R-459A (Arkema ARM -71a)	R-410A					
R-454C (Chemours DR-3)	HCFC-22					
R-454B (Chemours DR-5A)	R-410A					
R-444B (Honeywell L-20)	HCFC-22					
R-447A (Honeywell L-41)	R-410A					
HCFC-22 base						
R-410A						

OEMs were asked to supply from their standard manufacturing line units with baseline refrigerants equivalent in capacity to each prototypes in order to compare units built by the same OEM.

The test results of the central units are not covered in this report.

### 1.5. Stakeholders:

The project stakeholders:

**The Ministry of Environmental Affairs.** The following entities at the ministry provided overall supervision and monitoring of the project:

- **The Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA):** The Chief Executive Director of EEAA has direct responsibility for the supervision of the activities of the National Ozone Unit.
- **The National Ozone Unit (NOU):** The NOU as an integral part of the Ministry for Environmental Affairs may draw on the legal and technical expertise and resources of the Ministry to undertake its responsibilities. It cooperates with other relevant divisions and field offices of the Ministry and EEAA for carrying out its activities.

**The Manufacturers (OEMs):** Local manufacturers cooperated with Technology Providers to build and test agreed upon prototypes. Eight OEMs participated in the project, listed in alphabetical order:

- **DCM: (Delta Construction Manufacturing):** a manufacturer of central air conditioning equipment;
- **EGAT (Egyptian German Air Treatment Company):** a manufacturer of ducted split and central air conditioners along with airside equipment for commercial and industrial air conditioning;
- **Elaraby Company for Air Conditioning:** a manufacturer of air conditioners and home appliances, Elaraby partners with Sharp on technology for air conditioning equipment;
- **FRESH Electric for Home Appliances:** a manufacturer of air conditioners and home appliances;
- **Miraco Carrier:** a manufacturer of residential and commercial air conditioning equipment. Miraco also partners with Midea;
- **Power Egypt:** a manufacturer of small and central commercial & residential air conditioning equipment;
- **Unionaire:** a manufacturer of air conditioners and home appliances;
- **Volta Egypt:** a manufacturer of central air conditioning equipment.

**Note on Confidentiality:** To ensure the confidentiality of results, OEMs were given random designations from A to H and the results were reported under this designation.

**The Technology Providers:** Provide sample raw materials (refrigerants, compressors, and micro-channel coils) in addition to technical support when needed;

- **Chemours (ex-DuPont):** Provided refrigerants R-454C and R-454B;
- **Daikin:** Provided refrigerant HFC-32;
- **Danfoss:** provided micro-channel HX condenser coils for one central unit;
- **Emerson:** provided compressors for some split systems and all central units;
- **GMCC:** Provided compressors for some of the split systems;
- **Hitachi Highly:** provided compressors for some of the split systems;
- **Honeywell:** provided refrigerants R-444B and R-447A.

## 1.6. Methodology

The local manufacturers volunteered to build a certain number of prototypes each and provided standard units from their production line running on the baseline refrigerants against which the particular prototypes were compared. Baseline units are with either HCFC-22 or R-410A refrigerants.

The assignment of categories and refrigerants to each of the OEMs was based on a questionnaire in which they listed their preferences and their capabilities to take on the work. The questionnaire can be found in Annex 2. Coordination meetings were held with the OEMs in which some of the technology providers were also present. These meetings and the subsequent contacts with the OEMs facilitated the logistics of shipping both the compressors and the refrigerants to the different OEMs

The prototypes were built with the following constraints:

- Using dedicated compressors provided by the project for each type of alternative refrigerant;
- Using the same unit overall dimensions as the base unit, i.e. the heat exchangers could not be oversized in order to compare with the baseline unit. The overall dimensions of the unit were hence kept the same;
- Prototypes needed to meet the MEPS as set out by the Egyptian Organization for Standards EOS 3795:2013 equivalent to ISO 5151 at  $T_1$  conditions as a minimum.
- OEMs provided throttling devices (capillary, flow controls...) according to guidance from refrigerant manufacturers for optimization.

EOS 3795:2013 stipulates for split units less than 65,000 Btuh capacity an EER of 9.5 equivalent to a COP of 2.78 W/W at  $T_1$  conditions.

The OEMs optimized the prototypes by changing the refrigerant charge and the expansion devices. No special coil designs were made for this project except for the micro-channel HX coils used on the central unit. The constraint of keeping the same coils has an effect on the optimization of the prototype; however, since the purpose of the tests is to compare to a baseline unit using HCFC-22 or R-410A refrigerants, this constraint was accepted by the stakeholders.

The Table below shows the number and type of prototype built by each of the OEMs

*Table 4 Prototypes and type of refrigerant built by the different OEMs*

Category	12 000 Btuh		18 000 Btuh		24 000 Btuh	
	HCFC-22 Alternatives	R-410 A Alternatives	HCFC-22 Alternatives	R-410 A Alternatives	HCFC-22 Alternatives	R-410 A Alternatives
<b>A</b>	R-444B	R-447A	R-290	HFC-32 and R-454B	-	-
<b>B</b>	R-454C	HFC-32	R-457A	-	R-444B	-
<b>C</b>	R-290 and R-457C	-	R-457A	R-459A	-	HFC-32 and R-454B
<b>D</b>	-	-	R-444B	-	R-457C	-
<b>E</b>	R-454C	R-454B	-	-	-	-



## 1.7. Testing Parameters and Facilities

EGYPRA testing protocol followed the following testing conditions:

*Table 5 Testing conditions for outdoor and indoor dry and wet bulb temperatures*

	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Outdoor °C db/wb	35/24	46/24	50/24	55/24
Indoor °C db/wb	27/19	29/19	32/23	32/23

The indoor conditions at T<sub>High</sub> and T<sub>Extreme</sub> are not the same as those at T<sub>3</sub> conditions, they were chosen in agreement with the OEMs and are in conformity with ISO 5151 which is followed in Egypt. These indoor conditions are also not the same as in the other testing projects shown in Annex 4. Since the objective of EGYBRA is to compare the performance of AC units with medium and low-GWP alternative refrigerants against units with baseline refrigerants, this comparison remains true as long as the conditions of testing are consistent.

**EGYPRA testing facilities:** The project managers wanted to use one independent testing lab for testing all units in order to provide a continuity and similitude of testing. The government's accredited lab was contacted for that purpose; however, the lab did not have the capability of testing flammable refrigerants. Efforts at upgrading the lab capabilities could not be finished in time for the project timeline and the project adapted the strategy of witness testing at the manufacturers' testing facilities. The Technical Consultant witnessed all the tests and verified the results. A brief description of the OEM testing facilities can be found in Annex 3.

### Testing Methodology:

Testing of the units followed the Egyptian standard EOS 4814, non-ducted AC & HP testing and rating performance. The standard is derived from ISO-5151 and is followed by all manufacturers. The standard stipulates that,

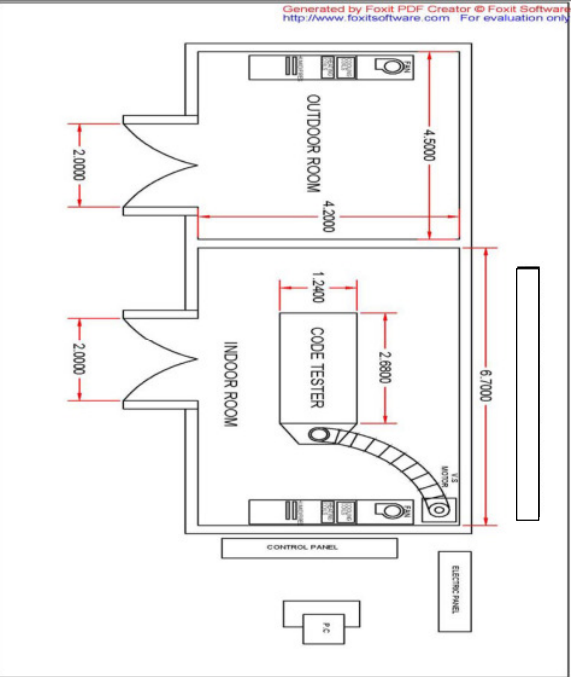
*"4.1.1.2.5 Machines manufactured for use in more than one of the climatic conditions as T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub> and T<sub>1</sub> shall be rated and recorded at each of the conditions for which the unit was designed."*

The Egyptian standards do not stipulate testing at temperatures higher than T<sub>3</sub>. The T<sub>High</sub> and T<sub>Extreme</sub> conditions were derived from ISO 5151 with the agreement of the OEMs.

The tests were witnessed by the Technical Consultant. Re-testing the units was permitted when the results were inconsistent or did not meet the minimum EER stipulated in EOS 3795. The Technical Consultant advised the OEMs on possible remedies and helped them in the determination of the charge and the expansion device setting to achieve better results.

### Testing procedure

Table below describes the testing procedure applied by all OEMs

No.	Item	Description
1	<p>Testing lab infrastructure:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Testing chamber description</li> </ul> <p>Note: (Typical testing laboratory's testing chambers schematic diagram shown. Dimensions and arrangement of equipment are for indicative purposes only.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parameters measured &amp; instrumentation used</li> </ul>	 <p>Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I. Laboratory is used for measuring capacities less than 1, 1, 1.5, 2 TR. Laboratory of the psychrometric type where the air conditioner cooling capacity, heating capacity and unit efficiency (EER, COP) can be measured accurately.</li> <li>II. Other parameters such as unit working pressure, superheat, subcooling and state point's temperature of the refrigeration cycle could also be measured.</li> <li>III. Laboratory consists of two thermally insulated chambers (indoor and outdoor chambers). Both chamber's temperature and humidity can be controlled precisely to achieve the required state point (as per standards) using AC units, humidifiers and electric heater.</li> <li>IV. The accuracy of temperature control for dry and wet bulb temperatures to be 0.01 °C or better.</li> <li>V. The indoor room to have a thermal insulated code tester to collect all outlet air from the air conditioner, measuring its dry bulb and wet bulb temperatures and air volume</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>All temperature sensors for inlet and leaving air in indoor room as well as outdoor room air temperatures are to be measured.</li> <li>Surface temperatures to be measured by sensors - accuracy 0.1 °C or better-for both indoor and outdoor chambers. A minimum of 15 measuring points to be used for each room at various locations on the air conditioner.</li> <li>All data gathered during an experiment to be read by a computer through a specialized program with multi channels data acquisition to get the required data in a live format fashion.</li> <li>Factory supplied control panel located outside the chambers space to have all necessary control switches to</li> </ul>

		operate the laboratory and set the required conditions with power meters for single phase and 3 phase and all electrical data for tested units. Data to be measured and transferred to computer system.
2	Standards to be used:	All tests for cooling and heating performance to be performed according to the following standards: <ul style="list-style-type: none"> <li>• EOS 4814 non-ducted AC &amp; HP testing and rating performance</li> <li>• ASHRAE testing standards</li> <li>• ISO 5151 for non-ducted air conditioners</li> <li>• ISO 13253 for ducted type split</li> <li>• EOS 3795-1/2016</li> <li>• EOS 3795-2/2017</li> </ul>
3	Description of the testing procedures: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Description of testing method</li> <li>• Method of selection of capillary tube and choosing refrigerant charge</li> <li>• Achieving steady state for outdoor and indoor conditions (description, time needed...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Psychometric testing method is used as per ISO 5151-2017 annex C, G. Air flow rates are to be measured through nozzles for both entering and leaving dry and wet bulb temperatures.</li> <li>• Optimum selection of capillary size, length, number and refrigerant charge to achieve good matching and improved performance for the unit according to the following: <ol style="list-style-type: none"> <li>i) Select from preliminary capillary chart size, number and length of the required capillary to match the specified load.</li> <li>ii) Accumulated experience plays an important role in determining the preliminary refrigerant charge.</li> <li>iii) Testing the unit based on previous selections give an indication for system optimization including increasing or decreasing the charge and/or the size of the capillary.</li> <li>iv) System pressure, superheat, subcooling, power consumption, cooling capacity and refrigerant temperature at various points of the cycle give a strong indication on how the matching is proceeding.</li> </ol> </li> <li>• 2 hours' time are needed as a minimum to achieve the steady state condition for testing cooling capacity of the unit as well as EER or COP.</li> </ul>
4	Calculating EER and capacity: <ul style="list-style-type: none"> <li>• How the EER is calculated measurements used and formula</li> <li>• How the capacity was calculated measurements used and formula</li> </ul>	<p>EER= cooling capacity/ total power consumed by the system in Btuh/W or equivalent.</p> <p>As per ISO 5151 see equations in annex C</p>
5	The air psychometric process: <ul style="list-style-type: none"> <li>• The cycle on psychometric chart</li> <li>• Explanation of state points at <math>T_1</math>, <math>T_3</math>, <math>T_h</math> and <math>T_{ext}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test result to provide all required information to draw the cycle on Psychometric chart: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>E_{DB}, L_{DB}, E_{WB}, L_{DB}</math> (E=Enthalpy)</li> </ul> </li> <li>• Test result to provide all required data to draw and change, when needed, the cycle on the PH diagram: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ High pressure.</li> <li>○ Compressor discharge temp.</li> <li>○ Subcooling amount in condenser.</li> <li>○ Low pressure.</li> <li>○ Compressor suction temperature.</li> <li>○ Superheat amount in evaporator for all required tests <math>T_1</math>, <math>T_3</math>, <math>T_h</math> and <math>T_{ext}</math>.</li> </ul> </li> </ul>

## Chapter 2

### 2. Results

The results of the various tests were combined under two major headings: results of alternatives to HCFC-22 and results of alternatives to R-410A. The presentation or comparison of results across the two major headings does not lead to tangible conclusions while the separation of the discussion under the two baseline refrigerants leads to a better understanding of the information.

The casual reading of the results may establish confusion, even among specialists, in relation to the increase in capacity at  $T_{High}$  compared to  $T_3$ . This result is not witnessed in other similar research projects; however, by understanding the impact of changing the dry bulb and wet bulb indoor testing conditions i.e.  $T_{High}$  (outdoor 50/24 °C, indoor 32/24 °C) compared to  $T_3$  (outdoor 46/24 °C, indoor 29/19 °C), the results can be justified using the modeling approach explained below. The additional exercise to review and validate all results is the reason for the unplanned delay in concluding the project report.

#### Modeling Using ORNL Heat Pump Design Model

Since the measurements provided by the labs were somehow limited, it was difficult to explain the hypothesis for the increase in performance under  $T_{High}$  conditions. As such, a full-scale modeling using the ORNL Flexible Heat Pump Model was performed on a sample packaged air conditioning system and the indoor and outdoor conditions were changed according to the EGYRA conditions:  $T_1$ ,  $T_3$ ,  $T_{Hot}$ , and  $T_{High}$ . Table 5 above provides a summary of the indoor and ambient conditions for the four simulations along with the capacity ratio (capacity/capacity at  $T_1$ ), compressor mass flow rate, compressor power, sensible heat ratio (SHR), and evaporator overall area integral heat transfer for the vapor (UA\_vap) and the 2 phase (UA\_2-ph) portions respectively.

The  $T_{Hot}$  condition was selected to simulate the same ambient conditions as that tested by the OEMs but with the same indoor conditions as  $T_1$  and  $T_3$ . The results for this simulation follows the simple intuition that as the ambient temperature increases, the performance degrades at a rough order of magnitude of 1% point per 1°C of outdoor temperature increase. However, when examining the performance of the  $T_{High}$  condition; we notice a sudden increase in capacity – coupled with an increase in refrigerant mass flow rate, and reduction in SHR. The simulation results show that for  $T_1$ ,  $T_3$  and  $T_{Hot}$  conditions, the suction saturation temperature change was less than 1°C, while when the indoor conditions were changed to the  $T_{High}$  condition, the suction saturation temperature changed by more than 4°C. This has an impact on the compression ratio, compressor suction density, and compressor performance (volumetric and isentropic efficiencies). Furthermore, the higher humidity associated with the  $T_{High}$  condition induces the evaporator coil to become wetter and as such results in higher airside performance and higher SHR.

