



Title: Estudio y aplicacion de ciclos de refrigeracion--refrigerantes alternativos.(Report)

Pub: *Ingeniería de Recursos Naturales*

Detail: Herwin Marcos Villamil Salcedo and Oscar Edwin Piamba Tulcán. 3.(Jan 2005): p28(6). (2928 words)

Abstract:

Día a día en medio de muchos de nuestros procesos productivos se puede observar la necesidad creciente de generar operaciones cada vez menos nocivas con el medio ambiente. En el caso de la Refrigeración y el Aire Acondicionado se presenta una necesidad similar, basada en los efectos secundarios que algunas de las sustancias refrigerantes han presentado frente a la problemática de la capa de ozono. Años atrás, con la firma del protocolo de Montreal, se buscaron alternativas para disminuir las emisiones del ya conocido refrigerante R-12, el cual era el más utilizado en la industria y en aplicaciones domésticas. Para darle respuesta a esta necesidad DuPont, luego de varias investigaciones al respecto, sacó al mercado el HFC-134a, sustancia que podía reemplazar de forma menos nociva al R-12. Sin embargo, investigaciones recientes catalogan al HFC-134a como un refrigerante generador de efecto invernadero. En el presente artículo se estudian algunas sustancias que pueden reemplazar el HFC-134a, obteniendo resultados sobre sus respectivos ciclos de refrigeración, mediante los cuales se podrá analizar si existe o no la posibilidad de proponer su aplicación como sustancia refrigerante.

PALABRAS CLAVES

Medio Ambiente, Refrigeración y Aire Acondicionado, Capa de Ozono, HFC-134a, CO₂, Ciclos de Refrigeración, sustancia Refrigerante.

We are more and more aware that many of our productive processes need to produce less harmful operations for the environment. In the case of refrigeration and air conditioning there is a similar need concerning all the problems caused by some refrigerating substances and in particular those related to the ozonosphere. Several years ago the Montreal protocol searched for new alternatives tending to reduce the emissions of the already known R-12 refrigerant which was used the most in industry and domestic applications. To respond to that need, DuPont after having done some research on that issue released the HFC-134a, a less harmful substance that could replace in way the R-12. Nevertheless, recent research has classified the HFC-134a as a refrigerant causing the greenhouse effect. In the present paper we will study some of the substances that could replace the HFC-134a. The results obtained in their refrigerating cycles could be analyzed in order to find out if there is or not the possibility to apply them as refrigerant substances.

KEYWORDS

Environment, Refrigeration, Air Conditioning, Ozonosphere, HFC-134a, CO₂, Refrigerating cycles, Refrigerant.

[ILUSTRACIÓN OMITIR]

Texto Completo: COPYRIGHT 2005 Universidad del Valle

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se realiza un análisis completo de cada sustancia propuesta para su implementación en aire acondicionado y/o refrigeración, teniendo en cuenta sus propiedades como sustancia, además de las

particularidades del cálculo, las cuales dependen directamente de las condiciones de trabajo de cada sustancia, y que contribuyen a la caracterización y sistematización de la determinación de ciclos de refrigeración. A partir de los resultados obtenidos podemos hallar conclusiones importantes para una posible aplicación de refrigerantes alternativos que puedan proporcionar mejores, mas eficientes y más limpias condiciones de trabajo en la aplicación deseada.

2. DIAGRAMA DE CICLOS

En la representación gráfica de un ciclo se pueden observar simultáneamente todas las propiedades deseadas en los diferentes cambios que ocurren en las condiciones físicas del refrigerante durante su trabajo. Los diagramas más utilizados son los de Presión-Entalpía (P-h) y Temperatura-Entropía (T-S). Estos diagramas nos dan la condición del refrigerante en cualquier estado termodinámico, en particular si se conocen dos propiedades cualesquiera del estado del refrigerante. A continuación se presenta como ejemplo el diagrama P-h del refrigerante HFC 134a, con los respectivos componentes del ciclo de refrigeración:

[FIGURA 1 OMITIR]

