

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA
RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ

YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA
RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ

YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Director

Ing. OMAR GÉLVEZ AROCHA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

A Dios por darme el regalo más maravilloso de todos, la vida.

A mi padre por su apoyo y colaboración durante toda mi carrera.

A mi madre por todo su amor, cariño y comprensión durante mis largas jornadas
de estudio.

A mi hermana Lorena por su alegría y consejos en momentos difíciles.

A mi hermano Andrés por su compañía y sinceridad en la batallas de la vida.

A Henry quien ha estado presente en todo momento, le doy gracias por su amor,
paciencia y compañía y por hacer parte de mi vida.

A todos mis amigos y compañeros de estudio que saben el significado de la
amistad y que estuvieron presentes en las buenas y no tan buenas.

LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ.

DEDICATORIA

A Dios, por todas las cosas maravillosas que ha puesto en mi camino. Especialmente por mi familia.

Con todo mi amor a mis padres Alexandra y Constantino por el apoyo en todo momento, sus valores, su motivación constante, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por tanto amor. Este es solo uno de muchos logros que nos esperan. Los amo. He sido bendecida porque fui amada por ustedes.

A mis hermanos Andrea y Javier, por ser parte de mi vida y acompañarme en cada paso, cada alegría y en cada lagrima. Por ser mis cómplices y apoyos.

A mis amigos Laura, Karol, Diego y Mauricio, por este cariño tan bonito que formamos en estos años, por las traspachadas, los chistes, las cervezas y tintos compartido. Espero podamos seguir viviendo muchas otras cosas juntos.

A toda mi familia en especial a mis tíos Eduardo y Javier, a mis abuelos Gerardo y Constantino; por su apoyo, confianza y amor brindado. Porque lo que sale del corazón, al alma llega.

A mi novio Iván, por su compañía y cariño; por ser parte de mi locura.

Para todas aquellas personas que me acompañaron. Muchas Gracias!

You gave me wings and made me fly, you touched my hand I could touch the sky

I lost my faith; you gave it back to me, you said no star was out of reach

You stood by me and I stood tall, I had your love I had it all

I was blessed because I was loved by you

I'm everything I am

Because you loved me

YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias al ingeniero Omar Armando Gélvez Arocha, director del proyecto por su compromiso, colaboración y pasión durante la realización de este proyecto. Agradecemos al ingeniero Sergio Armando Riveros, codirector del proyecto por su orientación y entusiasmo para la realización de un excelente trabajo y a la ingeniera Luz Marina por su compromiso y colaboración con la división financiera. Finalmente, al señor Adalberto Polo Peña, técnico de la División de Mantenimiento Tecnológico por toda su ayuda y alegría durante este camino.

LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ

YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. GENERALIDADES.....	25
1.1 SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO SAO.....	25
1.2 AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO.....	27
1.3 CALENTAMIENTO GLOBAL.....	31
1.4 PROTOCOLO DE MONTREAL.....	33
1.5 COLOMBIA EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	34
1.6 REFRIGERANTES.....	37
1.6.1 Clases de refrigerantes.....	39
1.6.2 Ashrae standard 34.....	47
2. PROCESOS PARA DISPOSICIÓN FINAL DE GASES REFRIGERANTES....	50
2.1 RECUPERAR.....	52
2.2 RECICLAR.....	52
2.3 REGENERAR.....	52
2.4 EQUIPOS Y FORMATOS UTILIZADOS PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE, REGENERACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES.	53
2.4.1 Equipos de procesos.....	55
2.4.1.1 Equipos para la recuperación y reciclaje.....	55
2.4.1.2 Equipos para la regeneración.....	85
2.4.1.3 Equipos y tecnologías para la destrucción de refrigerantes.....	97
2.4.2 Fichas técnicas.....	106
2.4.3 Elementos de protección personal.....	111

2.5 PRUEBA DE CONTAMINANTES DE LOS GASES REFRIGERANTES	116
2.6 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE REFRIGERANTES	125
2.6.1 Medidas de seguridad para el manejo y almacenamiento de gases refrigerantes.....	127
3. DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE REFRIGERANTE PARA LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	130
3.1 ALTERNATIVA 1. IMPLEMENTAR UN SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN Y/O DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	131
3.1.1 Descripción	131
3.1.2 Aspectos técnicos	131
3.1.3 Estudio de viabilidad económica.....	135
3.1.3.1 Mercado nacional	136
3.1.3.2 Estudio de planta.....	136
3.1.3.3 Estudio económico	146
3.1.4 Conclusión	153
3.2 ALTERNATIVA 2. IMPLEMENTAR UN SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	155
3.2.1 Descripción	155
3.2.2 Aspectos técnicos	155
3.2.2.1 Distribución de las actividades correspondientes a cada entidad participe del proceso	155
3.2.2.2 Diagramas de flujo de los procesos a realizar para recuperación y reciclaje de refrigerantes.....	159
3.2.2.3 Procedimiento para la recuperación de refrigerante.....	172

3.2.2.4 Disposición final de refrigerante	178
3.2.3 Estudio de viabilidad económica.....	182
3.2.3.1 Inversión Inicial.....	182
3.2.3.2 Sostenibilidad anual	183
3.2.3.3 Descripción de la propuesta económica Lito S.A.S.....	184
3.2.3.4 Descripción de la Propuesta económica de Gaia vitare Ltda	186
3.2.4 Conclusión	187
3.3 ALTERNATIVA 3. CONTRATACIÓN EXTERNA ENCARGADA DEL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS DE REFRIGERANTE A EXTRAER DE LOS EQUIPOS DADOS DE BAJA DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.	
188	
3.3.1 Descripción	188
3.3.2 Aspectos técnicos	189
3.3.2.1 Lito s.a gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos	
189	
3.3.2.2 Gaia vitare Ltda, ingenieros ambientales.....	192
3.3.3 Estudio de viabilidad económica.....	196
3.3.3.1 Inversión inicial.....	197
3.3.3.2 Descripción de la propuesta económica Lito S.A.S.....	198
3.3.3.3 Descripción de propuesta económica, Gaia Vitae Ltda.	201
3.3.4 Selección de empresa	203
3.3.5 Conclusión	204
4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA A IMPLEMENTAR.....	206
4.1 SELECCIÓN POR CRITERIO ECONÓMICO	206
4.2 SELECCIÓN POR CRITERIOS INTANGIBLES	208
4.3 CONCLUSIÓN	209

5. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	210
5.1 PROCEDIMIENTOS PARA EMISIÓN DE CONCEPTO TÉCNICO DE BAJA	210
5.2 CONSIDERACIONES	211
5.3 PRUEBAS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE	212
5.3.1 Herramientas y equipos	213
5.3.2 Descripción	217
6. MULTIMEDIA.....	224
6.1 ESTRUCTURA Y NAVEGACIÓN DE LA MULTIMEDIA	224
6.2 VENTAJAS DEL USO DE UNA MULTIMEDIA.....	224
6.3 REQUERIMIENTOS.....	225
6.3.1 Requerimientos de uso	225
6.3.2 Requerimientos en función	226
6.3.3 Requerimientos estructurales	226
6.3.4 Requerimientos del sistema.....	227
6.4 DIAGRAMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	228
6.4.1 Manejo del color.....	229
6.4.2 Menú y submenús.....	230
6.5 NAVEGACIÓN	231
6.6 ELEMENTOS IDENTIFICATIVOS DE LA MULTIMEDIA	240
6.6.1 Layout de las páginas	240
6.6.2 Accesibilidad	241
6.6.3 Elementos multimedia.....	241
6.7 CONTENIDOS DE LA MULTIMEDIA DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	242

7. CONCLUSIONES	247
BIBLIOGRAFÍA.....	249
ANEXOS.....	251

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Química de la atmósfera.....	28
Figura 2 : Destrucción de las moléculas de Ozono.....	30
Figura 3. Usos de las SAO	31
Figura 4. Calentamiento global	32
Figura 5. Cronograma de eliminación de HCFC para países en desarrollo	36
Figura 6. Envases con CFC-12 y mezclas CFC/HCFC (R-500 Y R-502)	43
Figura 7. Cilindros con HCFCs	44
Figura 8. Cilindros con R-134a y mezcla R-404 ^a	45
Figura 9. Clasificación de seguridad de los refrigerantes	48
Figura 10. Equipos y formatos utilizados en la recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes.	54
Figura 11. Diagrama de equipos usados en recuperación.....	56
Figura 12. Recuperadora Comercial sin Aceite de Gases Refrigerantes Stinger ..	57
Figura 13. Descripción Unidad recuperadora Stinger, frontal	59
Figura 14. Descripción Unidad recuperadora Stinger, Posterior	60
Figura 15. Despiece Unidad recuperadora Stinger	61
Figura 16. Conexiones proceso de recuperación.....	65
Figura 17. Equipo para recuperación y reciclado de refrigerantes 12, 22,500 y 502	66
Figura 18. Proceso de reciclaje de refrigerante	68
Figura 19. Manifold de Manómetros	69
Figura 20. Bomba de Vacío	70
Figura 21. Detectores electrónicos de fugas.....	71
Figura 22. Válvulas perforadoras típicas (A) atornillada (B) soldable	72
Figura 23. Conexión de la válvula perforadora	73
Figura 24. Componentes de un cilindro para recuperar refrigerante.....	74
Figura 25. Balanza electrónica.....	76
Figura 26. Ubicación de un separador de aceite en un sistema de Refrigeración .	77
Figura 27. Partes internas de un separador de aceite	78
Figura 28. Tipos de separadores de aceite.....	80
Figura 29. Separador de Aceite	80
Figura 30. Separador de aceite en la UIS.....	81