*Table 6: Conditions and relevant results for the rooftop unit simulated using the ORNL Flexible HPDM simulation tool*

Condition	EDB °C	EWB °C	Ambient °C	Capacity/Capacity at T1 %	Compressor mass flow rate g/s	Compressor Power W	SHR %	Evaporator vapor UA W/K	Evaporator 2-ph UA W/K
<b>T1</b>	29	19	35	100%	379.8	14,074.9	88%	5.6	265.7
<b>T3</b>	29	19	46	89%	383.7	16,952.9	93%	6.7	265.1
<b>T<sub>Hot</sub></b>	29	19	50	86%	384.6	18,077.2	95%	6.7	265.2
<b>T<sub>High</sub></b>	32	23	50	94%	433.9	18,693.8	78%	9.4	261.3

## Hypothesis summary

When the indoor dry bulb and wet bulb temperatures are increased from the  $T_3$  conditions to the  $T_{High}$  conditions; the sensible heat ratio of the AC system is reduced, and a large portion of the evaporator is wetted by the condensate. This results in heat transfer enhancement due to reduced free flow area and increased surface velocity and the concurrence of heat and mass transfer at the tubes and fin surfaces. From further analysis provided by the detailed study from OEM C; the evaporator log mean temperature difference is also increased due to the increased air inlet temperature. Hence on the air side, both the increase in overall heat transfer coefficient along with the increased evaporator LMTD and increased latent capacity contribute directly to the increased heat capacity between  $T_3$  and  $T_3$  with elevated indoor conditions (subsequently also the increased capacity at the  $T_{High}$  conditions).

At the refrigerant side, when the indoor conditions are changed from the  $T_3$  to the  $T_{High}$  conditions – the compressor pressure ratio is reduced while the compressor inlet density is increased. The refrigerant flow rate also increases which further justifies the increased cooling capacity from the refrigerant side analysis.

## 2.1 Presentation and Analysis of Results

The analysis of the results is presented in table form. The complete results and comparative bar charts are found in Annex 1.

The Results for capacity in Btuh and energy efficiency in EER (energy efficiency ratio in MBH output/ kW input) are given for the four testing temperatures. The tables show the test results and the percentage increase or decrease in capacity and EER compared to the baseline unit. As a reminder, each OEM was asked to test a baseline unit from their own standard production for each prototype built in order to compare with the results.

The analysis uses shades of color to denote the comparison level to the baseline unit as follows:

No shading	Performance is same as base unit – for capacity and EER
Green	Increase in EER or cooling capacity over baseline unit
Yellow	Decrease in EER or cooling capacity by - 0.01 % to - 5 %
Orange	Decrease in EER or cooling capacity from -5 % to - 10 %
Red	Decrease in EER or cooling capacity over -10 %

The results are then plotted on a scattered chart for the ratio of capacity of the prototype to that of the baseline unit vs. the EER ratio at the four testing temperatures. The baseline unit performance is denoted by the two red dotted lines at a ratio of one for both capacity and EER.

The analysis is presented for the alternatives of HCFC-22 and R-410A separately. Some results for inconclusive tests mentioned in the Annex were not used in the analysis.

### 2.1.1. Analysis of Capacity and EER Performance for HCFC-22 Alternatives

The tables in this section are for alternatives to HCFC-22 for the three categories of mini-split units: 12,000 Btuh, 18,000 Btuh, and 24,000 Btuh.

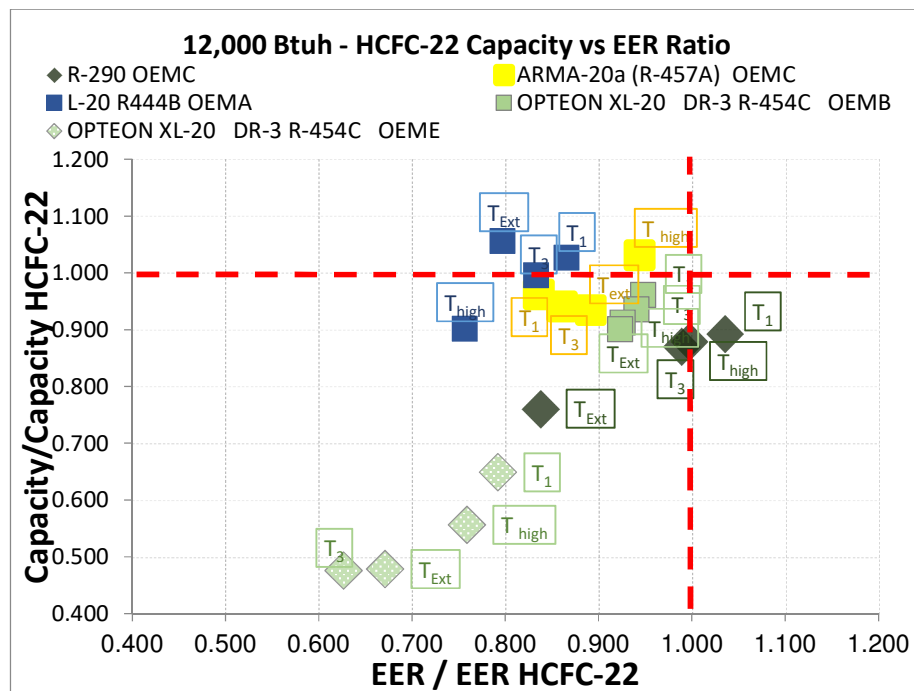
## Results for the 12,000 Btuh category

Table 7 Comparison of HCFC-22 alternatives for 12,000 Btuh split units

HCFC-22 12,000 Btuh	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
	Capacity in Btuh				EER			
<b>Base Units</b>								
R-22(OEM C)	11,452	9,960	10,560	10,181	10.0	7.25	6.98	6.23
R-22(OEM B)	11,410	9,988	10,900	10,035	8.41	6.38	6.33	5.47
R-22(OEM A)	11,479	9,699	11,353	8,407	9.74	6.88	7.31	5.61
<b>Prototypes</b>								
<b>HC-290 (OEMC)</b>	10,219 (-10.77%)	8,677 (-12.88%)	9,289 (-12.04%)	7,747 (-23.91%)	10.36 (+3.53%)	7.17 (-1.1%)	6.96 (-0.23%)	5.22 (-16.2%)
<b>R-457A (OEM C)</b>	11,023 (-3.75%)	9,376 (-5.86%)	10,892 (+3.14%)	9,517 (-6.52%)	8.36 (-16.44%)	6.24 (-13.93%)	6.58 (-5.63%)	5.56 (-10.83%)
<b>R-454 C (OEM B)</b>	10,968 (-3.87%)	9,349 (-6.40%)	9,946 (-8.75%)	9,042 (-9.90%)	7.97 (-5.23%)	6.00 (-5.96%)	5.86 (-7.42%)	5.05 (-7.68%)
<b>R-444 B (OEM A)</b>	11,790 (+2.71%)	9,661 (-0.39%)	10,241 (-9.79%)	8,881 (+5.64%)	8.43 (-13.45%)	5.73 (-16.72%)	5.53 (-24.35%)	4.47 (-20.32%)

The table shows that for HC-290, the capacity of the prototype at all four temperatures is less than that of HCFC-22 baseline, while the EER is higher at T<sub>1</sub> and within 1% at T<sub>3</sub> and T<sub>High</sub>. The results for R-457A and R-454C show results for capacity up to 10% less than the baseline with R-457A showing a better capacity at T<sub>High</sub> which is not the case for R-454C. For R-444B, capacity is better than the baseline at both T<sub>1</sub> and T<sub>Extreme</sub> but 10% worse at T<sub>High</sub> which cannot be explained. EER for R-444B is more than 10% worse than the baseline. Plotted on a scattered chart as follows

Figure 1 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh split units



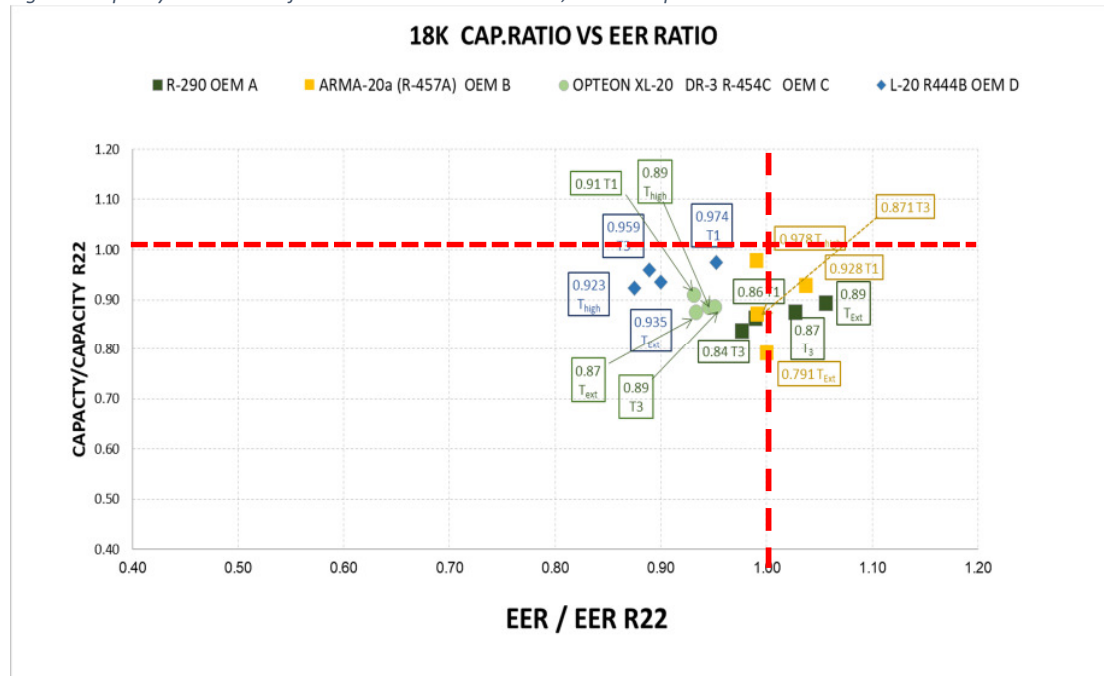
## Results for 18,000 Btuh Splits

Table 8 Comparison of HCFC-22 alternatives for 18,000 Btuh split units

18,000 Btuh	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Refrigerant	Capacity				EER			
<b>Baseline Units</b>								
HCFC-22								
OEM A	18,659	16,799	17,543	15,046	9.41	7.20	6.98	5.55
OEM B	16,433	14,545	13,718	15,350	8.93	6.65	6.37	5.33
OEM C	18,160	16,182	17,632	16,292	10.00	7.37	7.37	6.45
OEM D	17,548	16,422	14,624	13,948	10.50	8.75	7.22	6.00
<b>Prototypes</b>								
R-290 (OEM A)	16,111 (-13.66%)	14,067 (-16.26%)	15,343 (-12.54%)	13,442 (-10.66%)	9.31 (-1.06%)	7.090 (-2.34%)	7.170 (+2.72%)	5.860 (+5.59%)
R-444 B (OEM D)	17,098 (-2.56%)	15,746 (-4.12%)	13,498 (-7.70%)	13,047 (-6.46%)	10.00 (-4.76%)	7.78 (-11.01%)	6.32 (-12.47%)	5.40 (-10.00%)
R-454 C (OEM C)	16,510 (-9.09%)	14,327 (-11.46%)	15,619 (-11.42%)	14,250 (-12.53%)	9.31 (-6.88%)	6.97 (-5.43%)	7.01 (-4.88%)	6.02 (-6.67%)
R-457 A (OEM B)	15,257 (-7.16%)	12,672 (-12.88%)	13,418 (-2.19%)	12,149 (-20.85%)	9.26 (+3.70%)	6.59 (-0.90%)	6.31 (-0.94%)	5.33 (0.00%)

The results for HC-290 for capacity are consistent with the results of the 12,000 Btuh category, while the EER shows better results than the baseline at T<sub>High</sub> and T<sub>Extreme</sub>. The results for R-457C capacity compared to the 12,000 Btuh category show a further degradation compared to the baseline for the 18,000 Btuh category, while the EER results at the four temperatures are better than the 12,00 Btuh category. The same can be said about R-454C, while R-444B has comparable results with the 12,000 Btuh category with a variation with temperature. The results of this category show higher values for both capacity and EER for T<sub>High</sub> results compared to T<sub>3</sub> in line with the discussion at the beginning of this chapter.

Figure 2 Capacity vs EER Ratio for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh split units



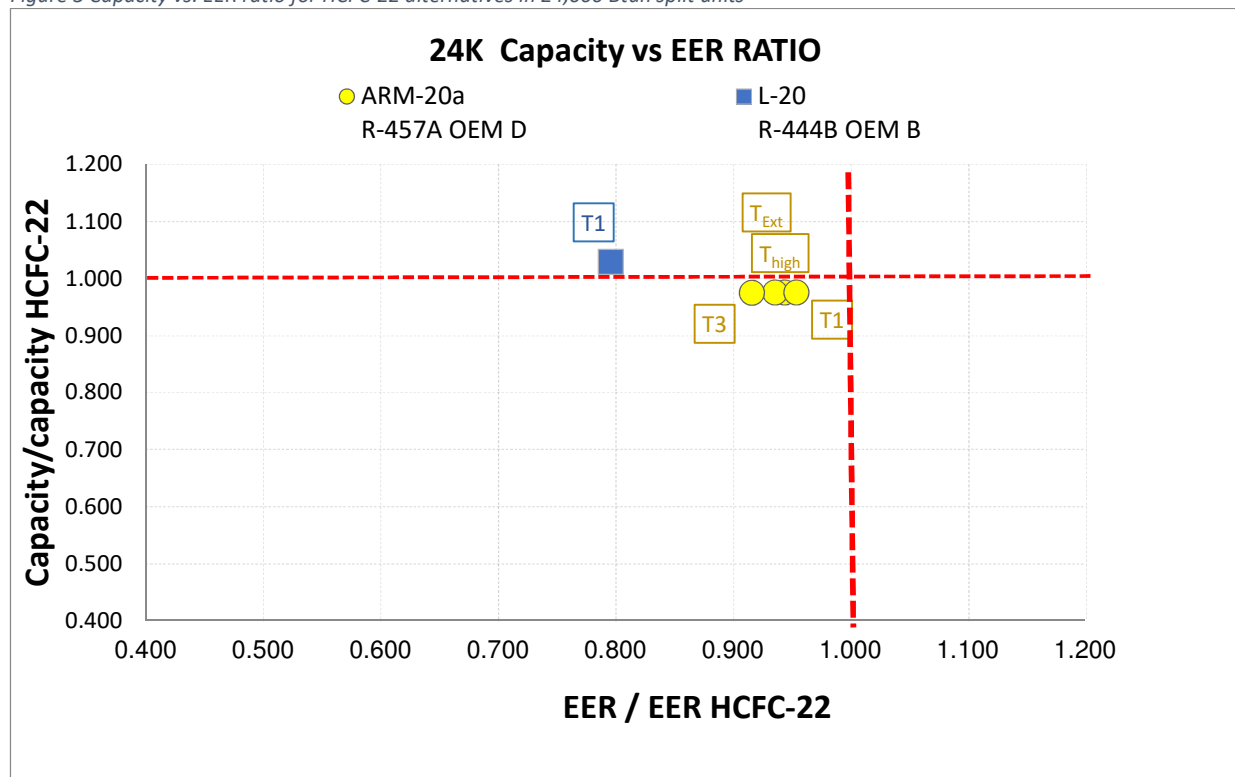
## Results for 24,000 splits

Table 9 Comparison of HCFC-22 alternatives for 24,000 Btuh split units

24,000 Btuh	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Refrigerant	Capacity				EER			
Baseline								
HCFC-22								
OEM B	22,782	N/A	N/A	N/A	9.27	N/A	N/A	N/A
OEM D	22,318	21,202	20,144	19,148	9.30	7.32	6.10	5.73
Prototypes								
R-444 B (OEM B)	23,436 (+2.87%)	N/A	N/A	N/A	7.38 (-20.39%)	N/A	N/A	N/A
R-457 A (OEM D)	21,758 (-2.51%)	20,670 (-2.51%)	19,636 (-2.52%)	18,657 (-2.56%)	8.78 (-5.59%)	6.85 (-6.42%)	5.82 (-4.59%)	5.25 (-8.38%)

Unfortunately, the data for R-444B at temperatures other than T<sub>1</sub> were not available. Data for R-457A as a percentage of the baseline by the same OEM show a better trend than for the other two categories; however, in absolute terms the EER of the baseline of the 24,000 Btuh category is lower than the other two categories which explains the higher percentage.

Figure 3 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh split units



Note that the results for the capacity for R-457A at the four temperatures are similar and hence the yellow circle label points seem almost concentric.