3. REFRIGERANTES

Un refrigerante se define como "un medio de transmisión del calor que absorbe calor al evaporarse a baja temperatura y lo cede al condensarse a alta temperatura y presión" (1). Para que una sustancia refrigerante sea adecuada debe tener ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas, las cuales deben garantizar su aplicación; entre estas propiedades encontramos (2):

JPEGF

- Baja temperatura de Ebullición
- Fácilmente manejable en estado líquido
- Alto calor latente de vaporización
- No inflamable, no explosivo, no tóxico
- Químicamente estable
- No corrosivo
- Presiones de trabajo moderadas
- Fácil detección y localización de perdidas
- Inocuo para los aceites lubricantes
- Bajo punto de congelación
- Alta temperatura crítica
- Moderado volumen específico de vapor
- Bajo Costo

3.1 Clasificación de las Sustancias Refrigerantes

La clasificación de los refrigerantes se realiza de acuerdo con su naturaleza, aunque es común identificarlos por medio de un número (3). Los refrigerantes industriales se clasifican como se explica a continuación.

3.1.1 Hidrocarburos Halogenados

El grupo de los hidrocarburos halogenados comprende refrigerantes que contienen uno o más de los tres halógenos: Cloro, Fluor y Bromo. La designación numérica, el nombre químico y la fórmula química de los miembros de este grupo utilizados comercialmente se dan en la tabla 1.

3.1.2 Mezclas Azeotrópicas

Una mezcla azeotrópica de dos sustancias es una mezcla que no se puede separar en sus componentes por destilación. Una mezcla azeotrópica se evapora y condensa como una sustancia simple, con propiedades que son diferentes de las de sus constituyentes. La única mezcla azeotrópica comercial es el refrigerante 500, el cual es una mezcla de R-12 y R152a en una proporción de 73.8% a 26.2% en peso respectivamente. (4)

3.1.3 Hidrocarburos

Algunos hidrocarburos se utilizan como refrigerantes, especialmente en las industrias del petróleo y petroquímica. Estos refrigerantes se relacionan a en la tabla 2 (5):

Muchos de los refrigerantes primitivos eran compuestos inorgánicos, algunos de los cuales siguen usándose actualmente se relacionan en la tabla 3 (6):

3.2.5 Sustancias Orgánicas No Saturadas

Dos refrigerantes raramente usados son compuestos orgánicos no saturados; el refrigerante 1150 etileno y el 1270 propileno (7).

3.2 Refrigerantes Usados En Aire Acondicionado Y Sustancias Alternativas

Durante muchos años el refrigerante más utilizado fue el Diclorodifluorometano (R-12). Esta sustancia y otros dos CFC, el R-11 y el R-22, eran los principales compuestos empleados en sistemas de enfriamiento. Sin embargo, en el año de 1974 científicos de la Universidad de California sugirieron que los CFC podrían desempeñar un papel fundamental en la destrucción de la capa de Ozono. Para el año de 1987 con la firma del Protocolo de Montreal se prohíbe el uso y producción de CFC, halones, CTC y metil cloroformo, determinando plazos para la destrucción de dichas sustancias. La alternativa utilizada desde Montreal hasta nuestros días ha sido el HFC-134a, refrigerante desarrollado por la empresa norteamericana DuPont. Lamentablemente posee un alto potencial de efecto invernadero. En un intento por generar sistemas de refrigeración que no conlleven problemas ambientales, se ha incentivado la búsqueda de sustancias de buen desempeño como refrigerantes. Algunas de estas sustancias ya se pueden encontrar en el mercado: Isobutano, Amoniaco, Dióxido de Carbono y algunos hidrocarburos naturales o mezclas de ellos.

3.3 Refrigerantes a Analizar y sus propiedades

Las sustancias que se describen a continuación se proponen como alternativas en refrigeración y aire acondicionado con base en la actual problemática medio ambiental.