Figura 31. Sílica y bloques desecantes	82
Figura 32. Diferentes tipos de filtros deshidratadores.....	83
Figura 33. Conexión filtro deshidratador a la entrada de la recuperadora	84
Figura 34. Equipos para la regeneración	85
Figura 35. Máquina para la regeneración de refrigerantes	85
Figura 36. Componentes unidad de regeneración 1	86
Figura 37. Componentes unidad de regeneración 2	87
Figura 38. Componentes unidad de regeneración 3.....	88
Figura 39. Componentes unidad de regeneración 4.....	89
Figura 40. Tasas de recuperación y niveles de contaminantes unidad de regeneración.....	90
Figura 41. Proceso de regeneración de gases refrigerantes	91
Figura 42. Equipo para determinar humedad	93
Figura 43. Componentes equipo para determinar humedad.....	94
Figura 44. Cromatógrafo de gases SHIMADZU GC-2014	95
Figura 45. Cromatografía de gases	96
Figura 46. Proceso general de incineración.....	99
Figura 47. Ilustración de la operación del incinerador de refrigerantes agotadores de la capa de ozono.....	100
Figura 48. Cámara de inyección de líquidos.....	102
Figura 49. Horno de incineración rotatorio.....	103
Figura 50. Arco de plasma de argón.....	105
Figura 51. Orden de trabajo.....	107
Figura 52. Informe técnico de servicio	108
Figura 53. Ficha de recuperación	109
Figura 54. Análisis a refrigerante según ARI 700.....	110
Figura 55. Elementos de protección personal.....	112
Figura 56. Lentes de Seguridad.....	112
Figura 57. Camisa Mangalarga.....	113
Figura 58. Guantes de Nitrilo	114
Figura 59. Uso del tapabocas	115
Figura 60. Zapatos punta de acero	115
Figura 61. Diagrama general procesos de recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerante	116
Figura 62. Almacenamiento seguro de tanques.....	126
Figura 63. Colores asignados a los refrigerantes para identificación.....	127
Figura 64. Proceso general Alternativa 1	133
Figura 65. Estadística de aires intervenidos en la UIS.....	138
Figura 66. Asignación de responsables alternativa 2.....	156

Figura 67. Organizaciones encargadas de la alternativa 2	159
Figura 68. Diagrama de flujo para la DMT	161
Figura 69. Diagrama de flujo inicial para el proceso de extracción del refrigerante	166
Figura 70. Diagrama de Flujo para proceso de extracción de refrigerante	167
Figura 71. Enlace Diagrama de Flujo.....	168
Figura 72. Conexión para el proceso de recuperación	170
Figura 73. Esquema de principio para la recuperación de líquido refrigerante	173
Figura 74. Diagrama para recuperar gas en conexión Push/Pull.....	174
Figura 75. Recuperación de vapor de refrigerante de un sistema	175
Figura 76. Instalaciones Lito S.A	179
Figura 77. Aire LG modelo LW-D1833CL	213
Figura 78. Unidad de recuperación.....	214
Figura 79. Kit de reciclaje y manómetros.....	215
Figura 80. Descripción de manómetros	215
Figura 81. Cilindro de recuperación 50 lb	216
Figura 82. Componentes del cilindro de recuperación.....	217
Figura 83. Taller de Mantenimiento	218
Figura 84. Pruebas de recuperación 1	219
Figura 85. Pruebas de recuperación 2.....	219
Figura 86. Peso del cilindro	220
Figura 87. Conexiones en el proceso de recuperación de refrigerante.....	221
Figura 88. Distribución de los elementos de la multimedia	229
Figura 89. Menú equipos	230
Figura 90. Introducción multimedia	231
Figura 91. Módulo 1. Introducción.....	232
Figura 92. Módulo 2. SAO	233
Figura 93. Módulo 3. Calentamiento Global.....	234
Figura 94. Módulo 4. Recuperación, Reciclaje y Regeneración de refrigerantes	235
Figura 95. Módulo 5. Normatividad	236
Figura 96. Módulo 6. Sustancias Refrigerantes	237
Figura 97. Módulo 7. Equipos	238
Figura 98. Módulo 8. Ciclo de Refrigeración.....	239
Figura 99. Módulo 9. Biblioteca/Bibliografía.....	240

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sustancias Agotadoras de Ozono.....	26
Tabla 2. Consumo de HCFCs en Colombia (Toneladas Métricas)	36
Tabla 3. Clasificación de Refrigerantes	40
Tabla 4 Algunos CFC regulados por el Protocolo de Montreal	43
Tabla 5. Guía de aplicaciones de algunos refrigerantes sustitutos que ya están disponibles comercialmente.....	46
Tabla 6. Algunas características de clasificación del standar 34	47
Tabla 7. Equipos para recuperación y reciclaje de refrigerantes	55
Tabla 8. Datos técnicos unidad Stinger	58
Tabla 9. Listado de piezas unidad recuperadora Stinger.....	62
Tabla 10. Características detector de Fugas	71
Tabla 11. Cilindros de recuperación de 30 Lbs y 50 Lbs	75
Tabla 12. Tecnologías aprobadas por el TEAP para la destrucción de CFCs y HCHCs.....	98
Tabla 13. Formas de identificar un refrigerante	118
Tabla 14. Métodos de análisis según contaminante	118
Tabla 15. Criterios de aceptación de la humedad.....	119
Tabla 16. Niveles máximos de contaminación de los refrigerantes	124
Tabla 17. Clasificación de cilindros por colores según la ARI.....	128
Tabla 18. Equipos intervenidos por DMT año 2012:	137
Tabla 19. Resumen de equipos intervenidos por la UIS	138
Tabla 20. Consumo de CFC en Colombia para el 2002	139
Tabla 21 Consumo histórico de HCFCs en Colombia (Toneladas métricas)	140
Tabla 22. Crecimiento estimado del consumo de HCFCs en Colombia (Toneladas métricas)	140
Tabla 23. Consumo en Kg de HCFCs.....	141
Tabla 24. Importaciones de CFC-12 en toneladas.....	142
Tabla 25. Importaciones de CFC-11	143
Tabla 26. Importaciones de R-502.....	144
Tabla 27 . Consumo en Kg de CFC-12, CFC-11, R-502.....	145
Tabla 28. Recepción de refrigerante alternativa 1	145

Tabla 29. Presupuesto de Inversión, Obra Civil.....	147
Tabla 30. Presupuesto de Inversión en Equipos.....	148
Tabla 31. Presupuesto de otras inversiones	149
Tabla 32. Inversión total alternativa 1	150
Tabla 33. Ingresos	151
Tabla 34. Comparación Ingresos Vs Egresos Alternativa 1	152
Tabla 35: Crecimiento del 10% anual Vs 5% de Inflación.....	154
Tabla 36. Proyectos del PGIR.....	157
Tabla 37. Elementos utilizados durante la recuperación.....	171
Tabla 38. Presupuesto alternativa 2	183
Tabla 39. Sostenibilidad anual alternativa 2	184
Tabla 40. Precios que LITO S.A cobra a la Universidad Industrial de Santander, por la disposición final de residuos	185
Tabla 41. Propuesta económica GAIA VITARE LTDA.....	187
Tabla 42. Estudio costos iniciales	197
Tabla 43. Estudio costo mensual.....	198
Tabla 44. Precios que LITO S. A cobra a la Universidad Industrial de Santander por la disposición final de residuos.	199
Tabla 45. Propuesta económica, Gaia Vitae Ltda. a la Universidad Industrial de Santander.	202
Tabla 46. Selección de empresa.....	203
Tabla 47. Costos generados a 10 años con incremento del 5%.....	205
Tabla 48. Selección por criterio económico	207
Tabla 49. Valores presentes Netos a 10 años para cada alternativa.....	208
Tabla 50. Ventajas y Desventajas de la evaluación de alternativas.....	208
Tabla 51. Conclusión selección de alternativas	209
Tabla 52. Diagramas dada de baja pág. 1	253
Tabla 53. Diagramas dada de baja pág. 2	254
Tabla 54. Diagramas dada de baja pág. 3.....	255
Tabla 55. Diagramas dada de baja pág. 4.....	256
Tabla 56. Diagramas dada de baja pág. 5.....	257
Tabla 57. Diagramas dada de baja pág. 6.....	258

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Procedimientos.....	262

RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTORES: LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ**
YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA**

PALABRAS CLAVE: Recuperación de refrigerantes, Sustancias agotadoras de ozono, Buenas prácticas en refrigeración, multimedia.

CONTENIDO:

El objetivo de este proyecto es analizar los diferentes aspectos económicos, técnicos, administrativos y procedimentales que faciliten y permitan la creación de un programa para las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado dentro de la Universidad Industrial de Santander de forma que se empleen los métodos y procedimientos adecuados que ayuden a evitar el agotamiento de la Capa de Ozono causado por la emisión de diferentes sustancias a la atmósfera como lo son los clorofluorocarbonos CFC perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente, principalmente en actividades de mantenimiento de sistemas de refrigeración que puedan ocasionar fugas accidentales.

Para lograr este objetivo se estudiaron las alternativas ofrecidas en el mercado nacional e internacional para la recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes, estableciendo requerimientos de infraestructura, equipos, herramientas, procedimientos y personal capacitado teniendo en cuenta las pautas de la Unidad Técnica de Ozono (UTO), para crear una organización encargada del tratamiento y disposición final de los refrigerantes contenidos en los equipos de refrigeración y aire acondicionado distribuidos dentro de la universidad contribuyendo a la conservación del medio ambiente. Por otra parte, se realizaron pruebas de recuperación y reciclaje de refrigerante por el método de transferencia por vapor para validar los procedimientos registrados en el presente proyecto.

Finalmente, se desarrolló una multimedia mediante el software Adobe Flash Professional en la que se muestran los conceptos y procedimientos para las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado, contando con 9 módulos que brindan información, guías y videos de manera interactiva y se simuló el proceso de recuperación por transferencia de vapor de manera animada.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de ingeniería mecánica, Ing. Omar Armando Gélvez

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROGRAM FOR THE RECOVERY AND RECYCLING OF REFRIGERANTS IN THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTHORS: LISSETH KATHERINE RAMÍREZ ANTOLÍNEZ **
YORMA LORENA SÁNCHEZ BARRERA **

KEYWORDS: Recovery of refrigerants, ozone depleting substances, Good Practices in Refrigeration, multimedia.

CONTENT:

The objective of this project is to analyze the different economic, technical, administrative and procedural to facilitate and enable the creation of a program for good practices in refrigeration and air conditioning inside the Universidad Industrial de Santander so as to employ the methods and appropriate procedures to help prevent the depletion of the ozone layer caused by the emission of various substances into the atmosphere such as chlorofluorocarbons CFCs harmful to human health and the environment, mainly in maintenance activities refrigeration systems that can cause accidental leaks.