## 2.1.2. Analysis of Capacity and EER Performance for R-410A Alternatives

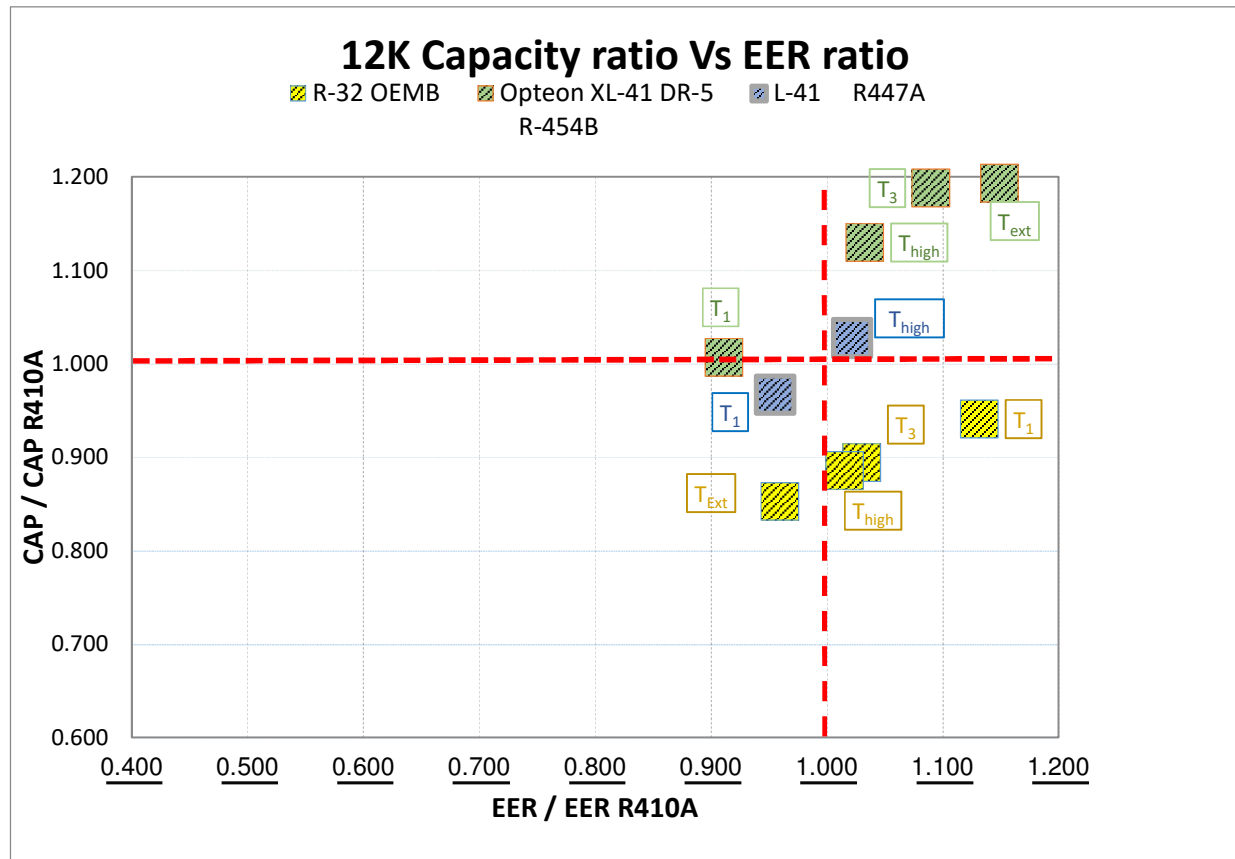
### Results for 12,000 Btuh splits

Table 10 Comparison of R-410A alternatives for 12,000 Btuh split units

12,000	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Refrigerant	Capacity				EER			
Baseline								
R-410A								
OEM A	10,307	N\A	8,313	N\A	8.77	N\A	5.43	N\A
OEM B	12,068	10,343	11,089	9,968	10.17	7.31	7.15	5.93
OEM E	11,905	9,369	10,848	9,299	10.88	7.29	7.42	5.89
Prototype								
HFC-32	11355	9,249	9,822	8,499	11.51	7.53	7.26	5.69
(OEM B)	(-5.91%)	(-10.58%)	(-11.43%)	(-14.74%)	(+13.18%)	(+3.01%)	(+1.54%)	(-4.05%)
R-454B	11,987	11130	12,257	11,094	9.92	7.95	7.66	6.7
(OEM E)	(+0.69%)	(+18.8%)	(+12.99%)	(+19.30%)	(-8.82%)	(+9.05%)	(+3.27%)	(+14.90%)
R-447A	9963	N\A	8539	N\A	8.38	N\A	5.55	N\A
(OEM A)	(-3.34%)	N\A	(+2.72%)	N\A	(-4.45%)	N\A	(+2.21%)	N\A

The results for R-454B compared to the baseline is better except for the EER at T<sub>1</sub>. Results for HFC-32 compared to the baseline show a higher performance for EER but lower for capacity.

Figure 4 Capacity vs EER ratio for R-410a alternatives in 12,000 Btuh split units



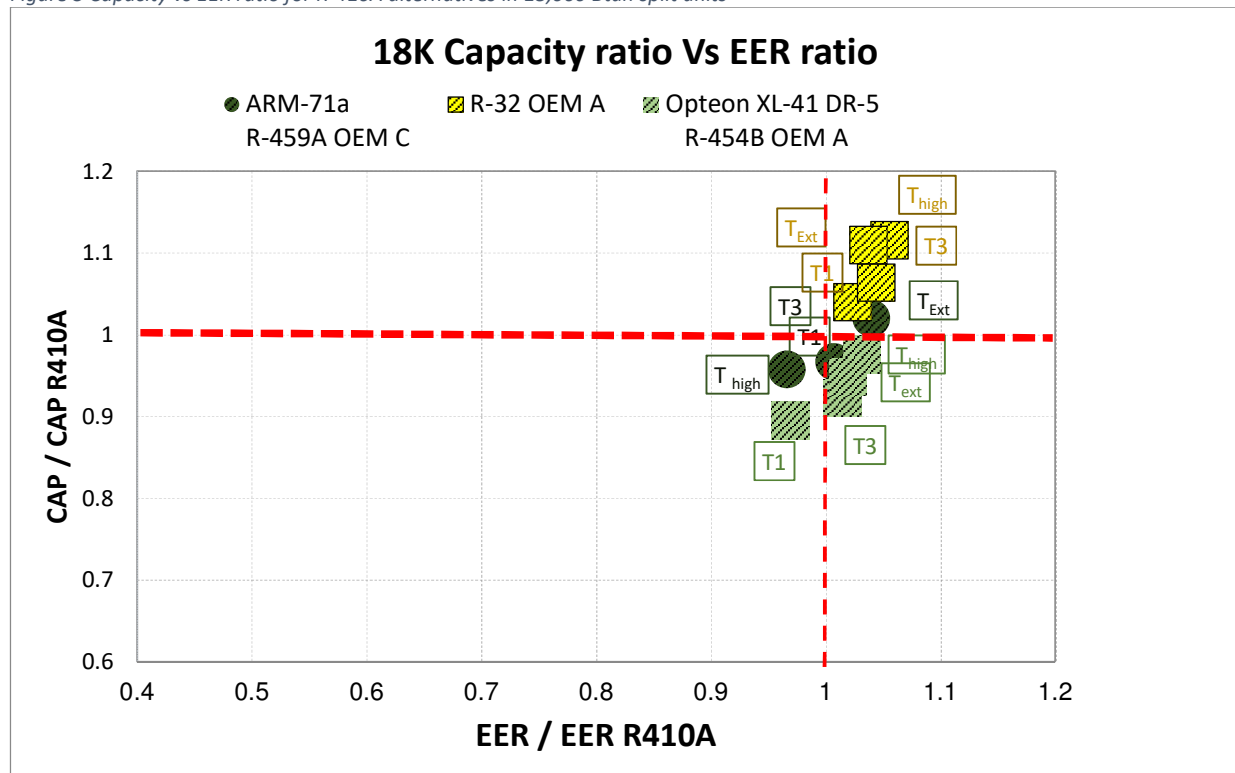
## Results for 18,000 Btuh

Table 11 Comparison of R-410A alternatives for 18,000 Btuh split units

18,000	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Refrigerant	Capacity				EER			
Baseline								
R-410 A								
OEM A	16,938	14,337	14,123	12,441	9.8	6.8	6.3	5.1
OEM C	17,800	14,924	16,075	13,746	9.15	6.50	6.49	5.12
Prototype								
R-459A	17,115	14,430	15,392	14,023	9.28	6.54	6.27	5.32
(OEM C)	(-3.85%)	(-3.31%)	(-4.25%)	(+2.02%)	(+1.42%)	(+0.72%)	(-3.39%)	(+3.99%)
HFC-32	17616	15,255	15,761	13,809	10.03	7.10	6.65	5.29
(OEM A)	(+4.00%)	(+6.40%)	(+11.60%)	(+11.00%)	(+2.35%)	(+4.41%)	(+5.56%)	(+3.73%)
R-454B	15,167	13,229	13,782	11,800	9.5	6.90	6.50	5.20
(OEM A)	(-10.46%)	(-7.73%)	(-2.41%)	(-5.15%)	(-3.06%)	(+1.47%)	(+3.17%)	(+1.96%)

The results for R-454B show a similar trend of higher values against the baseline to the 12,000 Btuh category for EER but lower for capacity. Results for HFC-32 are higher than the baseline for both capacity and EER, which is different from the 12,000 Btuh category.

Figure 5 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 18,000 Btuh split units



The plot shows that most of the results are on the positive side when compared to the baseline units for EER with some results for capacity showing lower values.

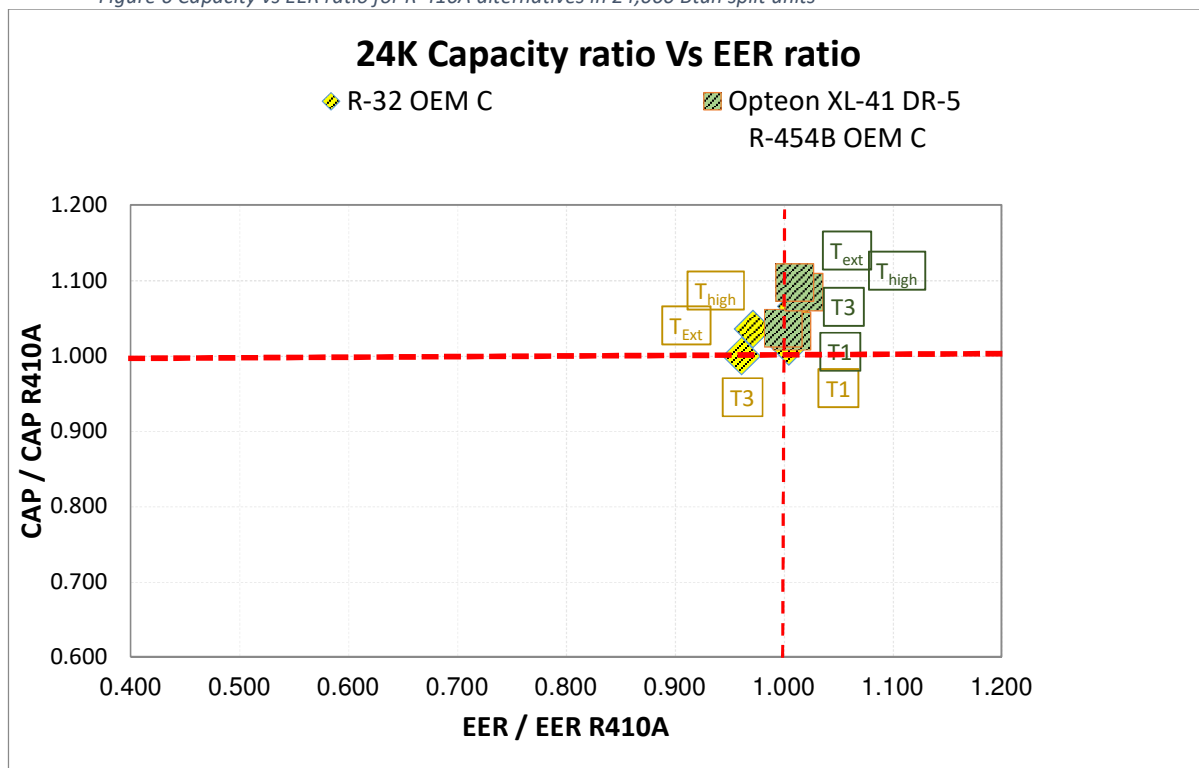
## Results for 24,000 Btuh

Table 12 Comparison of R-410A alternatives for 24,000 Btuh split units

24,000	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>
Refrigerant	Capacity				EER			
Baseline								
R- 410 A OEM C	23022	19531	20534	18379	10.57	7.518	7.376	6.161
Prototype								
HFC-32 (OEM C)	23310 (+1.25%)	19522 (-0.05%)	21876 (+6.54%)	19035 (+3.57%)	10.62 (-0.47%)	7.228 (-3.86%)	7.459 (+1.13%)	5.988 (-2.81%)
R-454B (OEM C)	23766 (+3.23%)	20241 (+3.64%)	22268 (+8.44%)	20160 (+9.69%)	10.653 (+0.79%)	7.516 (-0.03%)	7.515 (+1.88%)	6.224 (+1.02%)

Results are mostly positive for the two refrigerants tested at this category.

Figure 6 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 24,000 Btuh split units



### Chapter 3

#### 3. Analytical comparison & way forward

The purpose of the comparative analysis in this section is to determine the potential for improvement for the different alternative refrigerants at the different testing temperatures and for the three categories. Since we have three variables: refrigerants, testing temperatures, and category of equipment, the analysis fixed one of the variables and then calculated the percentage of incidence of cases where either the capacity or the EER are compared to the base unit falls in the five color categories defined earlier and repeated here for ease of reference.

No shading	Performance is same as base unit
Green	Increase in performance or cooling capacity over base unit
Yellow	Decrease in performance or cooling capacity by - 0.01 % to - 5 %
Orange	Decrease in performance or cooling capacity from -5 % to - 10 %
Red	Decrease in performance or cooling capacity over -10 %

As an example, consider the 12,000 Btuh category for all refrigerants and at all testing temperatures for the capacity comparison. We come up with the following table:

Table 13 Example of calculation of the comparative pie charts

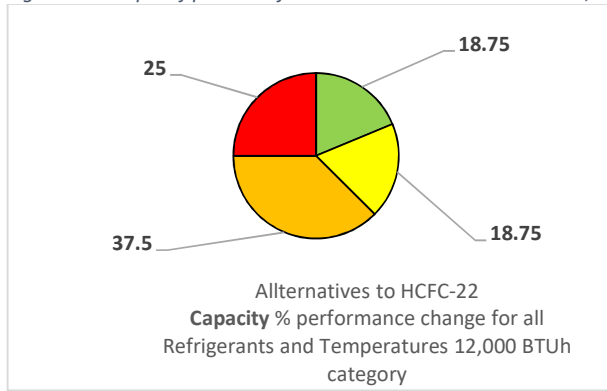
12,000 Btuh category Refrigerant	Capacity				
	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>High</sub>	T <sub>Extreme</sub>	
R-290 (OEM C)	10219 (-10.77%)	8677 (-12.88%)	9289 (-12.04%)	7747 (-23.91%)	
R-457 A (OEM C)	11023 (-3.75%)	9376 (-5.86%)	10892 (+3.14%)	9517 (-6.52%)	
R-454 C (OEM B)	10968 (-3.87%)	9349 (-6.40%)	9946 (-8.75%)	9042 (-9.90%)	
R-444 B (OEM A)	11790 (+2.71%)	9661 (-0.39%)	10241 (-9.79%)	8881 (+5.64%)	
Calculation of incidence percentage					
	Green	Yellow	Orange	Red	No shading
<b>Incidence: number of entries per color</b>	3	3	6	4	0
<b>Percentage of the 16 entries</b>	18.75%	18.75%	37.5%	25%	0%

And the respective pie chart will look as in Figure 7 with the percentage of each incidence marked on the respective color. The pie chart is telling us that when we consider all the HCFC-22 refrigerant alternatives at all testing temperatures for the 12,000 category, there is

- 18.75% certainty that the result is better than the base,
- 18.75% that the result is up to 5% less compared to the base,
- 37.5% that the result between 5 and 10% less, and
- 25% that the results is over 10% less than the base.