JPEGF

3.3.1 El R-134 (a) (Hidrocarburo Halogenado)

Esta sustancia refrigerante fue desarrollada, como se mencionaba anteriormente, con el fin de reemplazar

sustancias como el R-12 y R22, causantes de problemas ambientales. Es también un propelente para el aerosol y un agente de soplado para el procesamiento del poliestireno. (8)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

3.3.2 El Amoníaco N[H.sub.3]

Este compuesto inorgánico se obtiene a partir de la producción de ácido nítrico. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en el monitoreo de emisiones de mezclas de gases y en analizadores de impurezas. También es utilizada para reemplazo de compuestos clorofluorcarbonados en algunos equipos de refrigeración. (9)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

3.3.3 El Dióxido de Carbono C[O.sub.2]

El Dióxido de Carbono se produce a partir de la combustión de carbón o hidrocarburos, en fermentación de líquidos y en la respiración de humanos y animales. (10)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

La característica más importante de esta sustancia es su ciclo transcrito, en el que la zona de alta presión se ubica por fuera del domo, tal y como se aprecia en la Figura 2.

Cabe mencionar que las presiones que manejan van de 40 Bar en baja y 100 Bar en alta.

[FIGURA 2 OMITIR]

3.3.4 Hidrocarburos Refrigerantes

Para completar la selección de sustancias que aquí se proponen como refrigerantes alternativos a continuación se muestran algunos hidrocarburos con propiedades favorables para el trabajo de refrigerante:

a. Etano: El etano es un hidrocarburo utilizado en la manufactura de productos químicos intermedios provenientes de procesos con cloro. (11)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

b. Propano (n-Propane; Dimethylmethane): El

Propano es utilizado para el monitoreo de emisiones contaminantes, en procesos de monitoreo de higiene industrial y desde hace algunos años como combustible para motores de carburación, actividad que actualmente se encuentra en investigación y desarrollo. Este gas puede también ser utilizado como combustible de analizadores de absorción atómica. (12)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

c. Butano: Este gas es utilizado en calibración de mezclas de gas en la industria petroquímica, en monitoreo de emisiones, en analizadores de impurezas, puede servir como combustible en procesos de espectrometría por absorción atómica y sirve como propelente para la producción de aerosoles. (13)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

JPEGF

d. Isobutano (Trimethylmethane; 1,1-Dimethylethane; 2-Methylpropane; iso-butane;ibutane): Esta sustancia tiene aplicación en Rayos X, en la industria química en ionización de masa, para mezclas con otros hidrocarburos, en la industria del carbón en su manufactura, en el monitoreo de emisiones en la industria petroquímica y en analizadores de impurezas en el campo de la higiene. (14)

[FORMULA NOT IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

4. CÁLCULO DE LOS CICLOS DE REFRIGERACIÓN PARA LAS SUSTANCIAS PROPUESTAS

JPEGF

Para concluir este artículo, se realizaron los cálculos de las variables más importantes en el diseño del ciclo. Para la determinación de dichos valores se partió de la observación del diagrama P-h de cada refrigerante. Simultáneamente se dibujó un ciclo normal y uno que fuera un poco más extenso en la línea de alta presión, con el fin de lograr un efecto refrigerante neto mayor y elevar un poco la eficiencia del ciclo. De esta forma en los datos que se indican a continuación se encontrarán dos efectos refrigerantes netos y dos eficiencias. Se debe tener en cuenta que si se hace más largo el ciclo, en el diseño se debe incluir un nivel de enfriamiento adicional a la salida del condensador con el fin de disminuir la temperatura a la salida.

4.1 Modificaciones propuestas al Ciclo de Refrigeración

[FIGURA 3 OMITIR]

JPEGF

El ciclo de refrigeración se compone de cuatro puntos. El punto 1 representa la entrada del fluido al evaporador, en este punto el fluido refrigerante se encuentra en un estado de líquido-vapor saturado. Del punto 1 se pasa al 2 a través del evaporador, el cual transforma el fluido a vapor saturado (al evaporarlo). Luego se sube por una línea isentrópica, mediante la cual se pasa por el compresor, el cual eleva la presión y la temperatura de la sustancia convertida en vapor saturado. Se llega al punto 3, en el cual se encuentra a presión y temperatura alta. Se avanza del punto 3 al 4 pasando por el condensador, el cual cumplirá la función de reducir la temperatura del fluido y llevarlo a líquido saturado pero a una alta temperatura, por lo cual es necesario que se baje la temperatura del fluido a través de una válvula de estrangulamiento, la cual llevará al fluido a la temperatura y presión de baja y lo dejará listo para iniciar de nuevo el ciclo. Si se observa podemos ver que existe un punto 1', si se hace que nuestro ciclo llegue a este punto y se baje verticalmente hasta cortar la línea de líquido saturado en el punto 4', se puede mejorar el efecto del ciclo debido a un aumento en eficiencia y en efecto refrigerante neto.