To achieve this goal we studied the alternatives offered in the domestic and international markets for the recovery, recycling, reclamation and destruction of refrigerants, establishing infrastructure requirements, equipment, tools, procedures and trained personnel taking into account the guidelines of the Technical Unit Ozone (UTO), to create an organization in charge of the treatment and disposal of refrigerants contained in refrigeration and air conditioning distributed within the university contribute to environmental conservation. On the other hand, were tested for recovery and recycling of refrigerant by vapor transfer method to validate the procedures listed in this project.

Finally, we developed a multimedia using Adobe Flash Professional software shown the concepts and procedures for good practices in refrigeration and air conditioning, with 9 modules that provide information, guides and videos are interactive and simulated the process recovery vapor transfer animated manner.

* Thesis

** Physical-Mechanical Engineer Faculty, Mechanical Engineer School, Eng. Omar A. Gévez

INTRODUCCIÓN

El problema ambiental que se vive actualmente generado por la liberación de refrigerantes clorofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos, CFC Y HCFC a la atmósfera debido a su contenido de cloro, ocasiona gas de efecto invernadero y deterioro a la capa de ozono, la cual actúa como filtro de los rayos ultravioletas. En 1992 el Gobierno Nacional se acogió al Protocolo de Montreal relativo a Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO), el cual establece reducciones graduales en el uso de las SAOs hasta su eliminación total, y creó en 1994 a la Unidad Técnica de Ozono (UTO) adscrita al Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial con el objetivo de asesorar al Gobierno en la toma de decisiones respecto a las políticas para la reducción y control del consumo de las SAO en Colombia.

Durante la operación de un sistema de refrigeración se puede presentar fugas no detectables, que inevitablemente irán a la atmósfera, pero si se requiere un mantenimiento producido por un fallo o quema del compresor del sistema la aplicación de buenas prácticas de mantenimiento podría evitar el escape de la mayoría del gas refrigerante contenido en el equipo ya sea que ese esté en buenas condiciones o contaminado.

La Universidad Industrial de Santander en concordancia con esta situación busca crear una unidad de manejo para gases SAO, basados en buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado y posiblemente para servicio externo. El presente proyecto busca definir las actividades que deben seguir esta unidad para prevenir, controlar y eliminar los residuos de refrigerantes provenientes de los equipos de refrigeración ya sea con:

- implementación de una planta de tratamiento de residuos en la que se llevarán a cabo todos los procesos y que tendrá como fin la prestación del servicio de recuperación, regeneración y eliminación de refrigerantes a la región.
- realizar parte del proceso como, recuperación y reciclaje del refrigerante dejando establecidos su tratamiento final con alguna empresa responsable de la disposición final, externa a la universidad.
- o la posibilidad de controlar estos residuos sin tener que involucrar a la universidad dentro de alguno de los procesos, esta sólo se encargaría de adquirir servicio externo que garantice el buen manejo de los residuos de refrigerante generados dentro de la universidad.

Para llevar a cabo el análisis de los diferentes escenarios fueron evaluados los siguientes aspectos en cada una de las alternativas anteriormente nombradas:

- Establecer los requerimientos de infraestructura y organización necesarios para el cumplimiento de la cadena de manejo y disposición final de residuos de refrigerante.
- Evaluar la relación costo beneficio para el desarrollo de cada una de las alternativas propuestas.
- Diseño de un sistema para la recuperación y reciclaje del refrigerante para el mantenimiento o deshecho de equipos de aire acondicionado dados de baja (unidad recuperadora, unidad recicladora, cilindros y mangueras), en la Universidad Industrial de Santander que soporte las funciones misionales del PGIR y académicos del laboratorio de sistemas térmicos de la escuela de ingeniería mecánica.

- Estructurar guías interactivas mediante el Software Adobe Flash Professional de procedimientos para extracción y disposición de las sustancias agotadoras del ozono, provenientes de los equipos de aire acondicionado dentro del complejo universitario, de acuerdo a la normativa acogida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y UTO; con respecto al manejo y control de SAO.
- Realizar pruebas de recuperación y reciclaje de refrigerante a los equipos de refrigeración dados de baja de la universidad para comprobar el procedimiento y registrarlos en video como material de aprendizaje y conocimiento para los estudiantes de la materia refrigeración y aire acondicionado.

1. GENERALIDADES

1.1 SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO SAO¹

Las sustancias agotadoras de ozono SAO, están compuestas por elementos químicos capaces de reaccionar con las moléculas de ozono O₃. Las SAO son básicamente hidrocarburos clorados, fluorados o bromados:

- Clorofluorocarbonos, CFCs
- Hidroclorofluorocarbonos, HCFCs
- Halones
- Hidrobromofluorocarbonos, HBFCs
- Bromoclorometano
- Tetracloruro de carbono
- Bromuro de metilo

Las emisiones de CFCs a la atmósfera son una de las causas, tanto del agotamiento de la capa de ozono, como de otro fenómeno ambiental global: cambio climático, lo cual afecta la salud humana y los ecosistemas.

PAO: Es la habilidad que las SAO tienen para agotar la capa de ozono. Se conoce como Potencial de Agotamiento del Ozono PAO, en inglés Ozone Depletion Potential ODP. A cada sustancia se le asigna un PAO respecto a una sustancia de referencia, CFC-11 cuyo PAO por definición tiene un valor de 1. En la tabla 1 se muestran valores de PAO para algunas sustancias.

¹ YAÑEZ, Gildardo. Sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAOS). En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.11-15.

PCG: Potencial de Calentamiento Global, en inglés Global Warming Potencial GWP. Es la habilidad de un gas de absorber radiación infrarroja. Esta unidad se estima teniendo como referencia el calentamiento atmosférico que genera el Dióxido de Carbono, CO₂. En la mayoría de los países en desarrollo, el sector más grande que aún sigue empleando SAO es el de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, donde los CFCs y los HCFCs se utilizan como refrigerantes en los sistemas de refrigeración. Las SAO también se emplean como agentes espumantes en la fabricación de espumas, como solventes de limpieza en la industria de la electrónica, como propulsores en los productos en aerosol, como esterilizantes, como agentes para combatir el fuego, como fumigantes para controlar plagas y enfermedades y como materias primas. En la tabla 1 se muestran valores de PCG para algunas sustancias.

Tabla 1. Sustancias Agotadoras de Ozono

SAO	Usos	Nombre	PAO	PCG
Clorofluorocarbonados	Refrigerantes	CFC-11	1	4000
		CFC-134a	1	550
	Agentes Espumantes	CFC-12		8500
Hidroclorofluorocarbonos	Refrigerantes	HCFC-22	0.055	1700
		HCFC-123	0.022	93
	Agentes Espumantes	HCFC-141b	0.110	630
Halones	Extinguidores	Halón 1301		5600
Tetracloruro de Carbono	Solventes	TCC	1.1	1400
Metilcloroformo	Solvente	TCA	0.1	110
Bromoclorometano	Solvente		0.12	
Bromuro de Metilo	Plaguicida	Br-Me	0.60	

Fuente: Unidad Técnica de Ozono

1.2 AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO²

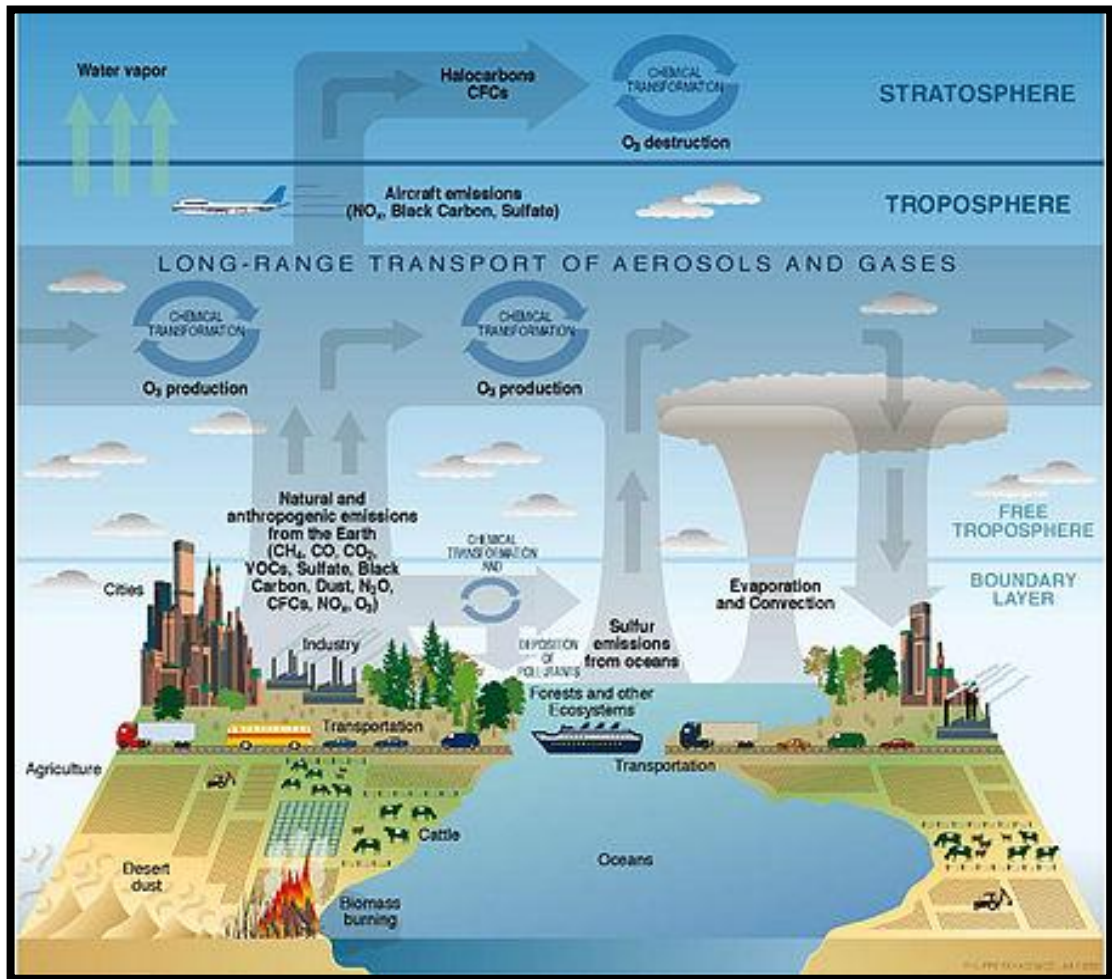
El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno (O₃). La Capa de Ozono, es la concentración máxima de ozono estratosférico presente en la atmósfera terrestre de manera natural. La capa de ozono es una delgada capa dentro de la atmósfera de la tierra, comienza aproximadamente a unos 25 km arriba del suelo, y se extiende hasta más de 35 km de ancho. Se le acredita como protectora contra los dañinos rayos ultravioleta (UV) del sol. Los científicos clasifican la radiación UV, según su longitud de onda, en tres tipos: UV-A, UV-B y UV-C. La banda UV-C no llega a la superficie de la tierra. La banda UV-B es filtrada parcialmente por la capa de ozono. La banda UV-A no es filtrada por la capa de ozono en absoluto. No obstante, la radiación UV-B es la principal responsable de los daños en la salud y de los impactos negativos en el medio ambiente. La capa de ozono funciona como un filtro para estos rayos y protege la vida humana, vegetal y marina de sus efectos dañinos.