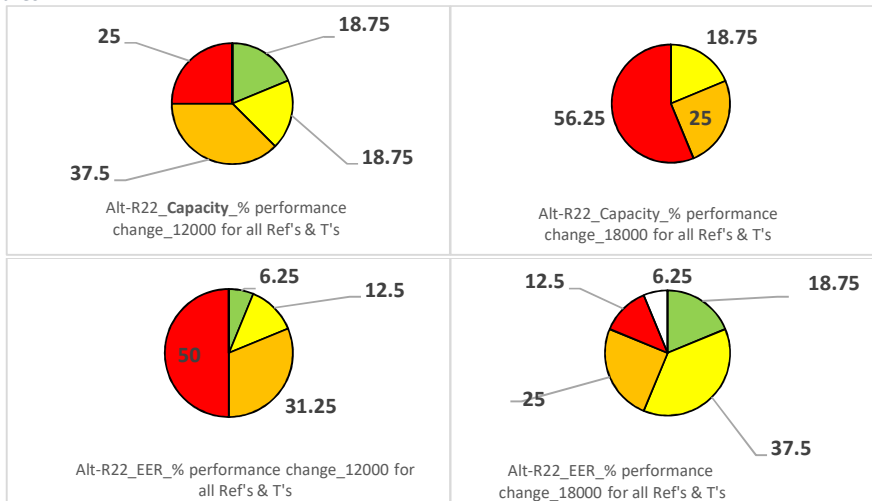
Similar comparative analysis will be made for the different cases for HCFC-22 alternatives and R-410A alternatives. The analysis clarifies the way forward and recommendations can be made for all the cases.

Figure 7 Example of pie chart for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category



### 3.1. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures

Figure 8 capacity and EER Performance of HCFC-22 alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures



This analysis shows the following key observations:

#### For 12,000 Capacity:

- There is, certainly, potential to improve the capacity across 75% of refrigerants and at different testing temperatures
- On the EER side, the potential improvement drops down to 50%

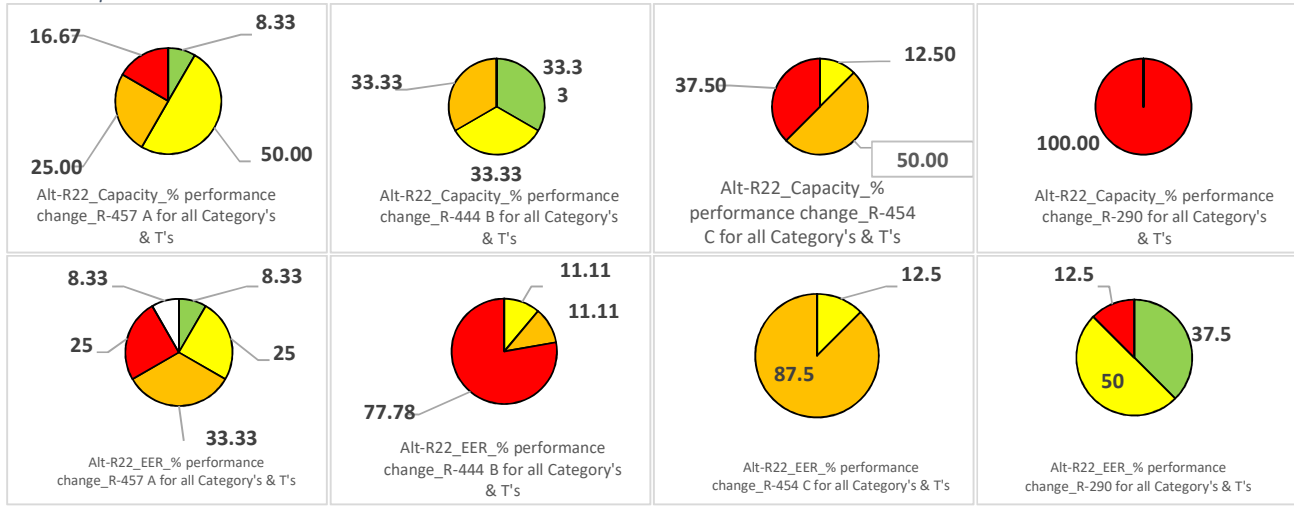
#### For 18,000 Capacity:

- There is less potentiality to improve capacity across all refrigerants and at different testing temperatures compared to the 12,000 category.
- However, opportunities to improve EER is much higher reaching over 85% across all refrigerants and at different testing temperatures

The 24,000 prototypes results were disregarded, since only one OEM tested one refrigerant across all test temperatures conditions. The other OEM tested another refrigerant at only one testing temperature condition. Therefore, a comparison of the results would be misleading.

### 3.2. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures

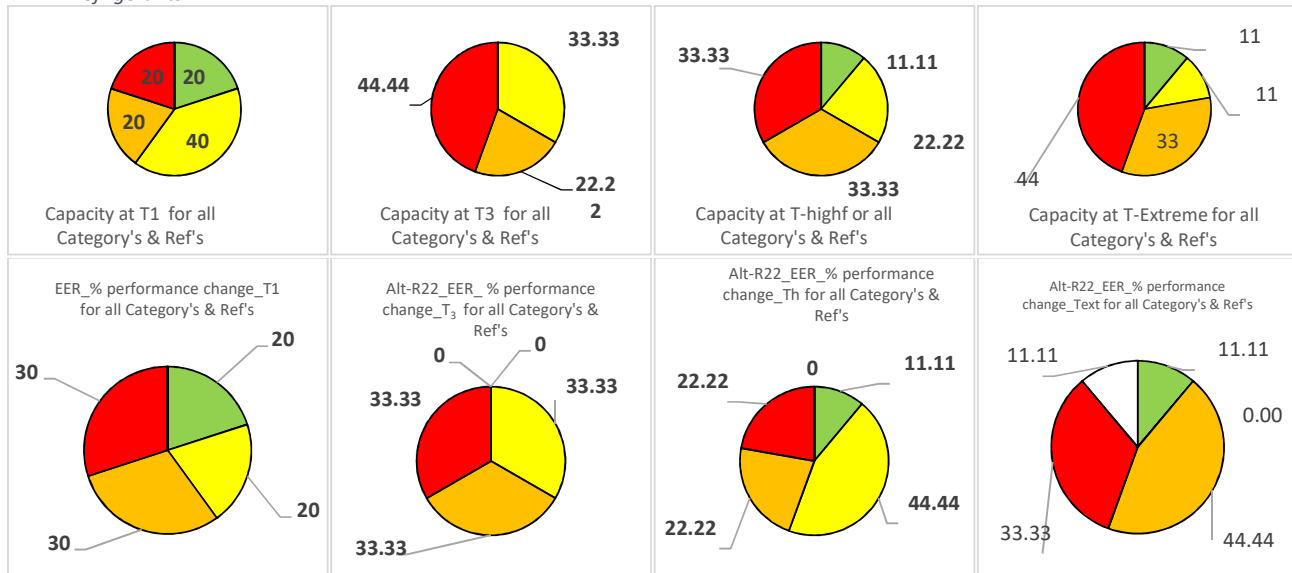
Figure 9 capacity and EER performance for HCFC-22 alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures



- Several alternatives to R-22 shows 60%, or above, chance for Capacity matching or improvement across all categories and at different testing temperatures.
- Most alternatives to R-22 shows 50%, or above, chance for EER improvement across all categories and at different testing temperatures.

### 3.3. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants

Figure 10 Capacity and EER performance of HCFC-22 alternatives for each testing temperature across all categories and all refrigerants

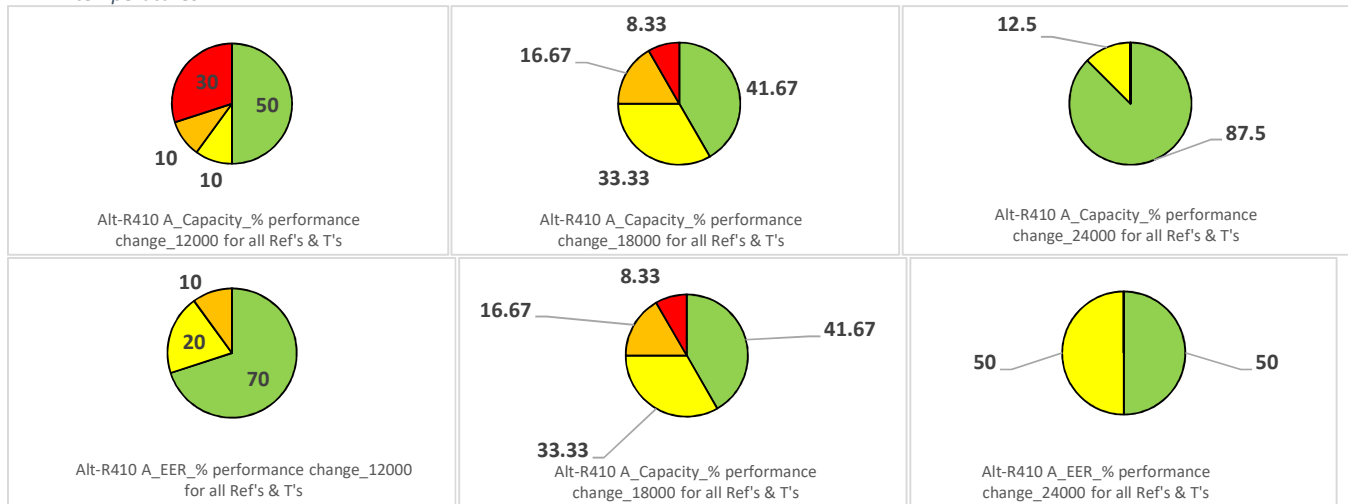


- As expected, moving from T1 to T3 testing temperatures, both capacity and EER deteriorate, at different levels, across all categories and refrigerants
- At T<sub>High</sub>, the increased indoor wet bulb testing condition, as per EOS & ISO-5151, leads to better results for EER and capacity compared to T3

- Since  $T_{\text{Extreme}}$  testing condition is similar to  $T_{\text{High}}$ , with regard to indoor wet bulb testing condition, both EER and capacity re-deteriorate.
- In general, there are candidates with potential improvement, more than 50%, across all categories at all high temperature testing conditions i.e.  $T_3$ ,  $T_{\text{high}}$  &  $T_{\text{extreme}}$ .

### 3.4. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures

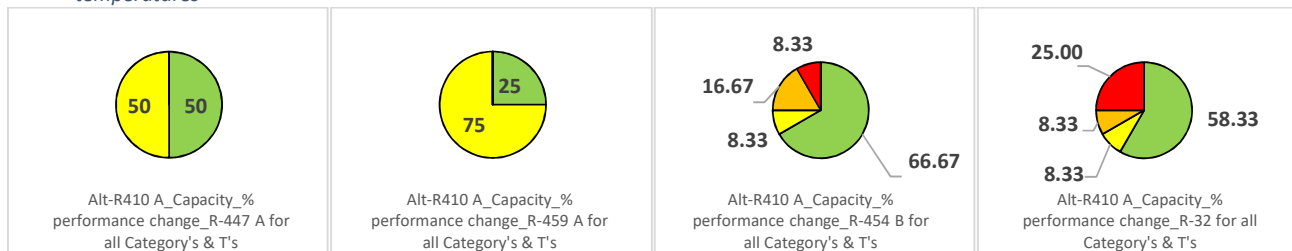
Figure 11 capacity and EER performance of R-410A alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures

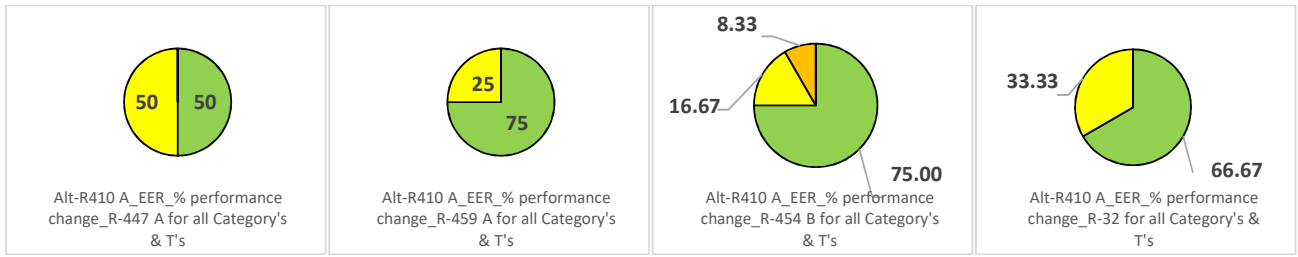


- Increase in capacity as category size increases, across all refrigerants and all testing temperature conditions.
- Capacity increases are from 50 % to 87.5 %.
- However, EER decreased as category size increases.
- EER improvement decreases from 70 % to 50 %.
- 18,000 showed capacity readings for all ranges similar to EER readings.
- 18,000 in the range (-0.1 % to - 5 %) readings for both capacity and EER were the same, 33.33 % instead of 10 % and 20 % in 12,000 size.
- The possibility of improving by optimization capacity and EER compared to R-410A are high

### 3.5. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures

Figure 12 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures

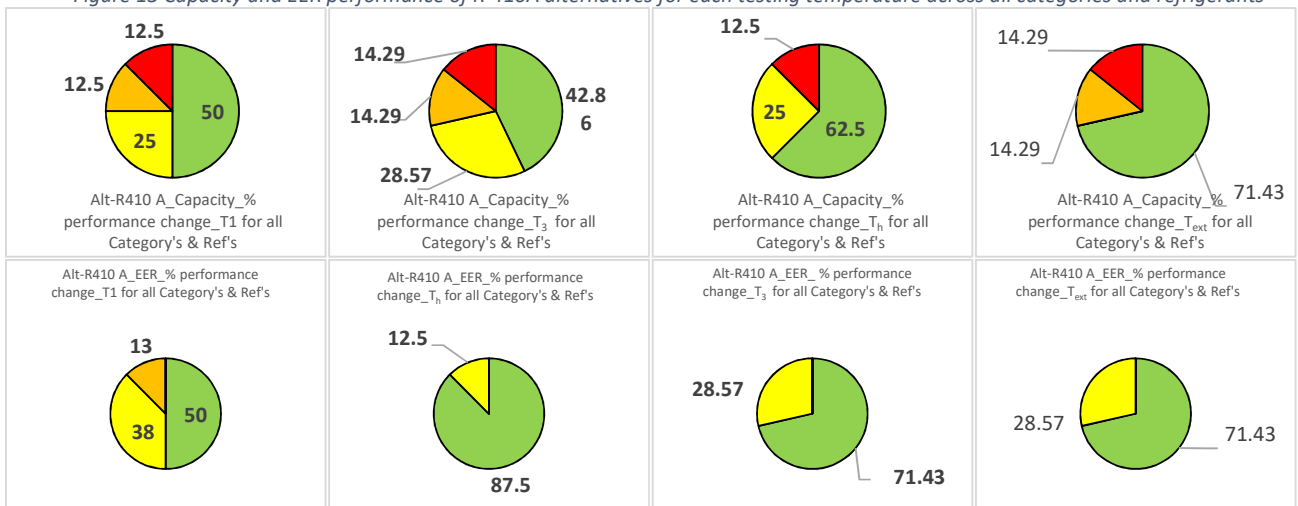




- All refrigerants showed improvement in capacity by 25% to 67 % and 50 % to 75 % in EER.
- One refrigerant was excluded from the comparison because of lack of data.
- All refrigerants have excellent chances of improvement in capacity and EER by optimization.

### 3.6. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each temperature across all categories and refrigerants

Figure 13 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants



- At  $T_1$ : 50 % of all test readings show better capacities than R-410 A for all refrigerants and categories and 50% better EER.
  - At  $T_3$ : 42.86 % decrease in capacity improvement to 42.86% and then improvement rose to 62.5% and 71.43 % at  $T_h$  and  $T_{ext}$ .
  - At  $T_3$ : 87.5 % improvement in EER. Improvement diminished slightly to 71.43 % for both  $T_h$  and  $T_{ext}$ .
- Excellent prospects for improvement in capacity and EER by optimization compared to R-410 A across all temperature testing conditions for all categories and all refrigerants.



## Chapter 4

### 4. Energy Efficiency and Progressive Changes in MEPS for Egypt

Egypt's MEPS (Minimum Energy Performance Standards) energy efficiency label requirement for mini split air conditioning units and window type, ES: 3795-/2013 and ES: 3795-/2016 Part 1-for constant speed compressors- define EER (BTU/W.hr) at  $T_1$  condition (ISO 5151) across several efficiency classes, A 5+ to E as listed in the tables below according to regulation years, 2014 to 2021.

#### MEPS progression across the years:

The standards, starting June 2014, lists EER values for energy efficiencies that define a certain class, termed calibration level, starting from E to A<sup>++</sup>, see table below.