4.2 Relaciones Matemáticas del Ciclo de Refrigeración

Para un mejor entendimiento del ciclo se presentan las ecuaciones que lo describen y que son herramienta clave para el análisis de los resultados obtenidos:

--Efecto Refrigerante Neto (ERN): Se define como la diferencia de entalpías entre los puntos 1 y 2 en los cuales se ubicará el evaporador, de tal forma que esta ecuación describa la capacidad de enfriamiento del habitáculo de vehículo por parte del evaporador.

$$EPN = [h_{sub.2}] - [h_{sub.1}] \quad (1) \quad (15)$$

--Trabajo del Compresor: Se define como la diferencia de entalpías entre los puntos 3 y 2.

$$[w_{sub.coMP}] = [h_{sub.3}] - [h_{sub.2}] \quad (2) \quad (16)$$

--Coeficiente de Prestación (COP): Es el coeficiente entre el efecto refrigerante neto y el trabajo del compresor.

$$\text{COP} = \text{ERN}/[\text{W.sub.COMP}] = [\text{h.sub.2}] - [\text{h.sub.1}]/[\text{h.sub.3}] - [\text{h.sub.2}] \quad (3) \quad (17)$$

- Eficiencia del Ciclo (*)--La eficiencia estará dada por el producto entre el COP y la diferencia de temperatura de condensador y evaporador sobre tem

$$* = \text{COP} * ([\text{T.sub.C}] - [\text{T.sub.E}]/[\text{T.sub.E}]) \quad (4) \quad (18)$$

--Flujo másico del refrigerante: Se define como la relación entre el valor de la carga de refrigeración obtenida y la diferencia de entalpías en el evaporador.

$$[\text{?}] = \text{Q}/[\text{DELTA}]\text{h} \quad (5) \quad (19)$$

Para la determinación de un flujo másico aproximado en cada sustancia, se tomará una carga promedio de refrigeración de 3 hp ó 2237.1 W, esto con el fin de hacer comparable el flujo másico a utilizar con un valor de carga muy común dentro de los sistemas frigoríficos comunes.

5. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS SUSTANCIAS PROPUESTAS

JPEGF

Los resultados de las variables del ciclo de refrigeración parten de las propiedades obtenidas a partir del diagrama P-h, de puntos definidos por presión y temperatura en alta y baja. Adicional a esto se montaron los respectivos resultados del ciclo modificado, es decir, con el nivel de enfriamiento adicional a la salida del condensador para llevar el refrigerante a la línea de líquido saturado. (Tabla 4).

6. CONCLUSIONES

--A pesar de que en el caso del C[O.sub.2] se manejan presiones muy altas, se guarda la proporción entre dichos valores y la relación de compresión se ubica por debajo de la del R134a, por lo cual el montaje de un ciclo de C[O.sub.2] es una alternativa que requiere baja potencia y trabajo del compresor para producir un efecto refrigerante alto.

--En el caso del amoníaco, se podría alcanzar el mejor efecto refrigerante con el menor flujo másico, aunque el gasto del trabajo del compresor sería el más alto entre todos.

--Los resultados obtenidos por el R134a muestran a un refrigerante de bajo perfil frente a los alternativos, con un efecto refrigerante y un coeficiente de operación inferiores, con el mayor flujo másico para la carga establecida y con la mayor relación de compresión. Sin embargo, se hace necesario observar propiedades de la sustancia requeridas en un refrigerante, las cuales lo mantendrían como una fuerte opción, ya que como se sabe en el caso del C[O.sub.2] el problema es el manejo de altas presiones, en el amoníaco radica en la alta toxicidad y en el de los hidrocarburos la inflamabilidad.