El equilibrio dinámico entre la formación y la descomposición de las moléculas de ozono depende de la temperatura, la presión, las condiciones energéticas y la concentración de moléculas de diferentes gases. El equilibrio se puede perturbar, por ejemplo, por la reacción de sustancias cloradas o bromadas con las moléculas de ozono, produciendo la consecuente destrucción de estas últimas, como se muestra en la figura 1. Si el proceso de destrucción de las moléculas de ozono es más rápido que la producción natural de nuevas moléculas para reemplazarlas, se altera el equilibrio y se produce lo que se conoce como déficit de ozono. El agotamiento de la capa de ozono llevaría a la reducción de su capacidad protectora y consecuentemente a una mayor exposición a la radiación UV-B. La

² COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. La capa de ozono y el protocolo de Montreal. En: Buenas prácticas en refrigeración, recuperación y reciclaje de refrigerantes [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.], Agosto de 2005. p. 9-10.

Tierra y sus habitantes tienen mucho en juego en la preservación del frágil escudo que forma la capa de ozono.

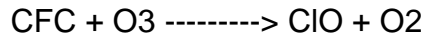
Figura 1. Química de la atmósfera



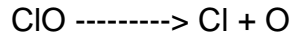
Fuente: Wikipedia

El cloro, importante componente de los CFC's, es el principal causante del deterioro de la capa de ozono, como se muestra figura 2. Mediante una acción acelerada por la luz del sol, el cloro se desprende de la molécula, reaccionando

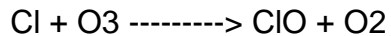
con una molécula de ozono y formando una molécula de monóxido de cloro y otra de oxígeno:



El monóxido de cloro, por ser una molécula muy inestable, se separa fácilmente y deja el cloro libre de nuevo:

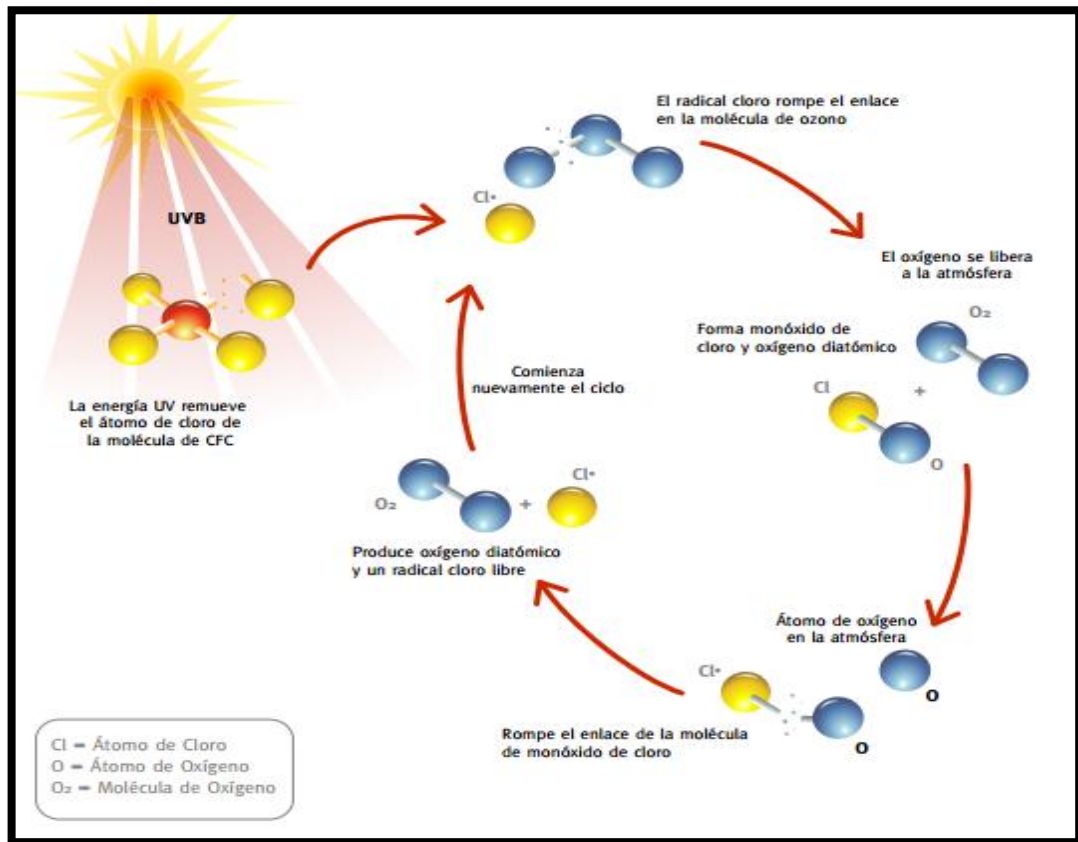


Este radical de cloro libre comienza el proceso otra vez, provocando una reacción en cadena:



La duración de la vida de una SAO puede extenderse entre los 100 y los 400 años, dependiendo del tipo de SAO. Por consiguiente, una molécula de SAO puede destruir cientos de miles de moléculas de ozono, se estima que una molécula de R-11 puede destruir hasta 100,000 moléculas de ozono.

Figura 2 : Destrucción de las moléculas de Ozono.

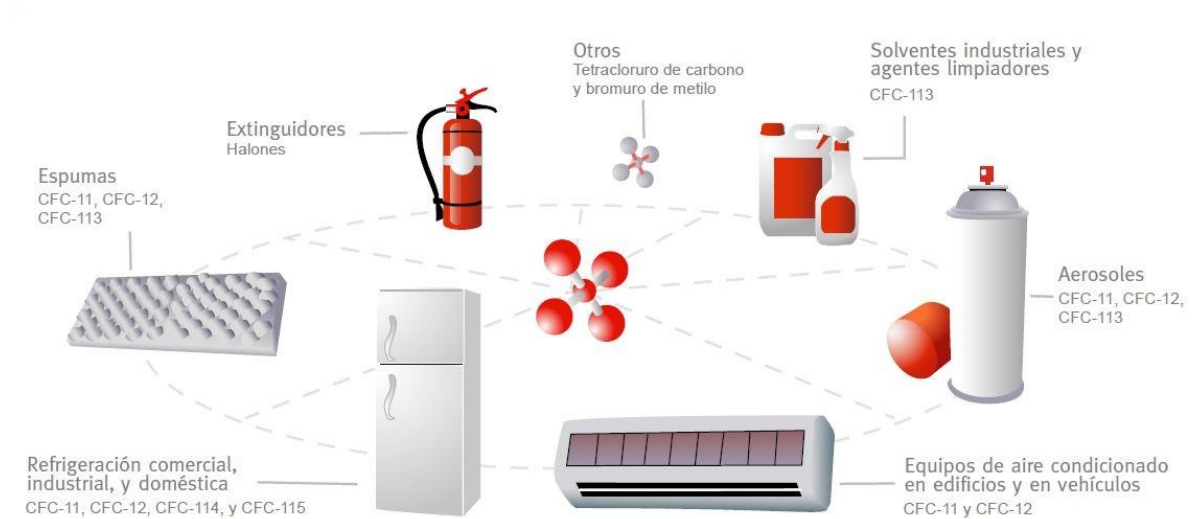


Fuente: PNUMA

Las SAO se liberan en la atmósfera de varias formas:

- Uso tradicional de solventes de limpieza, pinturas, equipos para combatir el fuego y latas de aerosoles.
- Despresurización y purga durante el mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- Uso del bromuro de metilo en la fumigación del suelo y en las aplicaciones para cuarentena y preembarque.
- Eliminación de productos y de equipos que contienen SAO, como por ejemplo espumas o refrigeradores.
- Circuitos de refrigeración que presentan fugas.

Figura 3. Usos de las SAO



Fuente: PNUMA

Una vez liberadas a la atmósfera las SAO se diluyen en el aire ambiental y pueden alcanzar la estratosfera mediante las corrientes de aire, los efectos termodinámicos y la difusión. Debido a su larga vida, la mayoría de las SAO alcanzará la estratosfera en algún momento. Debemos tener presente que lo que hoy se libera a la atmósfera se verá reflejado dentro de diez años. Por eso debemos comprometernos en el cuidado del medio ambiente, evitando y controlando el uso y la comercialización de las SAO.