Table 14: Egypt Energy Ratings per 2014 Standard

Calibration	Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC)	
	Watt/ Watt	B.T.U/ Watt/h
A <sup>++</sup>	Higher or equal to 4,1	Higher or equal to 14
A+	Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1	Higher or equal to 13 and less than 14
A	Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81	Higher or equal to 12 and less than 13
B	Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51	Higher or equal to 11 and less than 12
C	Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22	Higher or equal to 10, 5 and less than 11
D	Higher than or equal to 2, 93 and less than 3, 08	Higher or equal to 10 and less than 10, 5
E	Higher than or equal to 2, 78 and less than 2, 93	Higher or equal to 9, 5 and less than 10

Those EER classes' changes to become progressively stricter, as of June 2017, see table shown below, new class created A<sup>+++</sup> and class E removed:

Table 15: Egypt Energy Ratings per 2017 Standard

Calibration	Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC)	
	Watt/ Watt	B.T.U/ Watt/h
A <sup>+++</sup>	Higher or equal to 4,4	Higher or equal to 15
A <sup>++</sup>	Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4	Higher or equal to 14 and less than 15
A+	Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1	Higher or equal to 13 and less than 14
A	Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81	Higher or equal to 12 and less than 13
B	Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51	Higher or equal to 11 and less than 12
C	Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22	Higher or equal to 10, 5 and less than 11
D	Higher than or equal to 2, 93 and less than 3, 08	Higher or equal to 10 and less than 10, 5

And in June 2019 as shown below, new class created A<sup>++++</sup> and class D removed:

Table 16: Egypt Energy Ratings per 2019 Standards

Calibration	Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC)	
	Watt/ Watt	B.T.U/ Watt/h
A <sup>++++</sup>	Higher or equal to 4,69	Higher or equal to 16
A <sup>+++</sup>	Higher or equal to 4,4 and less than 4,69	Higher or equal to 15 and less than 16
A <sup>++</sup>	Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4	Higher or equal to 14 and less than 15
A <sup>+</sup>	Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1	Higher or equal to 13 and less than 14
A	Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81	Higher or equal to 12 and less than 13
B	Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51	Higher or equal to 11 and less than 12
C	Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22	Higher or equal to 10, 5 and less than 11

Finally in June 2021 it becomes as shown below, new class created A<sup>+++++</sup> and class C removed:

Table 17: Egypt Energy ratings per 2021 Standard

Calibration	Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC)	
	Watt/ Watt	B.T.U/ Watt/h
A <sup>+++++</sup>	Higher or equal to 4,98	Higher or equal to 17
A <sup>++++</sup>	Higher or equal to 4,69 and less than 4, 98	Higher or equal to 16 and less than 17
A <sup>+++</sup>	Higher or equal to 4,4 and less than 4,69	Higher or equal to 15 and less than 16
A <sup>++</sup>	Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4	Higher or equal to 14 and less than 15
A <sup>+</sup>	Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1	Higher or equal to 13 and less than 14
A	Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81	Higher or equal to 12 and less than 13
B	Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51	Higher or equal to 11 and less than 12

When the EER values are tabulated according to efficiency class (calibration) versus the year(s) when standards come into operation, the below table is obtained, where the most efficient class for each year(s) is in red followed by green, violet, sky blue, orange, light blue and navy blue as the class of efficiency becomes less and less . For all years there are 7 classes of efficiency.

The highest EER in 2014-2016 was 14 for class A<sup>2+</sup> while in 2021 the highest EER will be 17 and a new class created; A<sup>5+</sup>. This continuous progression to more efficient systems is reflected in the graph below, where EERs are plotted across all years from 2014 to 2021. The top line denotes the highest EER for each regulation year, while the other lines are in descending order. The colors of the rows in the table correspond to the colors of the lines in the graph, 7 classes of efficiency for each year(s).

Table 18: EER Values at T1 according to the Egyptian Standard ES: 3795/2016

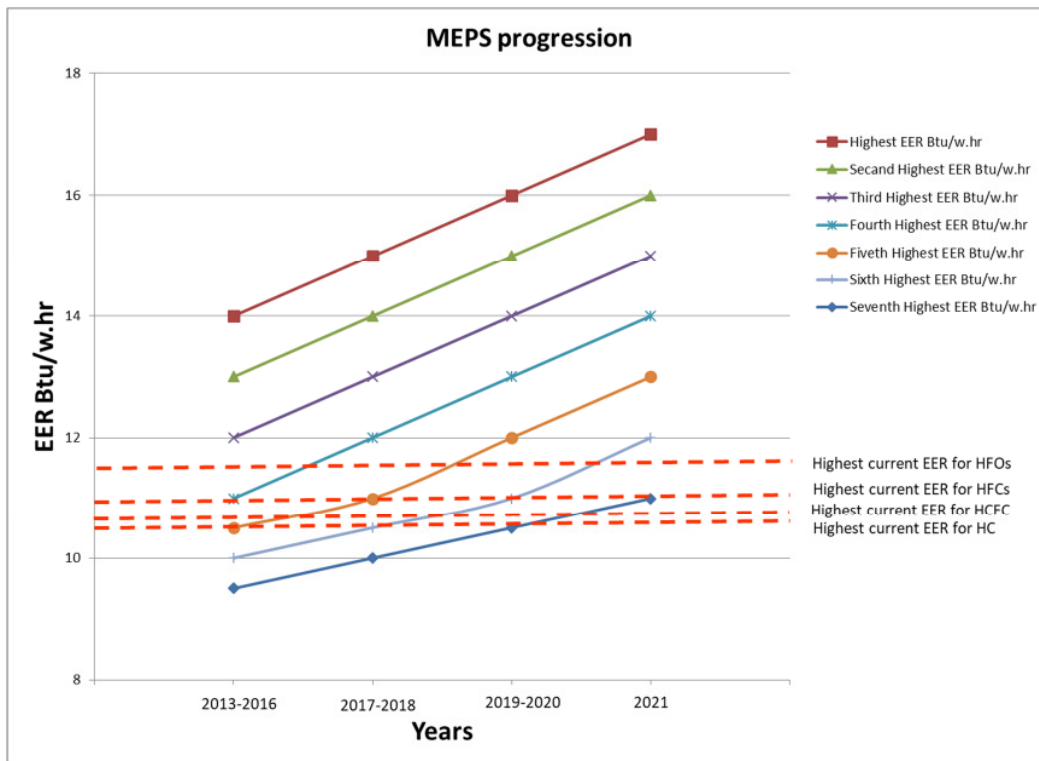
Eff. class /yr.	2014-2016	2017-2018	2019-2020	2021
A <sup>5+</sup>				17
A <sup>4+</sup>			16	16
A <sup>3+</sup>		15	15	15
A <sup>2+</sup>	14	14	14	14
A <sup>+</sup>	13	13	13	13
A	12	12	12	12
B	11	11	11	11
C	10.5	10.5	10.5	
D	10	10		
E	9.5			

The table shows how the energy efficiency classes are increasing progressively with the years.

**EER versus years:**

The graph below shows the highest to lowest EER plotted against the years it came/coming into effect. The graph shows the progression to higher EER with the years. The values are taken from the table above. Seven classes are represented for each year.

Figure 14: EER curves for the highest in each class plotted vs. the standard regulation year



When the results of the Egyptian program for testing alternative low-GWP refrigerants for the Egyptian air conditioning industry, EGYPRA, are plotted on the graph as straight lines showing the best EER achieved for HCFCs, HFCs, HC and HFO, the following is shown:

- The highest EER of prototypes using HC-290 refrigerant is 10.35
- The highest EER of tested units using HCFC refrigerant is 10.5
- The highest EER of tested units using HFC refrigerant is 10.88
- The highest EER of prototypes using HFO refrigerant is 11.5

EGYPRA prototypes, especially made for the program, were optimized by choosing an optimum refrigerant charge and suitable selection of capillary tube (expansion device). No changes were made to either evaporator or condenser.

The best EER of alternative refrigerants cannot achieve at current optimization more than class B (light blue) for MEPS 2019-2020 and class B (navy blue) for 2021.

However, there is potential for improvement. The potential for improvement is based on the fact that the prototypes were built with many constraints (size and type of heat exchangers, size of the units, etc...). In future further optimization through the selection of compressors better suited to alternative refrigerants and the selection of heat exchangers that can improve the efficiency of the units will increase EER of the systems.

Can EER improvement be made from the current 11.5 to 16 in 2019 and 17 in 2 years? This remains to be seen, although it is unlikely. How far can EERs improve is related to the optimization process itself which requires research and development capabilities and capital cost and time. This might be beyond the capability of the majority of the manufacturers.

Further results of this correlation is as follows:

- Shifting to variable speed split units is inevitable if the higher efficiency EER standards are to be achieved by 2019 and beyond, with the resultant additional incremental costs associated with this shift, in manufacturing equipment and end product cost (USD 50 to 100).
- The introduction of Not-In-Kind cooling technology must be accelerated, if energy efficiency rates are to be improved for the air conditioning sector.

## Chapter 5

### 5. Conclusion

EGYPRA is funded from Egypt's HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) as an enabling activity for the benefit of the Egyptian air conditioning industry to help local manufacturers experiment working with new alternative lower-GWP refrigerants.

EGYPRA tested refrigerants with medium pressure characteristics similar to HCFC-22 and others with high pressure similar to R-410A in split system units. Testing of central units with higher capacity was not finalized in time for this report due to lack of testing facilities for flammable refrigerants at those capacities. Results will be reported in the future once testing and evaluation is done.

This conclusion is in two parts: technical and institutional regarding capacity building requirements.

#### 5.1. Technical Conclusion

EGYPRA results lead to the following conclusions:

- As expected, and for all refrigerants, moving from  $T_1$  to  $T_3$  testing temperatures, both capacity and EER deteriorate, at different levels, across all categories and refrigerants;
- At  $T_{High}$ , the increased indoor wet bulb testing condition, as per EOS & ISO-5151, leads to better results for EER and capacity compared to  $T_3$ ;
- Since  $T_{Extreme}$  testing condition is similar to  $T_{High}$ , with regard to indoor wet bulb testing condition, both EER and capacity re-deteriorate;
- In general, there are candidates with potential for improvement; however, since high pressure refrigerants show better results vs. R-410A, the potential for improvement is higher.

Almost all of the OEMs who have participated in EGYBRA have already introduced R-410A units into the market. One uncorroborated study shows that more than 10% of the units sold in 2017 were with R-410A. This might make it easier for OEMs to leap-frog solutions for HCFC-22 and pass directly to high pressure alternatives to R-410A as the possibility for performance and EER improvement is higher for those alternatives.

Results also show that the potential for improvement applies also at higher ambient temperatures, an important factor for some of the regions in the south of Egypt that experience higher ambient temperatures than 35 °C. This is also important for the export market as some manufacturers export to neighboring HAT countries in the region.

#### 5.2. Capacity Building Requirements

The conclusion from chapter 4 is clear: at the current optimization level, none of the prototypes tested will be able to meet more than class B of the 2021 MEPS values; however, the fact is that prototypes were built with many constraints

- The prototypes could be further optimized through the selection of compressors better suited to the tested refrigerants and the selection of heat exchangers that can improve the efficiency of the units;
- Variable speed technology would improve the Seasonal EER of the units where applicable;
- The optimization process requires research and development capabilities that might go beyond those available at some of the manufacturers;

- A further conclusion concerns the testing facilities of the EGYPRA OEMs. Witness testing has enabled the Technical Consultant to carefully assess the capabilities of each lab, especially for testing flammable refrigerants. For confidentiality purposes, the general description of the lab facilities given in Annex 2 does not aim to critique the individual labs or divulge where the individual labs need to be upgraded; however, the fact remains that some of the labs could benefit from an upgrade program;
- The lack of an accredited independent lab to test larger than 65,000 Btuh units using flammable refrigerants was the reason for the delay in testing central units which are part of the EGYPRA project. These units were built by the respective manufacturers; however, the arrangement for testing them independently and with good certainty could not be made on time for this report.
- Test results show that all refrigerants used in the project are viable alternatives from a thermodynamic point of view. The viability in terms of the other criteria like commercial availability, cost, and safety – among others - needs to be further researched.

## Bibliography

- Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M and Kassuga T, 2015. "Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners", ORNL/TM-2015/536. Available at: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto\\_pub59157\\_101515.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf) .
- AREP 2014 AHRI Alternative Refrigerant Evaluation Program <http://www.ahrinet.org/arep>
- EOS 3795:2013 Egyptian Organization for Standardization and Quality - *Energy Efficiency Requirements for Window and Split Units (Arabic version) – Dec 2013*
- EOS 4814 Egyptian Organization for Standardization and Quality – *Testing and Performance Rating for Ductless Air conditioning Units (Arabic Version)*
- ISO 5151:2017 International Organization for Standardization - *Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance (2017-en)*
- PRAHA 2016 PRAHA Project Report: <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-low-gwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>
- RTOC 2014 Refrigeration and Air conditioning technical Options Committee Assessment report (2014)

## Annex 1: Test Results

The annex includes tables and charts from the test results. All OEMs results were compiled by category, for HCFC-22 equivalent refrigerants and for R-410A equivalent refrigerants.

The tables show the results for capacity in Btuh and EER at the four testing temperatures. The tables are per category of 12,000 Btuh split units, 18,000 split units and 24,000 Btuh split units. They include all alternatives refrigerant tested by each OEM.

The equivalent bar charts reflect the results in the tables: one bar chart for capacity and one bar chart for EER.

The sequence in which they are presented is:

- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 18,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 24,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 12,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 18,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 24,000 Btuh category.



Table 19 A1: Capacity and EER Results for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category

HCFC-22 eq. 12,000 Btuh		OEM A				OEM B				OEM C				OEM E			
Ambient		T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>high</sub>	T <sub>Ext</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>high</sub>	T <sub>Ext</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>high</sub>	T <sub>Ext</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>high</sub>	T <sub>Ext</sub>
R-22	CAP	11479	9699	11353	8407	11410	9988	10900	10035	11452	9960	10560	10181	10753	10415	10352	9381
	EER	9.74	6.88	7.31	5.61	8.410	6.380	6.330	5.470	10.002	7.249	6.975	6.231	10.290	8.300	7.380	6.230
R-290	CAP									10219	8677	9289	7747				
	EER									10.355	7.171	6.959	5.217				
ARM-20a R-457A	CAP									11023	9376	10892	9517				
	EER									8.358	6.239	6.582	5.556				
Opteon XL-20 R-454C	CAP					10968	9349	9946	9042					6980.6	4958.27	5762.15	4489.25
	EER					7.970	6.000	5.860	5.050					8.150	5.200	5.600	4.180
L-20 R-444B	CAP	11790	9661	10241	8881												
	EER	8.43	5.73	5.53	4.47												