--El efecto de aumentar la eficiencia del ciclo con la modificación realizada al aumentar el enfriamiento del refrigerante cuando se encuentra en el condensador y que implica la implementación de un sistema auxiliar de enfriamiento genera una oportunidad sustentada en el mejoramiento del efecto refrigerante neto y, por ende, de la eficiencia del ciclo.

--La descripción realizada permite caracterizar teóricamente cada una de estas sustancias, las cuales se muestran como posibles sustitutos del actual refrigerante 134a. Se espera que la sugerencia de la implementación que se estudia en este artículo pueda generar interés en la investigación de dichas sustancias

con el fin de reemplazar al R134a y mejorar el desempeño de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado en todas sus aplicaciones.

* Recibido : Agosto 2005

* Aceptado : Septiembre 2005

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Air Liquide s.a. paris.francia. www.airliquide.com.fr ashrae. (1967). "ashrae guide and data book".

Cárdenas Serrato Efraín. (2004). "comportamiento del r134a en aire acondicionado automotriz". Universidad Nacional de Colombia.

Clasificación de los Gases Refrigerantes. gas servei s.a. www.caloryfrio.com

Deere John. "fuels, Lubricants and Coolants John Deere".

Dossat Roy. (1981). "Principios de Refrigeración". Compañía Editorial Continental.

Fisher Roger. (1992). "Aire Acondicionado y Refrigeración, Reparación y Mantenimiento". ed. mcgraw hill.

JPEGF

Lienhard J. (2001) "Heat Transfer Textbook". Massachusetts Technologic Institute. third edition.

Marsh W. (1982) "principios de refrigeración". ed. diana.

Mcquiston F. (1994). "heating ventilating and air conditioning, analysis and design". ed. wiley. Moisés Á. 01/06/2002. república dominicana. www.geocities.com/m_alvarez_do/refrigerantes_naturales.html

Schweitzer G. (1975). "Curso completo de Aire Acondicionado". ed. centro regional de ayuda técnica.

Stoecker W. (1982). "refrigeration and air conditioning. ed. mcgraw hill.

The Automotive air Conditioning Information Server. www.aircondition.com

Universidad Carlos iii de Madrid. departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. <http://bicho.uc3m.es>

Universidad de Málaga España. Escuela técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Málaga. <http://www.etsii.uma.es/>.

Universidad Técnica de Dinamarca. www.et.dtu.dk/coolpack/

(1) STOECKER Wilbert. (1982). "Refrigeration and Air Conditioning. Ed. McGraw Hill.

(2,3,4,5,6,7) DOSSAT Roy. (1981). "Principios de Refrigeración". Compañía Editorial Continental.

(8,9,10,11,12,13,14) Air Liquide S.A. Paris.Francia. www.airliquide.com.fr

JPEGF

(15,16,17,18,19) CARDENAS Serrato Efraín. (2004). "Comportamiento del R134a en Aire Acondicionado Automotriz". Universidad Nacional de Colombia.

Herwin Marcos Villamil Salcedo, Ingeniero

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica y Mecatrónica

Universidad Nacional de Colombia

Sede Bogotá. Colombia

Oscar Edwin Piamba Tulcán, M.Sc.

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica y Mecatrónica

Universidad Nacional de Colombia

Sede Bogotá. Colombia

AUTORES

Herwin Marcos Villamil Salcedo Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia. 2005 Bogotá, Colombia hmvillamils@unal.edu.co

Oscar Edwin Piamba Tulcán, M.Sc. Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia. 1997, Magíster Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes. 2000. Especialista en Ciencias Físicas, Universidad Nacional de Colombia. 2004 Bogotá, Colombia oepiambat@unal.edu.co

Tabla 1 Designación de Refrigerantes. Norma SHRAE.
Stoecker. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire.
1982.