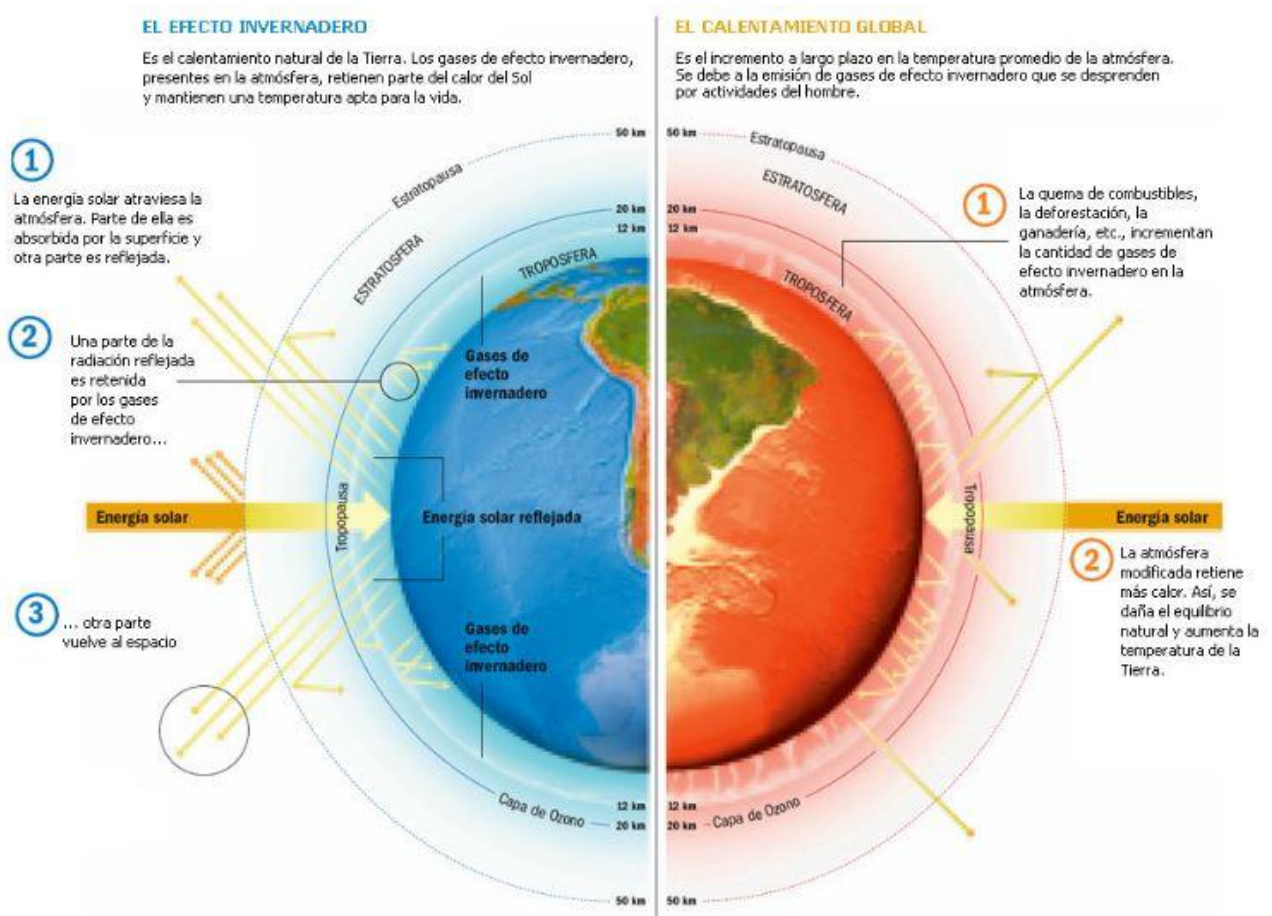
1.3 CALENTAMIENTO GLOBAL³

El calentamiento global es el aumento de la temperatura media del planeta, generado por un desequilibrio en el balance térmico consecuencia del incremento de gases efecto invernadero en la atmósfera.

³ YAÑEZ, Gildardo. El efecto invernadero. En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.23-30.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del Sol. El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂), proveniente del uso de combustibles fósiles, ha provocado la intensificación del fenómeno y el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos, ya que el calentamiento mayor se da en las latitudes altas.

Figura 4. Calentamiento global



Fuente: Manual Buenas Prácticas en Refrigeración SEAM/PNUD/PNUMA – Paraguay

La temperatura de la tierra se mantiene debido a un equilibrio entre el calor de la radiación solar que fluye desde el espacio y el enfriamiento debido a la radiación infrarroja emitida por la superficie caliente de la tierra y la atmósfera que se escapa volviendo al espacio. El sol es la única fuente extrema de calor de la tierra. Cuando la radiación solar, en forma de luz visible, llega a la tierra, una parte es absorbida por la atmósfera y reflejada desde las nubes y el suelo. El resto es absorbido por la superficie que se calienta y a su vez recalienta la atmósfera. La superficie caliente y la atmósfera de la tierra emiten radiaciones infrarrojas invisibles. Si bien la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, la radiación infrarroja se absorbe en la atmósfera por muchos gases menos abundantes. Aunque presentes en pequeñas cantidades, estas trazas de gases actúan como un manto que impide que buena parte de la radiación infrarroja se escape directamente hacia el espacio. Al frenar la liberación de la radiación que provoca el enfriamiento, estos gases calientan la superficie terrestre.

1.4 PROTOCOLO DE MONTREAL

El Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental multilateral con un régimen de cumplimiento estricto. El 16 de septiembre de 1987, en la ciudad de Montreal, Canadá, 24 países y la Comunidad Económica Europea (CEE) firmaron el Protocolo de Montreal. Este acuerdo estableció las fechas y los programas para la eliminación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono. Al reconocer el problema de naturaleza global, casi todos los países convocados a esa reunión, y que eran considerados como los mayores productores y consumidores de CFCs y halones en el mundo, firmaron el acuerdo.

A la fecha, son 189 los países que han firmado el Protocolo, que tiene como objetivo eliminar la producción y el uso de los CFCs en el año 2010 en países en desarrollo, entre los que se encuentra Colombia El Fondo Multilateral para la

Implementación del Protocolo de Montreal otorgó a nuestro país apoyos económicos para realizar los proyectos de eliminación de la producción y consumo de estas sustancias.

1.5 COLOMBIA EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL⁴

Los países en desarrollo están comprometidos con la eliminación de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono, pero con calendarios de eliminación menos acelerados a los que tienen los países desarrollados. Reciben recursos del Fondo Multilateral para la ejecución de proyectos de preparación, demostrativos, de fortalecimiento institucional, capacitación, asistencia técnica y de inversión, con el objetivo de eliminar el consumo de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono.

Colombia Ingresa al Protocolo de Montreal en 1992 mediante la aprobación de la Ley 29 del Congreso Nacional. El gobierno, la industria y la academia se reúnen y preparan el Programa País (PP), el cual es presentado en 1994. Con los proyectos aprobados se crea la Unidad Técnica Ozono (UTO) en el mismo año. Colombia es aceptada como un país perteneciente al artículo 5 del PM adhiriéndose a los beneficios y compromisos que esto implica.

La UTO, legalmente, es una suma de proyectos supervisados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y dependiente de las diversas agencias implementadoras del PM.

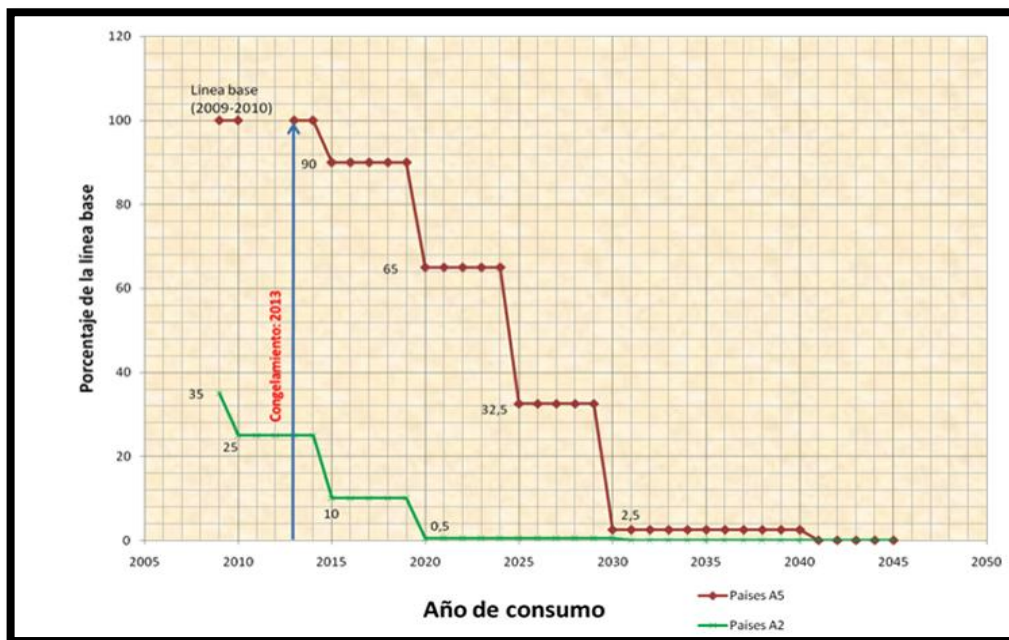
⁴ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. El Grupo Unidad Técnica Ozono y el Proyecto de Certificación. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.14. ISBN 978-958-98263-2-4.

El principal mérito del sistema seguido por Colombia consiste en la alta efectividad de ejecución con capacidad y calidad técnica. La principal desventaja es la dificultad de hacer aplicables los compromisos de reducción y eliminación del consumo de SAO ante el PM, lo cual requiere afectar y modificar la legislación tributaria, de comercio internacional, agrícola, de salud pública y ambiental.

De acuerdo a la decisión XIX/6 del Protocolo de Montreal, que aceleró significativamente el proceso de eliminación de los HCFCs, la línea base de consumo de estas sustancias es el promedio de los consumos de los años de 2009 y 2010. La primera medida de control consiste en la congelación del consumo a nivel de la línea base en 2013; la segunda, en una reducción del 10% para el 2012; la tercera, en una disminución del 35% para el 2020; la cuarta, en una reducción del 62.5% para el 2015. La última etapa de cumplimiento busca eliminar el consumo de HCFCs antes del 1 enero de 2030, permitiendo un promedio anual del 2,5% para servicios de mantenimiento durante el periodo 2030-2040. La figura 4 ilustra los cronogramas antiguo y nuevo para un país que, como Colombia, presenta un elevado crecimiento histórico del consumo de HCFCs (13,8%).⁵

⁵ UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 33 p.