Figure 15 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

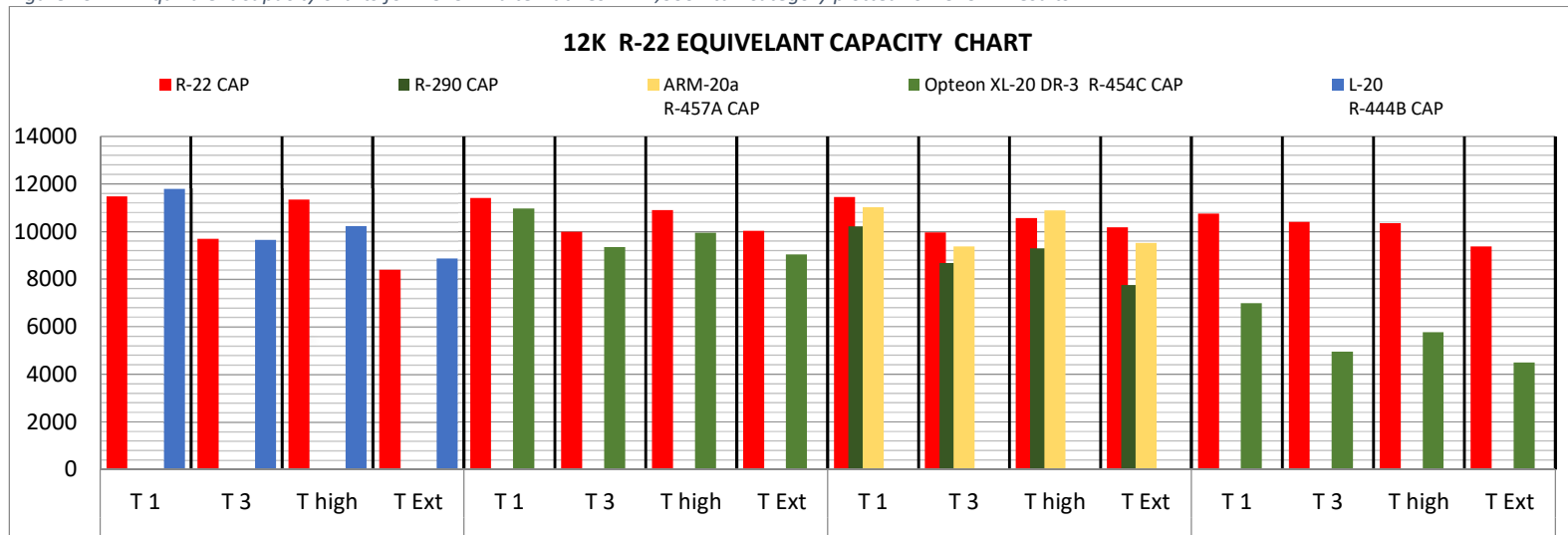


Figure 16 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

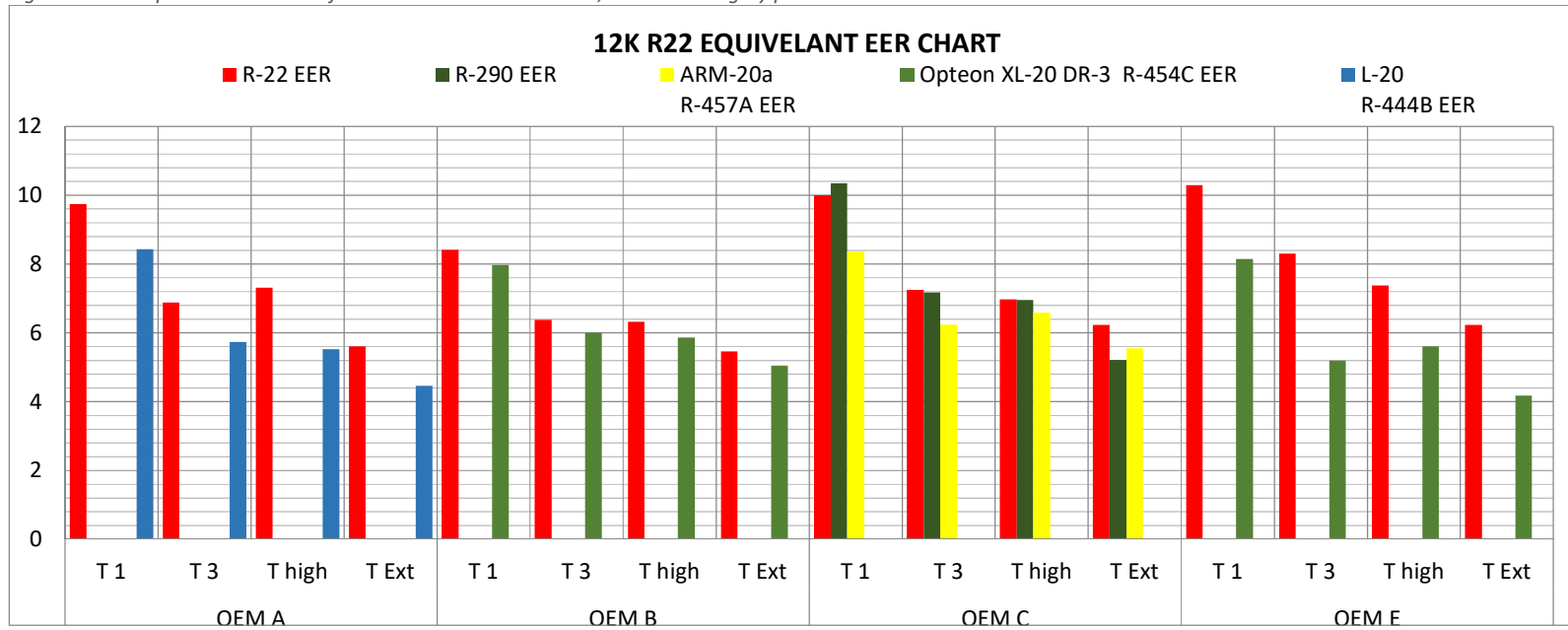


Table 20 A1- Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category

HCFC-22 eq. 18,000 Btuh		OEM A				OEM B				OEM C				OEM D			
Ambient		T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext
R-22	CAP	18659	16799	17543	15046	16433	14545	13718	15350	18160	16182	17632	16292	17548	16422	14624	13948
	EER	9.410	7.260	6.980	5.550	8.930	6.650	6.370	5.330	10	7.372	7.371	6.445	10.500	8.750	7.220	6.00
R-290	CAP	16111	14067	15343	13442												
	EER	9.310	7.090	7.170	5.860												
R-457A	CAP					15257	12672	13418	12149								
	EER					9.260	6.590	6.310	5.330								
R-454C	CAP									16510	14327	15619	14250				
	EER									9.312	6.972	7.011	6.015				
R-444B	CAP													17098	15746	13498	13047
	EER													10.000	7.780	6.320	5.400

Figure 17 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

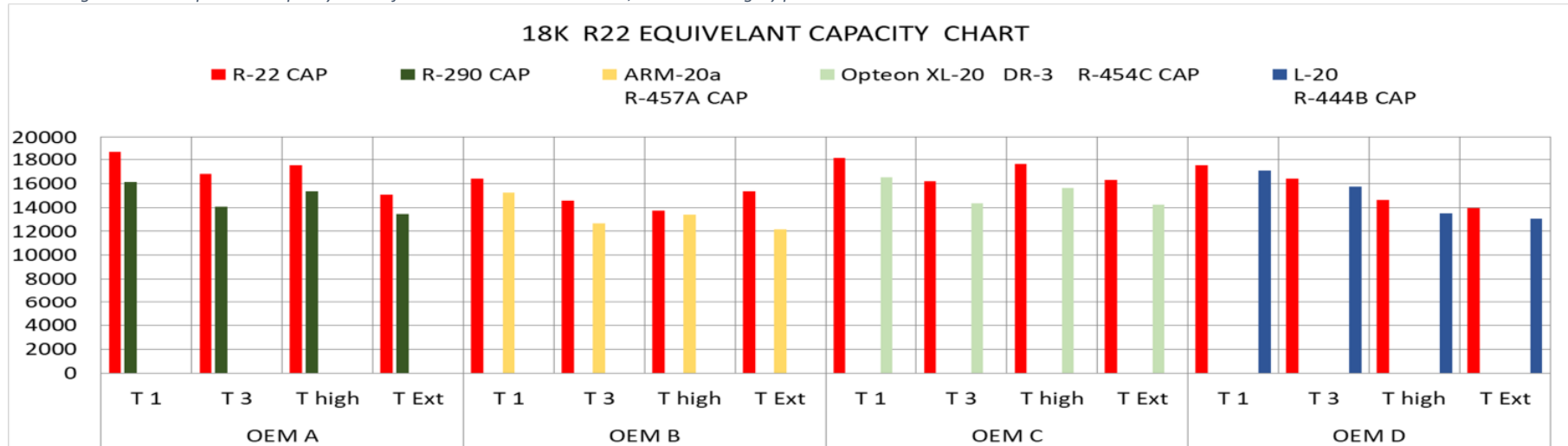


Figure 187 A1 - Equivalent EER charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

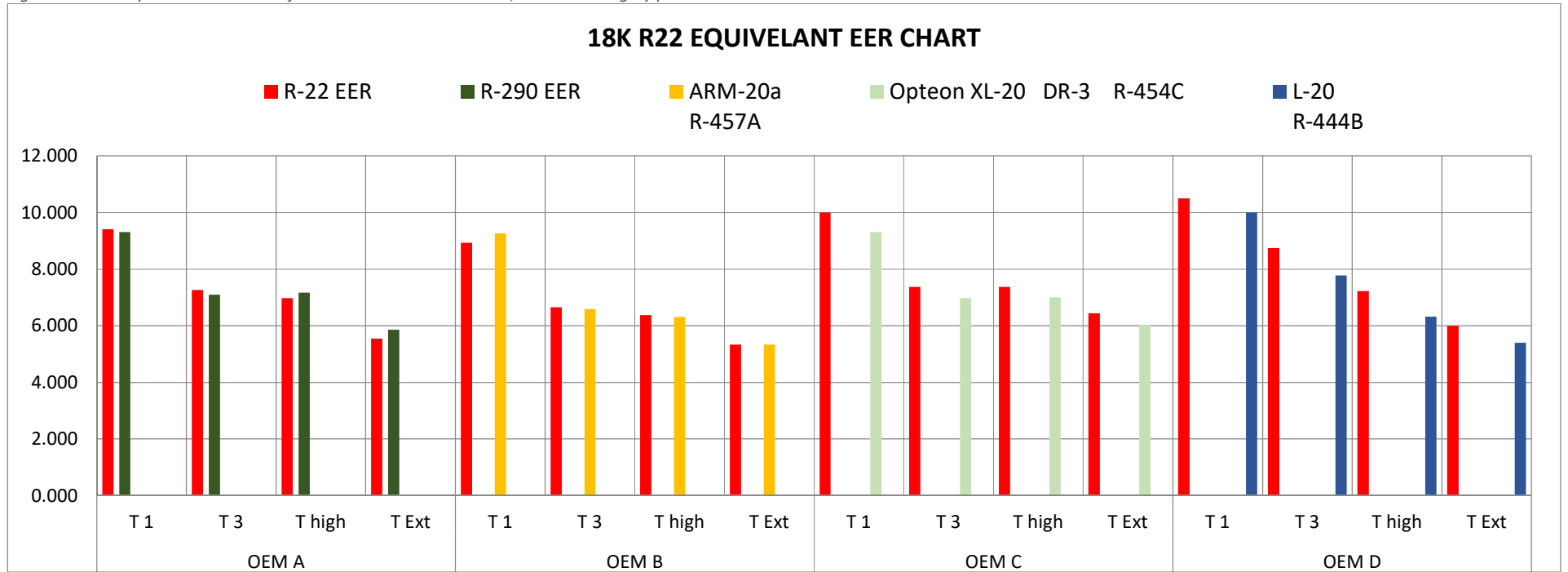


Table 21 A1 - Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category

HCFC-22 eq. 24,000 Btuh		OEM B				OEM D			
Ambient		T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext
R-22	CAP	22782				22318	21202	20144	19148
	EER	9.270				9.300	7.320	6.100	5.73
R-290	CAP								
	EER								
ARM-20a R-457A	CAP					21758	20670	19636	18657
	EER					8.78	6.85	5.82	5.25
Opteon XL-20 DR- 3 R-454C	CAP								
	EER								
L-20 R-444B	CAP	23436							
	EER	7.38							

Figure 19 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

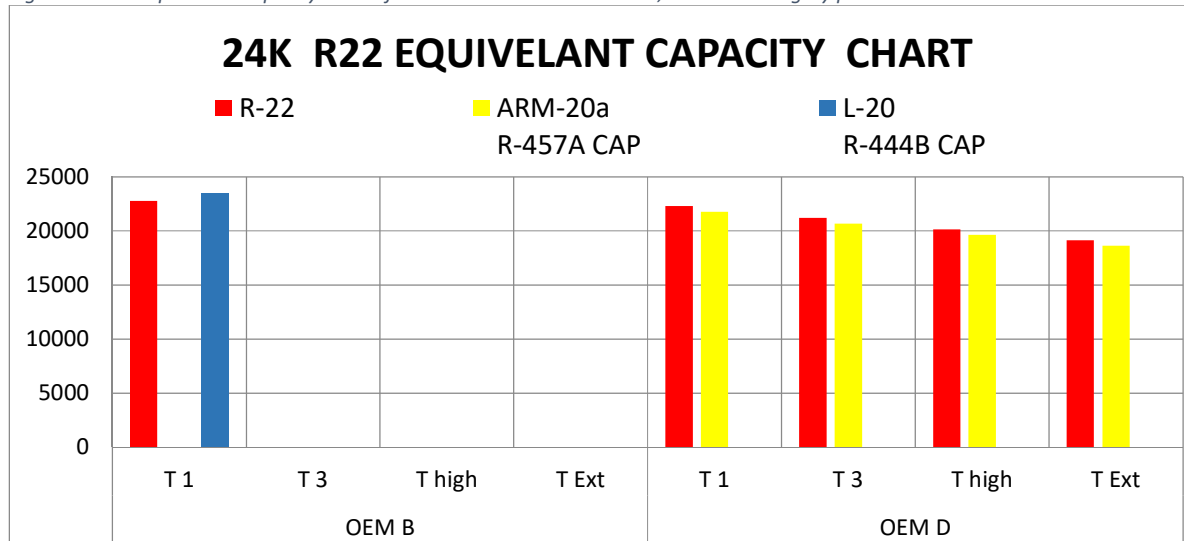


Figure 20 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

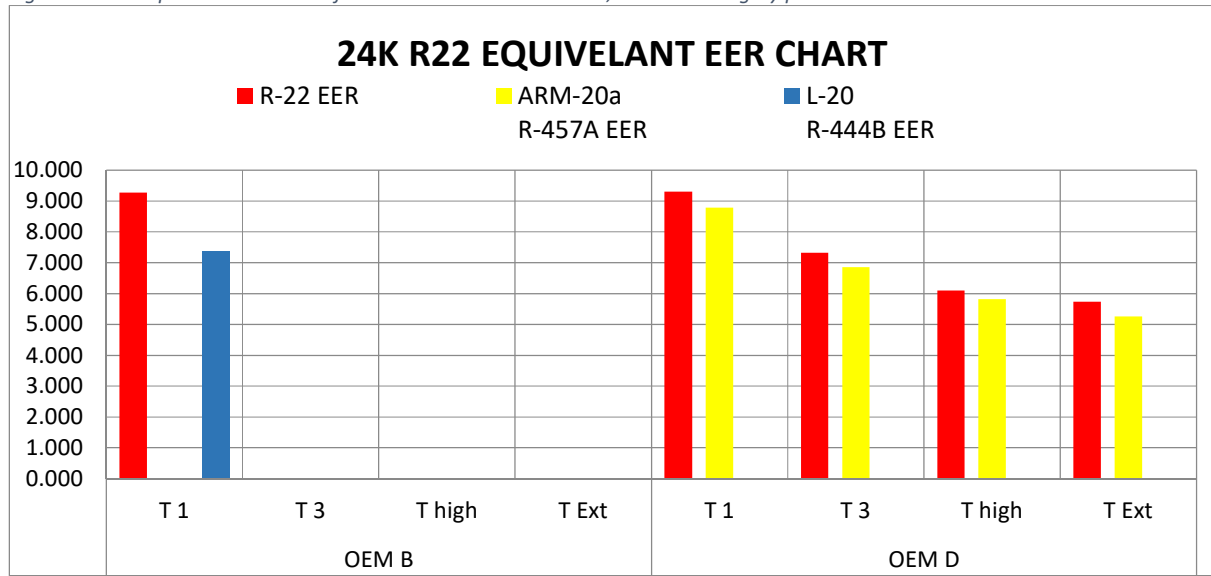


Table 22 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category

R-410 A eq.		OEM A				OEM B				OEM E			
12,000 Btuh Ambient		T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext
R-410A	CAP	10307	-	8313	-	12068	10343	11089	9968	11905	9369	10848	9299
	EER	8.77	-	5.43	-	10.17	7.31	7.15	5.93	10.88	7.29	7.42	5.89
ARM-71a R-459A	CAP												
	EER												
R-32	CAP					11355	9249	9822	8499				
	EER					11.51	7.53	7.26	5.69				
Opteon XL-41 DR-5 R-454B	CAP									11987	11130	12257	11094
	EER									9.92	7.95	7.66252	6.7676
L-41 R447A	CAP	9963	-	8539	-								
	EER	8.38	-	5.55	-								

Figure 21 A1 - Equivalent capacity chart for R410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results