Designación Numérica	Nombre Químico	Fórmula Química
11	Tricloromonofluormetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2]\text{F}$
12	Diclorodifluormetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2]\text{F}_2$
13	Monoclorotrifluormetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2][\text{F}.\text{sub}.2]$
22	Monoclorodifluormetano	$\text{CHCl}[\text{F}.\text{sub}.2]$
30	Cloruro de Metileno	$[\text{CH}.\text{sub}.2][\text{Cl}.\text{sub}.2]$
40	Cloruro de Metilo	$[\text{CH}.\text{sub}.3]\text{Cl}$
113	Triclorotrifluoreetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2]\text{FCFCl}[\text{F}.\text{sub}.2]$
114	Diclorotetrafluoreetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2]\text{FCFCl}[\text{F}.\text{sub}.2]$
114a	Diclorotetrafluoreetano	$\text{C}[\text{Cl}.\text{sub}.2]\text{F}[\text{CF}.\text{sub}.3]$
134a	1,1,1,2-Tetrafluoreetano	$[\text{CH}.\text{sub}.2]\text{C}[\text{F}.\text{sub}.3]$
152a	Difluoreetano	$[\text{CH}.\text{sub}.3]\text{CH}[\text{F}.\text{sub}.2]$

Tabla 2 Designación de Refrigerantes. Norma SHRAE.
Stoeckert. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire.
1982.

Designación	Nombre Químico	Fórmula Química
-------------	----------------	-----------------

Numérica

50	Metano	[CH.sub.4]
170	Etano	[CH.sub.3][CH.sub.3]
290	Propano	[CH.sub.3][CH.sub.2][CH.sub.3]
600	Butano	[CH.sub.3][CH.sub.2][CH.sub.2][CH.sub.3]
	Isobutano	[CH([CH.sub.3]).sub.3]

Tabla 3 Designación de Refrigerantes. Norma SHRAE
Stoecker. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire.
1982.

Designación Numérica	Nombre Químico	Fórmula Química
717	Amoniaco	[NH.sub.3]
718	Agua	[H.sub.2]O
729	Aire	
744	Anhidrido Carbónico	C[O.sub.2]
764	Anhidrido Sulfuroso	S[O.sub.2]

Tabla 4 Resultados Cálculo Ciclo Refrie/erantes Propuestos

REFRG	ERN	ERN MODT	WCO m	COP	COP MODT	polco m(np)	paita (Ear]
R1S43	135	190	30	4.50	6.33	1.05	12.50
cea	212	212	10	5.3	5.30	5.30	100.00
AMONUICO	1050	1240	170	6.18	7.29	0.76	18.00
ETANO	250	250	35	8.00	8.00	0.59	50.00
PROPANO	260	355	15	5.78	8.11	0.82	16.50
BUTANO	265	370	65	4.08	5.69	1.16	450
ISOBUTAN	215	340	60	4.08	5.67	1.15	6.70
MAX	1050	1240	170	8.00	8.11	1.16	100.00
HIH	135	190	30	4.08	5.3	0.59	450

REFRG PESJa
(Ear)

R1343	3.5
cea	40.00
AMONUICO	5.40
ETANO	26.00
PROPANO	5.70
BUTANO	1.35
ISOBUTAN	1.98

MAX	40.00
HIH	1.35

REFRG	Talta	Tbal 3	Relación de Compresión (Palta/PbaJa)	Rujo Mailco	Rujo Manco Modlf
-------	-------	--------	--	----------------	---------------------

R1343	45	5	3.57	16.57	11.77
CO2	78	s	2.5	10.55	Traiscritico
AMONIACO	45	s	3.33	2.13	1.8
ETANO	45	s	1.79	7.99	Tiaiscritico
PROFANO	45	5	2.89	8.60	6.13
BUTANO	45	5	3.33	8.11	6.05
ISOBUTANO	45	5	3.38	9.13	6.58
MAX	78	5	3.57	16.57	11.77
MIN	45	5	1.79	2.13	1.80

Citación De la Fuente

Villamil Salcedo, Herwin Marcos, and Oscar Edwin Piamba Tulcán. "Estudio y aplicacion de ciclos de refrigeracion--refrigerantes alternativos." *Ingeniería de Recursos Naturales* 3 (2005): 28+. *Informe Académico*. Web. 22 Sept. 2010.

Document URL

http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A227598784&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0

Número de Documento:A227598784

- [Contact Us](#)
- [Copyright](#)
- [Terms of use](#)
- [Privacy policy](#)