Figura 5. Cronograma de eliminación de HCFC para países en desarrollo



Fuente: Eliminación de consumo de HCFCs en refrigeración /UTO

Tabla 2. Consumo de HCFCs en Colombia (Toneladas Métricas)

Sustancia	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HCHC-22	875	915	1.028	1.147	855	1.221	1.034	1.179	1.344
HCHC-141b	508	503	857	872	1.432	1.250	1.059	1.207	1.376
HCHC-142b	73	119	0	0	1	1	1	1	1
HCFC-123	0	21	64	78	77	74	62	71	81
Otros	20	0	0	0	2	0	0	0	0
TOTAL	1.476	1.648	1.949	2.097	2.367	2.546	2.157	2.459	2.803

Fuente: Eliminación de consumo de HCFCs en refrigeración /UTO

En el año 2011 el país importó 2.803 toneladas de HCFC, representadas en 1.376 toneladas de HCFC-141b, 1.344 toneladas de HCFC-22 Y 81 toneladas de HCFC-123 como se muestra en la tabla 2.

Por lo que el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 le dio prioridad al cumplimiento del Protocolo de Montreal. “eliminar para el 2010 el consumo de sustancias agotadoras de ozono, SAO, siendo la línea base del 2003 el consumo de 1000 toneladas SAO”

1.6 REFRIGERANTES

“Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el punto de vista de refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y a compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión”.⁶

En la refrigeración mecánica se requiere un proceso que pueda transmitir grandes cantidades de calor, económica y eficientemente, y que pueda repetirse continuamente. Los procesos de evaporación y condensación de un líquido son, por lo tanto, los pasos lógicos en el proceso de refrigeración.

Un buen refrigerante debe tener ciertas características, que por desgracia no todas pueden ser satisfechas por un mismo:

1. Debe absorber el calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto.

⁶ VALYCONTROL. Refrigerantes. En: Manual técnico valycontrol. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p. 137.

2. El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo.
3. Vaporizarse a temperaturas bajas, cuando la presión es mayor a la atmosférica.

Ordenado las cualidades que debe cumplir un buen refrigerante, tenemos las siguientes:

- a) No debe degradar la atmósfera al escaparse. Debe ser inerte sobre la reducción de la capa de ozono y no incrementar el potencial efecto invernadero.
- b) Ser químicamente inerte, no inflamable, no explosivo, tanto en su estado puro como en las mezclas.
- c) Inerte a los materiales con los que se pone en contacto, tuberías, sellos, juntas, etc.
- d) No reaccionar desfavorablemente con los aceites lubricantes y presentar una satisfactoria solubilidad en él.
- e) No intoxicar el ambiente por escapes y ser nocivo a la salud de las personas.
- f) La relación P1/P2 debe cumplir con la eficiencia del consumo energético.
- g) Poseer un elevado coeficiente de transferencia de calor por conducción.
- h) Cumplirse que la relación presión - temperatura en el evaporador sea superior a la atmosférica, para evitar la entrada de humedad o aire al sistema.
- i) Que su punto de congelación sea menor que la menor temperatura de trabajo de sistema de refrigeración
- j) Fácil detección en fugas.
- k) Bajo precio y fácil disponibilidad.

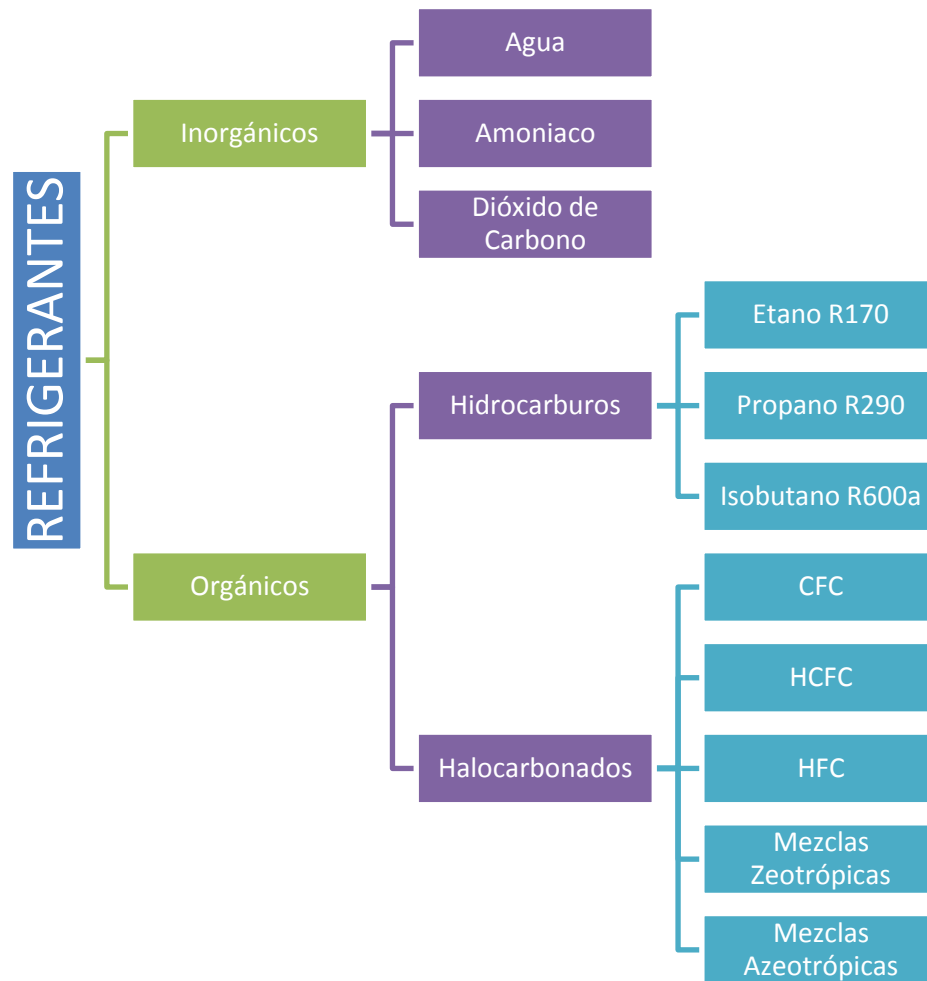
No existe el refrigerante perfecto, y hay una gran variedad de opiniones sobre cuál es el más apropiado para aplicaciones específicas.

1.6.1 Clases de refrigerantes⁷

Podemos clasificar los refrigerantes en dos grupos, los orgánicos o que provienen de los hidrocarburos halogenados y los inorgánicos, tales como el agua o el amoniaco, como se muestra en la tabla 3.

⁷ YAÑEZ, Gildardo. Refrigerantes que dañan la capa de ozono, utilizados en México, y refrigerantes que no dañan la capa de ozono, disponibles en nuestro país. Clases de refrigerantes En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.40-51.

Tabla 3. Clasificación de Refrigerantes



Fuente: Autores

➤ Refrigerantes Inorgánicos

Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que no contienen carbono, excepto el CO₂; los refrigerantes inorgánicos más comunes son el agua, amoníaco y dióxido de carbono.

- **El agua R718**

Es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). El agua es una opción refrigerante atractiva porque no es tóxica ni inflamable. Sin embargo, es un refrigerante que funciona a muy baja presión.

- **Amoníaco R717**

Es un gas incoloro, corrosivo, irritante, tóxico y de olor sofocante. Su fórmula química es NH₃. Por sus cualidades termodinámicas, el amoníaco es uno de los mejores refrigerantes: según la productividad de enfriamiento, supera considerablemente a los R12, R11, R22 y R502, y tiene más alto coeficiente de transferencia de calor, lo que permite usar tuberías de menor diámetro en los aparatos de transferencia de calor de similar capacidad.

- **Dióxido de Carbono R744**

Un gas incoloro e incombustible cuya fórmula química es CO₂ se conoce también como bióxido de carbono, óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico. El CO₂ tiene varias propiedades convenientes como refrigerante: disponibilidad, bajo PCG, baja toxicidad y costo reducido. Es un contaminante atmosférico, un gas “efecto invernadero”, con una permanencia en la atmósfera estimada en más de 100 años.

➤ **Refrigerantes Orgánicos**

Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contienen carbono, excepto el CO₂; los refrigerantes orgánicos más comunes son los hidrocarburos, los halocarbonados y combinaciones entre ellos.

Hidrocarburos

Se conoce con este nombre a los compuestos bioquímicos formados únicamente por carbono e hidrógeno. Químicamente, consisten en una estructura de carbono a la que se unen átomos de hidrógeno. Los refrigerantes pertenecientes a este grupo son: el etano (R170), el propano (R290) y el isobutano (R600a).

- **Etano R170:**

Gas inflamable, incoloro e inodoro. El etano es más pesado que el aire; puede alcanzar largas distancias, localizar una fuente de ignición y regresar en llamas. Puede formar mezclas explosivas con el aire. Conocido también como Bimetil, dimetil, metilmetano o etil hidruro.

- **Propano R290**

Gas inflamable, incoloro, con un ligero olor a altas concentraciones. Se utiliza como materia prima para diversos procesos químicos como reformación de vapor, clorinación y nitruración. En la fabricación de negro humo y otros productos como tetracloruro de carbono, acrílico-nitrilo, percloroetileno y tetracloroetano, como combustible mezclado con propileno y butano, como solvente para retirar asfaltos en el crudo y como refrigerante y propelente. Conocido también como Dimetil metano o hidruro de propilo.

- **Isobutano R600a**

Es un gas licuado comprimido incoloro, de olor característico, es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo con posible ignición en punto distante. Este refrigerante es uno de los principales sustitutos de los CFC especialmente en el sector doméstico.

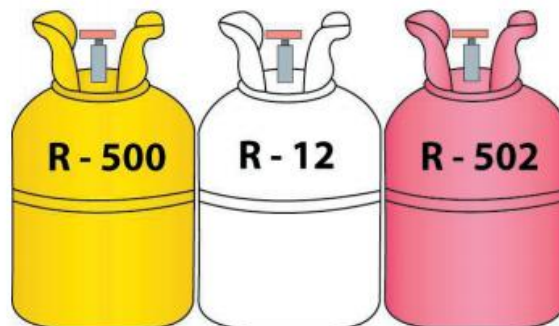
Halocarbonados

Son compuestos químicos o combinaciones de átomos que consisten de una estructura de carbono a la que se unen átomos del grupo VII A de la tabla periódica conocidos como Halógenos (Flúor, Cloro y/o Bromo).

- **Los Clorofluorocarbonos CFCs.**

Consisten en cloro, flúor y carbono. No contienen hidrógeno. Los CFCs son químicamente muy estables, debido a que contienen cloro en su composición, están dañando la capa de ozono. Permanecen en la atmósfera de 60 a 1700 años. El Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono de los CFCs varía entre 0.5 y 1.