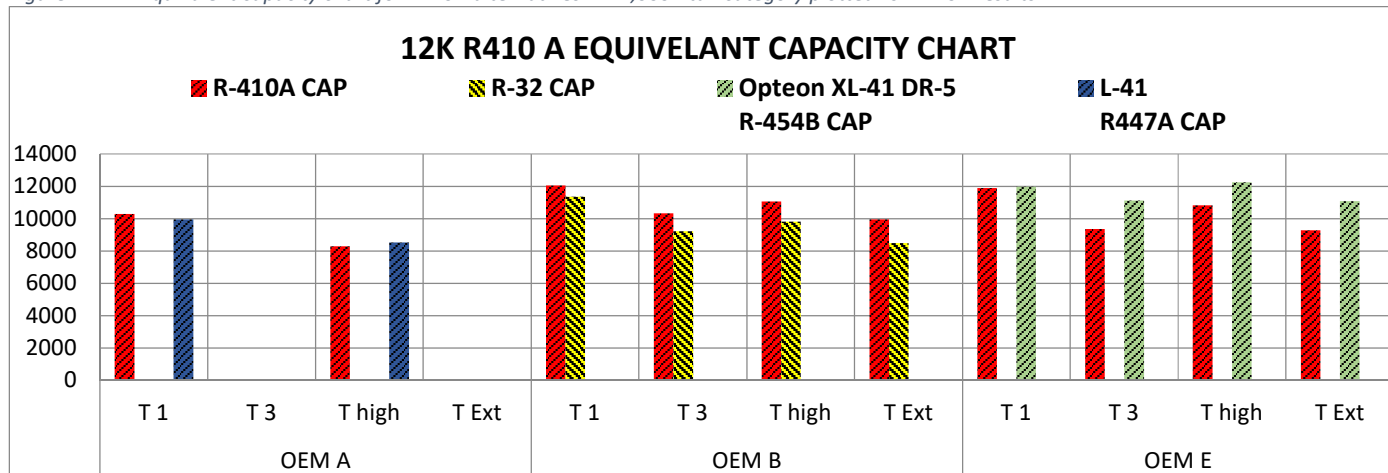


Figure 22 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results

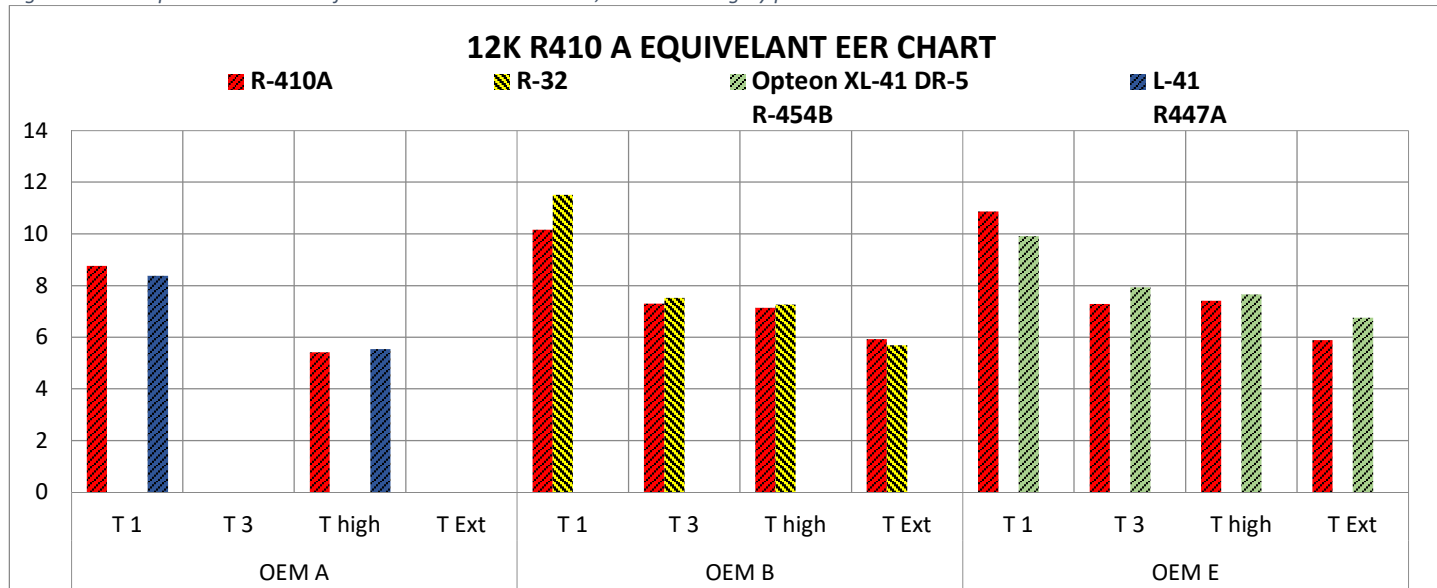




Table 23 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category

R-410 A eq. 18,000 Btuh		OEM A				OEM C			
Ambient		T 1	T 3	T high	T Ext	T 1	T 3	T high	T Ext
R-410A	CAP	16938	14337	14123	12441	17800	14924	16075	13746
	EER	9.8	6.8	6.3	5.1	9.152	6.497	6.485	5.116
ARM-71a R-459A	CAP					17115	14430	15392	14023
	EER					9.282	6.544	6.265	5.32
R-32	CAP	17616	15255	15761	13809				
	EER	10.03	7.1	6.65	5.29				
Opteon XL-41 DR-5 R-454B	CAP	15167	13229	13782	11800				
	EER	9.5	6.9	6.5	5.2				
L-41 R447A	CAP								
	EER								

Figure 23 A1- Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results

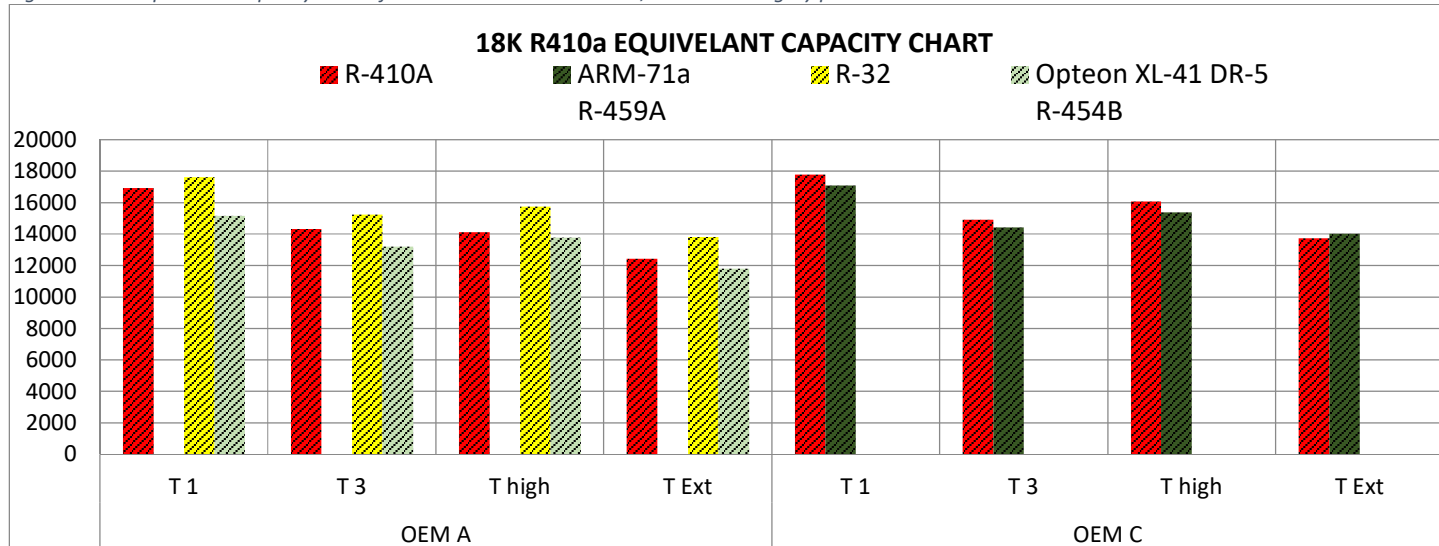


Figure 24 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results

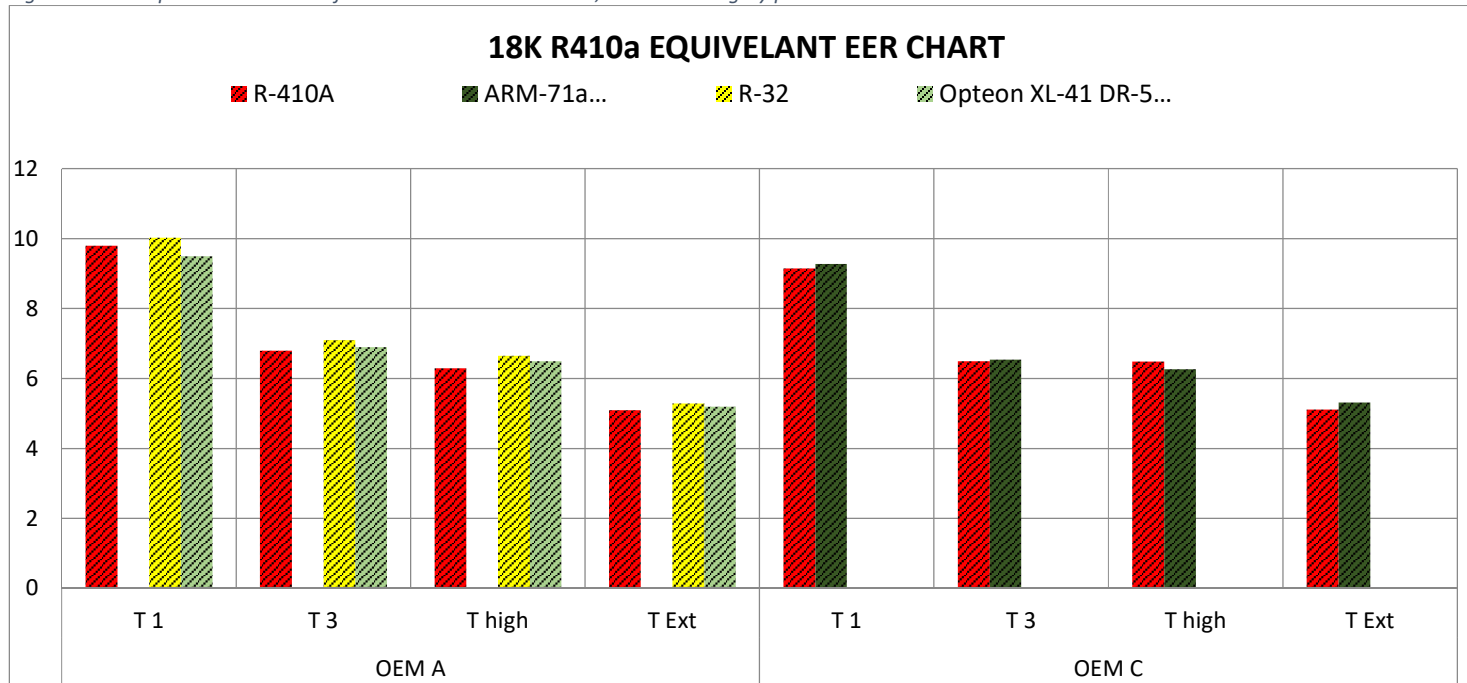


Table 24 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category

<b>R-410 A eq. 24,000 Btuh</b>		<b>OEM C</b>			
<b>Ambient</b>		<b>T 1</b>	<b>T 3</b>	<b>T high</b>	<b>T Ext</b>
<b>R-410A</b>	CAP	23022	19531	20534	18379
	EER	10.57	7.518	7.376	6.161
<b>ARM-71a R-459A</b>	CAP				
	EER				
<b>R-32</b>	CAP	23310	19522	21876	19035
	EER	10.62	7.228	7.459	5.988
<b>Opteon XL-41 DR-5 R-454B</b>	CAP	23766	20241	22268	20160
	EER	10.653	7.516	7.515	6.224
<b>L-41 R447A</b>	CAP				
	EER				

Figure 25 A1 - Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs R-410A results

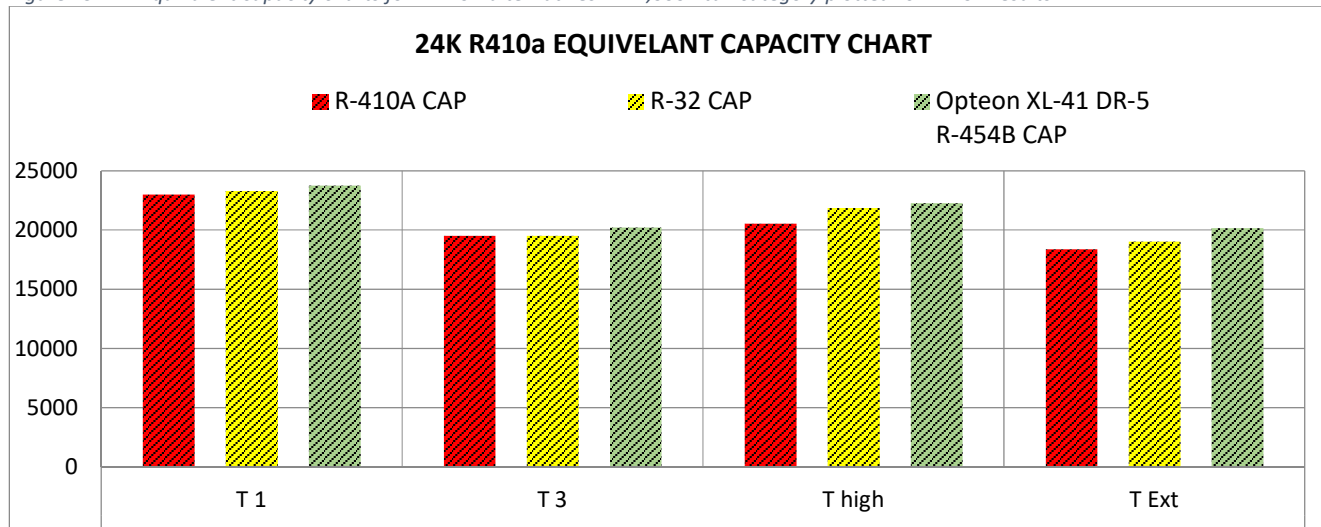
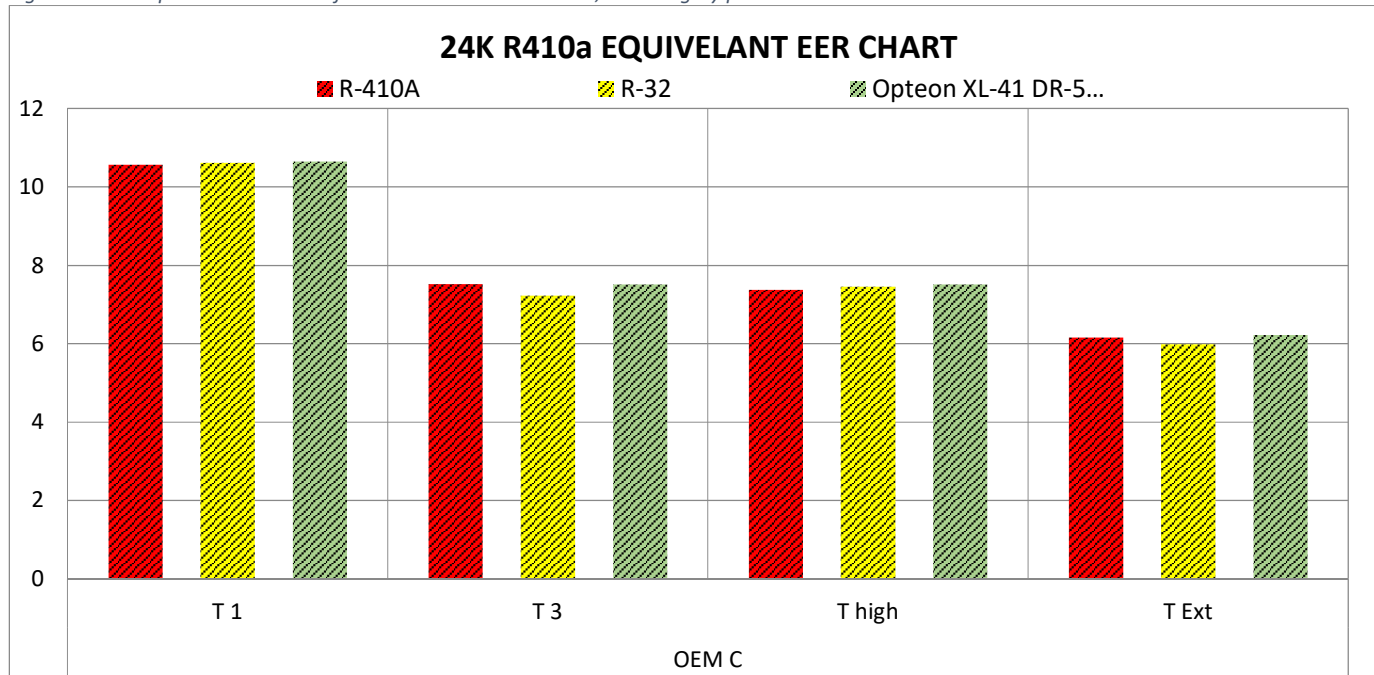


Figure 26 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 24,000 category plotted vs R-410A results



## Annex 2: Sample Questionnaire for Local Manufacturers

### Goal:

The Initiative objective is to test prototype air-conditioning units using low-GWP alternative technologies and share recommendations with manufacturers and decision makers in Egypt

### Questionnaire:

This questionnaire is aimed at selected air-conditioning manufacturers in Egypt. The purpose of the questionnaire is to ask the preferences of the selected manufacturers in as far as technology selection and partnership with other stakeholders as well as getting a confirmation on their willingness to participate. All information compiled of this questionnaire will be treated as confidential.