Figura 6. Envases con CFC-12 y mezclas CFC/HCFC (R-500 Y R-502)



Fuente: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado/SEMARNAT

Tabla 4 Algunos CFC regulados por el Protocolo de Montreal

GAS	NOMBRE	FÓRMULA
R-11	Triclorofluorometano	C Cl ₃ F
R-12	Diclorodifluorometano	C Cl ₂ F ₂

R-113	Triclorotrifluoroetano	C Cl ₂ F C Cl F ₂
R-114	Diclorotetrafluoroetano	C ₂ F ₄ Cl ₂
R-115	Cloropentafluoroetano	C Cl F ₂ C F ₃

Fuente: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado/SEMARNAT

- **Los Hidroclorofluorocarbonos, HCFCs.**

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) son la segunda categoría de refrigerantes que están vigentes actualmente. Aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFCs también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. Su potencial de agotamiento es muy bajo y varía de 0.001 a 0.11. Para los países en desarrollo está permitido su uso hasta el año 2040.

Figura 7. Cilindros con HCFCs



Fuente: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado/SEMARNAT

- **Mezclas Zeotrópicas.**

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con el número 4, seguido de una letra mayúscula para diferenciar diversas proporciones de mezcla. Están formadas por dos o más sustancias simples o puras, que al

mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia, la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables.

Ejemplos: R-404A, R-407C, R-401A, R-401B o R-409A.

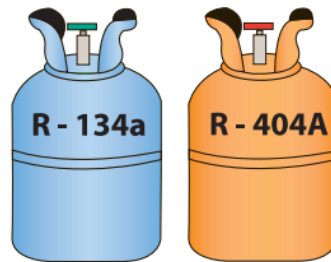
- **Mezcla Azeotrópica.**

Se identifica por un número de tres cifras que comienza con el 5. Está formada por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura, logrando mejores características de desempeño.

- **Los Hidrofluorocarbonos, HFCs.**

Son sustancias que contienen hidrógeno, flúor y carbono. No contienen cloro y por consiguiente no dañan la capa de ozono, su PAO es igual a cero. El HFC que se utiliza comúnmente en nuestro país es el R-134a. La tabla 5 muestra algunas características de estos refrigerantes.

Figura 8. Cilindros con R-134a y mezcla R-404^a



Fuente: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado/SEMARNAT

Tabla 5. Guía de aplicaciones de algunos refrigerantes sustitutos que ya están disponibles comercialmente.

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TÍPICA	REEMPLAZO		
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO	
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrifugos.		X	
		Genetrón 123	Quimobásicos						
		Forane-123	Elf Atochem						
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.		X	
		Genetrón 134a	Quimobásicos						
		Forane 134a	Elf Atochem						
		Klea 134a	ICI						
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C).	X		
		Genetrón MP39	Quimobásicos						
	R-401B	Suva MP66	DuPont			*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.	X		
		Genetrón MP66	Quimobásicos						
	R-409A	Genetrón 409A	Quimobásicos			*Reacondicionamientos.	X		
		FX-56	Elf Atochem						
R-13	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura		X	
R-22	R-410A	Genetrón AZ-20	Quimobásicos	Mezclas Azeotrópicas	Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.		X	
	R-410B	Suva 9100	DuPont		Poliol Ester			X	
	R-407C	Suva 9000	DuPont	Mezcla Zeotrópica (Blend)	Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X	
		Genetrón 407C	Quimobásicos						
		Klea 66	ICI						
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).		X		
R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).	X		
		Genetrón HP80	Quimobásicos						
	R-402B	Suva HP81	DuPont		Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.	X		
	R-404A	Suva HP-62	DuPont		Poliol Ester		*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X
		Genetrón 404A	Quimobásicos						
		FX-70	Elf Atochem						
	R-407A	Klea 60	ICI		Poliol Ester			X	
R-408A	FX-10	Elf Atochem	Alquil Benceno		X				
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester			X		

Fuente: Valycontrol

1.6.2 Ashrae standard 34⁸

La American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ha elaborado una tabla de seguridad para los gases refrigerantes, basada en la toxicidad y la inflamabilidad del gas.

La clasificación de la toxicidad de los gases está basada en los índices TLV/TWA. "TLV" (Threshold Limit Value).- Concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 hrs. por día, cinco días a la semana, durante 40 años, y el TWA (Time-Weighted Average). Concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día. Los gases refrigerantes están clasificados en dos clases, dependiendo del tiempo máximo permisible en que una persona puede estar expuesta a éstos. La intención de este estándar es la de referirse, por un método simple, a los refrigerantes con números y letras, en vez de utilizar el nombre químico del gas, fórmula o marca, en la tabla 6 se muestran algunas características según standar 34.

Tabla 6. Algunas características de clasificación del standar 34

SERIE	NOMBRE	GAS
000	Metano	R-12
100	Etano	R-134a
200	Propanos	R-290
400	Zeotropo	R-401A
500	Azeotropo	R-502
600	Orgánicos	R-600a
700	Inorgánicos	R-7171

Fuente: ASHRAE STANDARD 34

⁸ YAÑEZ, Gildardo. Riesgos y medidas de seguridad al trabajar con refrigerantes, equipos de refrigeración y aire acondicionado. En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.55-57.

En donde:

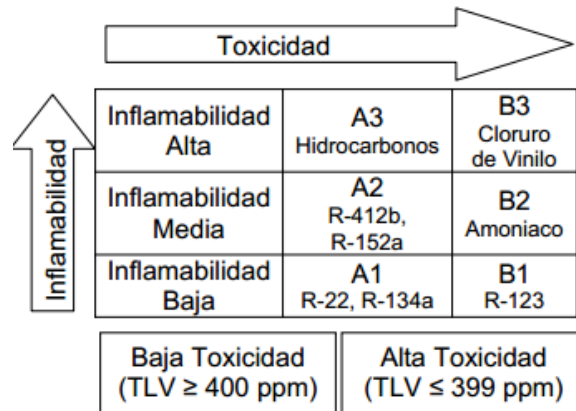
- La letra minúscula denota un gas isómero, ejemplo en el R-134a.
- La letra mayúscula denota una mezcla, ejemplo en el R-401A.

Respecto de los dígitos numéricos, el estándar dice:

- Primer dígito, de derecha a izquierda = número de átomos de flúor en el compuesto.
- Siguiendo dígito hacia la izquierda = número de átomos de hidrógeno más 1, (H + 1)
- Tercer dígito hacia la izquierda = número de átomos de carbono menos 1 (no se usa cuando es igual a cero), (C - 1).
- Cuarto dígito hacia la izquierda = número de enlaces dobles

Los refrigerantes también se clasifican según criterios de toxicidad e inflamabilidad, como se muestra en la figura 7.

Figura 9. Clasificación de seguridad de los refrigerantes



Fuente: ASHRAE STANDARD 34

La toxicidad es una propiedad de la hace letal o nociva para personas y animales debido a una exposición intensa o prolongada por contacto ingestión o inhalación. Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los siguientes grupos dependiendo de su toxicidad.

Clase A: Gases seguros. 400 ppm o mayor

Clase B: Gases peligrosos. 399 ppm o menos

La inflamabilidad también se clasifica, basándose en el límite inferior de inflamabilidad a presión atmosférica y temperatura ambiente:

Clase 1: no propaga la flama

Clase 2: baja propagación de flama

Clase 3: alta propagación de flama

2. PROCESOS PARA DISPOSICIÓN FINAL DE GASES REFRIGERANTES

Se han desarrollado una gran variedad de sustancias refrigerantes, pensando obtener el mejor desempeño termodinámico de la instalación de enfriamiento, el cual está definido por el nivel de temperatura de la aplicación, valor que determina la condición de evaporación del refrigerante y por lo tanto las propiedades más significativas para obtener una mayor capacidad de enfriamiento del sistema de refrigeración como son la densidad del vapor de succión y el efecto refrigerante o capacidad específica de absorber calor de dicho refrigerante . Como por ejemplo:

- Refrigeración de alimentos y bebidas: temperaturas ligeramente superiores a 0°C, inhiben por un periodo de tiempo el crecimiento de algunos microorganismos. En esta categoría se cita al refrigerante **R-134 A**, libre de átomos de cloro que no produce daño a la capa de ozono y posee una mejor conductividad de calor en comparación con el R-12 utilizándose en almacenaje frigorífico y alimentos frescos.
- Congelación de alimentos: temperaturas entre 0 y -25 °C, inhiben durante meses el desarrollo de microorganismos. Se cita al refrigerante **R-404 A** cuyas aplicaciones incluyen a las vitrinas de congelados y refrigerados de los supermercados, la refrigeración de transportes y las máquinas de hielo.
- Ultra congelación: temperaturas entre -18 y -35 °C, conserva la estructura original del producto. Se cita al refrigerante **R-23** cuyas aplicaciones incluyen congeladores médicos, cámaras de atmósferas controladas, etc.

Las diferentes características termodinámicas del refrigerante requeridas para la aplicación se obtienen a partir de diferentes estructuras moleculares, basadas en la actualidad principalmente en la utilización de derivados cloro-fluoro-hidrocarbonados. El uso de estos compuestos generan también graves problemas ambientales, tales como la destrucción de la capa de ozono, que afecta gravemente la vida de los seres vivos; lo que implica buscar medidas que

permitan reducir el impacto causado por los compuestos contaminantes, como lo son los CFCs HCFCs y Halones.

Para disminuir este impacto ambiental se han propuesto varias alternativas tales como disminuir el uso de estos compuestos, evitar la emisión de gases refrigerantes a la atmósfera, también la reutilización de estos cuando se encuentran en buen estado o de lo contrario la destrucción, en otras palabras hablamos de:

- ✓ Recuperar
- ✓ Reciclar
- ✓ Regenerar
- ✓ Destruir

Todos estos procesos están regulados por una serie de normas y supervisados por entidades creadas por el gobierno tales como la UTO (Unidad Técnica de Ozono) que buscan garantizar y facilitar el cumplimiento de la normativa ambiental y supervisar que se apliquen en forma correcta las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado.

La recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes hacen parte de la estrategia mundial para disminuir la emisión de refrigerantes que agota la capa de ozono.