A. General Conditions	Participant response	
<b>My company is willing to participate in the project.</b> If you answer YES, please proceed to rest to questionnaire.	YES	NO

B. Technology Selection	Participant response	
1. Do you have a preference for the alternative refrigerant?	YES	NO
2. Alternative refrigerant choice ( <i>you can provide more than one selection by deleting what is not applicable</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ HFO Honeywell</li> <li>➤ HFO DuPont</li> <li>➤ R-32</li> <li>➤ Hydrocarbon</li> </ul>	
3. Do you have a preference for the compressor manufacturer?	YES	NO
4. Provide name of compressor manufacturer(s)		

C. Application Selection	Participant response	
5. Do you have a preference for the type and capacity of equipment for which you will build the prototype?	YES	NO
6. My selection of equipment: ( <i>you can provide more than one selection</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decorative split</li> <li>➤ Ducted split</li> <li>➤ Rooftop package</li> <li>➤ Self-contained</li> </ul>	
7. My selection of cooling capacity	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1 – 5 tons</li> <li>➤ 6 – 10 tons</li> <li>➤ No preference</li> </ul>	

D. Building Prototypes	Participant response	
8. My company can design and/or build prototypes	YES	NO
9. How many prototypes are you willing to build?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ One</li> <li>➤ More (<i>pls specify number</i>)</li> </ul>	

E. Testing Prototypes	Participant response	
10. Which type of testing do you prefer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Independent 3<sup>rd</sup> party Testing</li> <li>➤ Witness Testing at own premises</li> </ul>	
11. If you answered <b>3<sup>rd</sup> Party Testing</b> , are you willing to pay the cost for the test?	YES	NO

12. If you answered <b>Witness Testing</b> , is your lab certified and by whom?	YES Certified by:	NO
---	----------------------	----

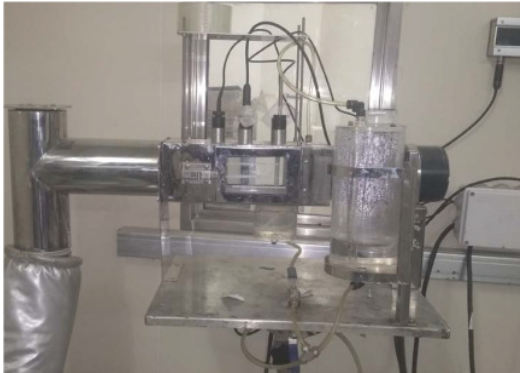
<b>F. Logistics</b>	<b>Participant response</b>	
13. My company will allow independent consultants appointed by UNEP/UNIDO to oversee the development of the prototypes.	YES	NO
14. If NO, pls describe what limitations you want to impose.		
15. My company will allow independent consultants appointed by UNEP/UNIDO to oversee the testing of the prototypes.	YES	NO
16. If NO, pls describe what limitations you want to impose.		

<b>G. Information about the Company</b>	<b>Participant response</b>	
17. Company Name		
18. Brand names used in market		
19. Company headquarters location		
20. Manufacturing location where prototype will be built		
21. Ownership percentage pertaining to the nationality where prototype is manufactured ( <i>This information is needed to determine whether the limitations for project participation set by the Ozone Secretariat of the Montreal Protocol are applicable</i> )		
22. Name and title and Contact details of designated contact person for this project		

### Annex 3: Brief description of Manufacturers' testing labs

The test labs of the different OEMs had varying capabilities. The best equipped labs have the following characteristics:

- Psychrometric type laboratory in which the air enthalpy test method is used to determine the cooling and heating capacities from measurements of entering and leaving wet-and dry-bulb temperatures and the associated airflow rate;
- Air sampling devices in each room (indoor room, code tester and outdoor room) are used to measure an average temperature. The airflow induced using blower through the tree (photo on left) and insulated duct passing over the temperature instruments (photo on the right) at velocity of 4-5 m/s.



- Air flow measuring apparatus (code tester) is attached to air discharge of UUT by insulated duct. The first section (receiving chamber) delivers air from UUT and contains the static pressure measuring instrument. The air is then mixed by a mixer in next section to measure its temperature by the air sampling device installed inside the code tester.



- Nozzles section, consisting of a receiving chamber and a discharge chamber separated by a partition in which four nozzles are located (see photo below). Air passes through the nozzles and is then exhausted to the test room. The pressure drop across the nozzles is measured using differential pressure transmitter. Air flow rate is calculated according to ISO 5151:2017.



- Voltage stabilizer(photo on left) is used to adjust the applied voltage for UUT, and the Power meter device is used to measure electrical parameters for it like applied voltage, power consumption, current consumption and power factor.



- Most labs are capable of testing up to 5 TR capacity (17.5 kW of cooling) measuring unit working pressure, super-heat, sub-cooling, and various temperature points on the refrigeration cycle;
- Lab consists of two well thermally insulated rooms: indoor room and outdoor room. In both rooms, temperature and humidity can be controlled precisely to achieve the required environment, as per different standards, thru refrigeration units, humidifiers and electric heaters;
- The accuracy of temperature control for dry and wet bulb temperature is 0.01 °C;
- In the indoor room there is a thermal insulated code tester where outlet air dry bulb, wet bulb and volume are measured;
- Wires sensors with accuracy of 0.1 °C are used for measuring surface temperatures at various points;
- Information gathered during the test are monitored on a computer screen;

The table below shows the parameters that are shown on the monitor



Table 25 A3: Typical parameters shown on a testing lab monitoring screen

<b>Test Screen Display</b>
Inlet DB
Inlet WB
Inlet Enthalpy
Outlet DB
Outlet WB
Outlet Enthalpy
Enthalpy Differential
Specific Density
Air velocity
Air volume
Standard air volume
Atmospheric pressure
Differential pressure
Heat Loss
Total capacity
Capacity ratio
EER
EER ratio
<b>COMPRESSOR</b>
FM surface temperature
high pressure
low pressure
Super-heat
Sub-cooling
<b>ADDITIVE TEMP.</b>
Accumulator outlet temp
Outlet air temperature
Evaporator coil sensor temp
Compressor inlet
O/D Motor surface
<b>OUTDOOR UNIT</b>
Inlet DB
Inlet WB
<b>POWER</b>
Voltage
Current
Wattage
Power Factor
Frequency

## Annex 4: Other Research Programs

### Research at High Ambient Temperature

The dedicated research on the performance of refrigerants at High Ambient Temperatures (HAT) was driven by the need to find low-GWP alternative refrigerants that have a better degradation of capacity and efficiency than the commercial HFCs that are replacing HCFCs in the HAT countries. The need to meet higher Minimum Efficiency Performance Standards (MEPS) while phasing out the current production of HCFC-based units was a challenge facing both the local industry in the HAT countries and the global exporters to those markets.

Three research programs were announced and completed in the time period between 2013 and 2016. While the three programs had a common goal in testing the refrigerant alternatives at temperatures higher than the standard T1 testing conditions, they were distinct in their protocols, approach, and the entity who was behind the project.

The PRAHA program mentioned in Chapter 1 is a Multilateral Fund financed project to test custom-built prototypes in four equipment categories that built by manufacturers located in HAT countries and testing them all at one independent lab. The results were compared to base units running with HCFC-22 and R-410A refrigerants.

The AREP (Alternative Refrigerant Evaluation Program) is an industry association program by the Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) to test various categories of equipment, by various manufacturers, at their own labs by either dropping in the refrigerant or “soft” optimizing the unit.

The Oak Ridge National Laboratory (ORNL) program by the United States Department of Energy (DoE) tested two similar capacity standard units running with HCFC-22 and R-410A and soft optimizing them for the various alternative refrigerants. All tests were carried on at ORNL labs.

A comparison of the three program design criteria and testing protocols is found in table xx below. In the next sections of this chapter is a resume of the test results for the three programs and a comparison of these results.

## PRAHA program

Six local Original Equipment Manufacturers (OEMs) built 14 prototypes running with five refrigerant alternatives and shipped 9 other “base units’ operating with HCFC or HFC for direct comparison purposes. Testing was done at 35, 46, and 50 °C ambient temperatures with an “endurance” test at 55 °C ambient to ensure no tripping for two hours when units are run at that temperature. The indoor conditions will be kept the same for all tests; dry bulb temperature of 27 °C and a relative humidity of 50 % as per AHRI test procedures for T1 conditions (35 °C), and 29 °C and 50% for T3 (46 °C and 50 °C) conditions. A memorandum of understanding (MOU) was signed with AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigerating Institute) for exchanging experience on the testing methodology benefiting of AHRI relevant research project known as AREP.

The project compares the following refrigerants: R-290, HFC-32, R-444B (herein referred to as L-20), R-447A (L-41), and DR-3 to HCFC-22 or R-410A. Prototypes operating with R-290, R-444B, and DR-3 are compared with HCFC-22 as they portray similar characteristics to HCFC-22, while HFC-32, and R-447A are compared with R-410A.

All the prototypes in every category were built to have the same cooling capacity and fit in the same box dimensions as their respective base units, and they were all required to meet the minimum energy efficiency (EER) of 7 at 46 °C. Tests were performed at an independent reputable lab for result consistency; Intertek was selected through competitive bidding. Verification for repeatability was performed to ensure that results are within the acceptable accuracy levels.

Table 26 A4 - Results for PRAHA-I program

Equipment type	Baseline refrigerant	Refrigerant tested	COP % comp to baseline @ 35 °C	Capacity % comp to baseline @ 35 °C	COP % comp to baseline @ 50 °C	Capacity % comp to baseline @ 50 °C
18,000 Btu/hr. Window Unit	HCFC-22 COP = 3.14 (35 °C), 2.26 (50 °C) for OEM A COP = 2.76 (35 °C), 2.02 (50 °C) for OEM B	L-20 (OEM A)	-11%	9%	-10%	7%
		L-20 (OEM B)	-2%	-6%	-5%	-10%
		DR-3 (OEM A)	-9%	2%	-2%	1%
24,000 Btu/hr. split system	HCFC-22 COP = 2.75 (35 °C), 1.94 (50 °C) for OEM C COP = 2.52 (35 °C) for OEM D	HC-290 (OEM C)	4%	8%	-2%	5%
		L-20 (OEM D)	-19%	7%	-76%	-78%
		DR-3 (OEM D)	-27%	-33%	-28%	-31%
24,000 Btu/hr. split system	R-410A COP = 3.52 (35 °C), 2.30 (50 °C) for OEM E COP = 3.08 (35 °C), 2.02 (50 °C) for OEM F	HFC-32 (OEM E)	-1%	15%	-2%	16%
		HFC-32 (OEM F)	-9%	8%	-22%	-1%
		L-41 (OEM E)	-10%	20%	-7%	22%
36,000 Btu/hr. Ducted Split	HCFC-22 COP = 2.83 (35 °C), 1.91 (50 °C) for OEM G	L-20 (OEM G)	0%	-7%	2%	-5%
		DR-3 (OEM G)	-18%	-25%	-13%	-21%
36,000 Btu/hr. Ducted Split	R-410A COP = 2.79 (35 °C), 1.84 (50 °C) for OEM G	HFC-32 (OEM G)	-1%	-4%	-12%	-18%
90,000 Btu/hr. Rooftop	HCFC-22 COP = 2.95 (35 °C), 2.07 (50 °C) for OEM H	L-20 (OEM H)	1%	6%	-3%	5%
		DR-3 (OEM H)	-3%	-1%	-6%	-4%

## AREP Program

The Alternative Refrigerant Evaluation Program (AREP) by the Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) tested several refrigerants either as a drop-or in soft optimized units built and tested at various manufacturers who are members of AHRI (AREP 2014). Testing was done in two phases for several applications including refrigeration and at various temperatures.

Table 27 A4 - Results for the AREP program

Equipment type	Base-line refrigerant	Modifications (test-type)	Refrigerant tested	COP % compared to baseline @ 35 °C	Capacity % compared to baseline @ 35 °C	COP % compared to baseline @ 51.6 °C	Capacity % compared to baseline @ 51.6 °C
36,000 Btu/hr. Split heat pump. AREP report 52(6)	R-410A COP = 3.55 at 35C and 1.87 at 51.6C	Criteria: Drop-in. Matching superheat and sub cooling to base unit. Charge level determined by criteria and held constant for all temperatures tested.	ARM-71A	-1%	-8%	7%	-3%
			R-454A (DR-5A)	-1%	-6%	6%	-1%
			HPR2A	-4%	-11%	3%	-4%
			R-446A (L-41-1)	-2%	-10%	-1%	-3%
			R447A (L-41-2)	-1%	-7%	-1%	-4%
48,500 Btu/hr. Rooftop AREP report 56(11)	R-410A COP = 3.31 at 35C, 2.00 at 48.9C and 1.80 at 51.6C	Soft optimization. Adjustable expansion device, Variable Frequency drive matching the capacity with base unit. Varying indoor conditions.	DR-55	4%	0%	3%	0%
			HFC-32	6%	1%	NA	NA
			DR-5A	5%	1%	7%	3%
72,000 Btu/hr. Rooftop AREP report 55(10)	R-410A COP = 3.57 at 35 C and 2.06 at 51.6C	Soft Optimization. Same superheat and sub cooling as base, changing expansion devise and adjusting charge. Oil is also different.	HFC-32	2%	9%	10%	16%
34,000 Btu/hr. split AREP Report 42(5)	R-410A COP = 3.53 at 35C and 1.82 at 51.6C	Tested HFC-32 unit with POE oil and withy prototype oil for the same expansion devise and charge determined by superheat.	HFC-32 with prototype oil	3%	7%	13%	14%
60,000 Btu/hr. Rooftop AREP reports 47 & 53 (8, 9)	R-410A COP = 3.87 at 35C and 2.07 at 51.6C	Soft optimization. Matching superheat and sub cooling.	L-41-2	3%	-7%	10%	-1%
			ARM-71A	3%	-4%	10%	2%
			HPR2A	1%	-5%	8%	1%
			DR-5A	1%	-4%	2%	-3%
			HFC-32	-10%	-4%	-9%	-1%

## ORNL Program

The Oak Ridge National Laboratory (ORNL) program consisted of testing alternatives of HCFC-22 and R-410A in two units of the same capacity (Abdelaziz 2015). Testing was done at the ORNL labs at various temperatures. Table below shows the criteria and a comparison of the result.

Table 28 A4 - Results for the ORNL program

Equipment Type	Lab utilized	Baseline Refrigerant	Equipment Criterion	Refriger. Tested	COP % comp to baseline @ 35 °C	Capacity % comp to baseline @ 35 °C	COP % comp to baseline @ 52 °C	Capacity % comp to baseline @ 52 °C
18,000 Btu/hr. Split unit (Carrier)	ORNL	HCFC-22 COP = 3.07 at 35 °C and 1.98 at 52 °C	Same machine to test all refrigerants. Criteria: matching superheat and sub cooling to base unit. Changing expansion devise. Charge level optimized at 35C	N-20B	-13%	-14%	-11%	-15%
				DR-3	-16%	-12%	-14%	-12%
				ARM-20B	-12%	-3%	-11%	-3%
				R-444B (L-20A)	-11%	-9%	-7%	-4%
				HC-290	7%	-8%	7%	-4%
18,000 Btu/hr. split unit (Carrier)	ORNL	R-410A COP = 3.4 at 35 °C and 2.07 at 52 °C	Same machine to test all refrigerants. Criteria: matching superheat and sub cooling to base unit. Changing expansion devise. Charge level optimized at 35C	HFC-32	4%	5%	5%	11%
				DR-55	3%	-3%	3%	0%
				R-447A (L-41)	-5%	-14%	3%	-6%
				ARM-71a	-1%	-8%	2%	-4%
				HPR-2A	-2%	-9%	5%	-1%