Dentro de estas buenas prácticas es necesario llevar soportes, documentos, y/o formatos en los que se registraran fechas, cantidades y tipos de refrigerantes sometidos a cada proceso; esto para poder evaluar el cumplimiento del Plan Nacional de Eliminación para las sustancias Agotadoras de Ozono y del cronograma establecido por el Protocolo de Montreal para países en Desarrollo, como Colombia.

A continuación se definen los procesos necesarios para el tratamiento y la disposición final de los refrigerantes⁹:

2.1 RECUPERAR

Proceso por el cual se retira el refrigerante en cualquier condición de un sistema y se deposita en un recipiente externo.

2.2 RECICLAR

Proceso empleado para reducir los contaminantes que se encuentran en el refrigerante usado mediante la separación del aceite, la remoción de las sustancias no condensables y la utilización de filtros para reducir la humedad, la acidez y material particulado.

2.3 REGENERAR

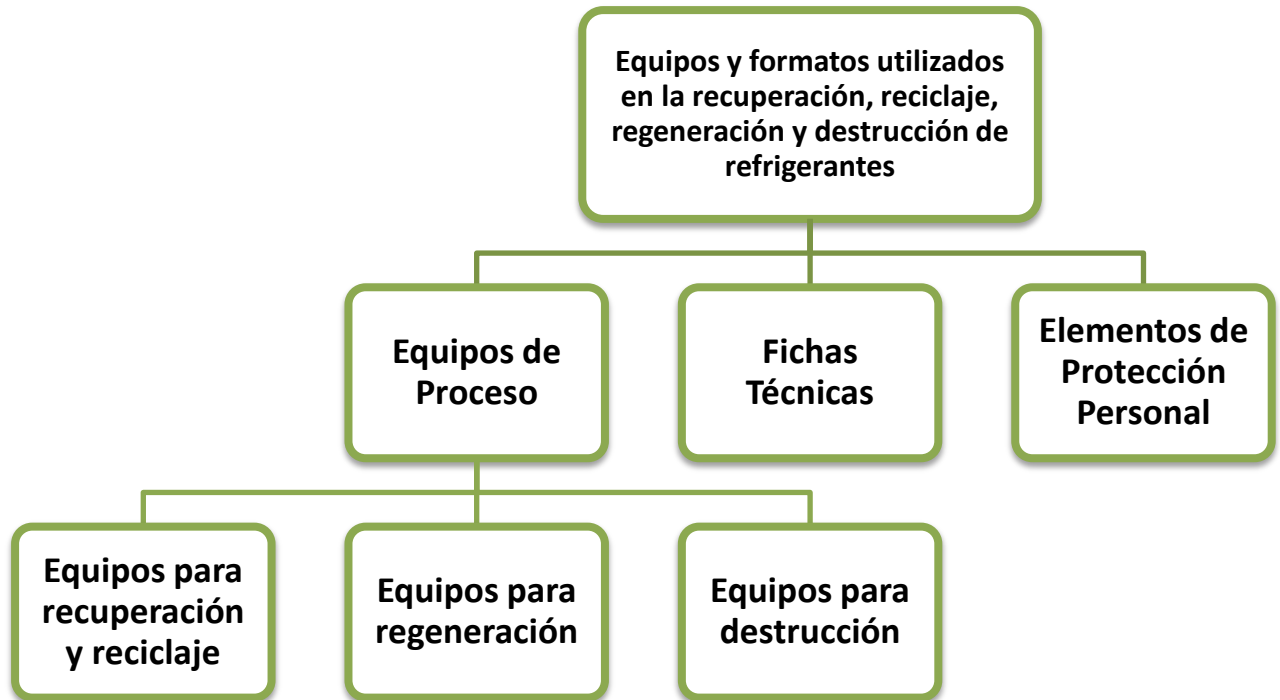
Proceso que se aplica al refrigerante usado para que cumpla con las especificaciones de producto nuevo. Se debe verificar, por medio de un análisis químico, que el refrigerante regenerado si responde a las especificaciones propias de un refrigerante nuevo. (Estándar 700 de ARI).

⁹ Definición ISO 11650

2.4 EQUIPOS Y FORMATOS UTILIZADOS PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE, REGENERACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES.

Dentro de toda organización o entidad encargada de los procedimientos para la recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes se debe contar con los equipos y formatos necesarios para garantizar el tratamiento y la disposición final de los refrigerantes. Estos equipos y formatos se pueden agrupar en tres categorías; los **equipos de proceso** que hacen referencia a la extracción, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes; las **fichas técnicas** que contienen información sobre tareas asignadas, tiempos de trabajo, tipo de proceso a llevar a cabo, tipo de refrigerante a tratar, herramientas e insumos necesarios para llevar a cabo la labor entre otros con el fin de tener un registro y control sobre los procesos de recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción. Finalmente se presenta a **los elementos de protección personal** destinados a la integridad y seguridad de la persona encargada de los procedimientos.

Figura 10. Equipos y formatos utilizados en la recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes.



Fuente: Autores

A continuación será se explicará a detalle la subdivisión presentada en la figura 10.

2.4.1 Equipos de procesos

2.4.1.1 Equipos para la recuperación y reciclaje

Los equipos necesarios para la realización de los procesos de recuperación y reciclaje (Figura 11), se subdividen en 2 categorías: los equipos primarios y los equipos secundarios que son comunes a ambos procesos como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Equipos para recuperación y reciclaje de refrigerantes

Equipos para la recuperación y reciclaje	
Equipos primarios	Número
Unidad de recuperación	1
Unidad de reciclaje	2
Equipos secundarios	Número
Manómetros	3
Bomba de vacío	4
Detector electrónico de fugas	5
Válvula perforadora	6
Cilindro de recuperación	7
Báscula	8
Separador de aceite	9
Filtro deshidratador	10
Fichas de seguridad	11

Fuente: Autores

Figura 11. Diagrama de equipos usados en recuperación



Fuente: Autores

1. **Unidad recuperadora:** El principio básico de funcionamiento de dicha máquina mostrada en la figura 12, consiste en generar un diferencial de presión entre el sistema y el cilindro de recuperación para que el refrigerante fluya en la dirección determinada independientemente del método a utilizar, Las unidades pequeñas funcionan con un compresor rotativo que permite realizar autopurga, después de cada proceso de recuperación y antes de ejecutar el siguiente y no requiere aceite, haciendo posible su uso con diferentes refrigerantes sin peligro de contaminación o mezcla de aceites¹⁰. Los datos técnicos se muestran en la tabla 8.

Figura 12. Recuperadora Comercial sin Aceite de Gases Refrigerantes Stinger



Fuente: Stinger

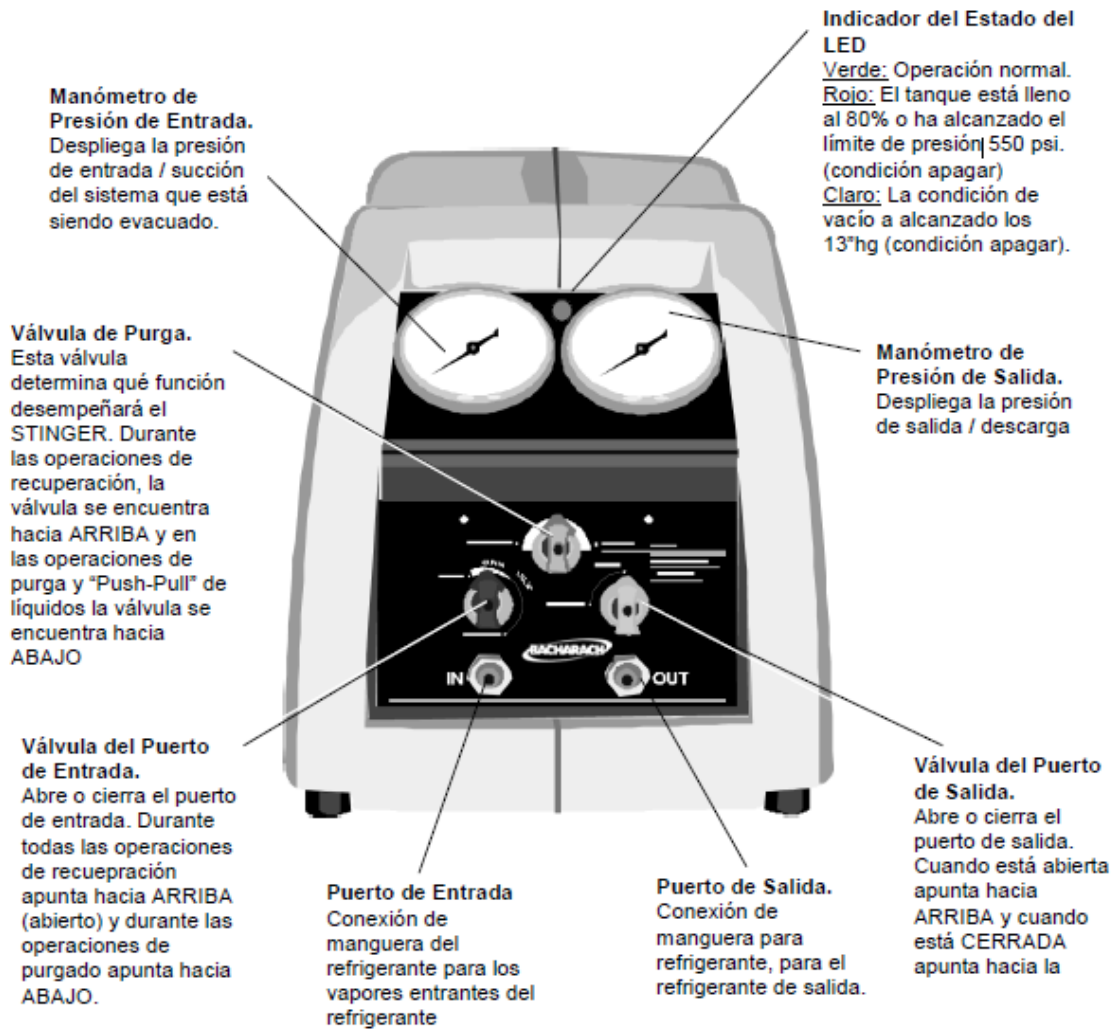
¹⁰ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Recuperación y reciclaje de refrigerantes. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.63. ISBN 978-958-98263-2-4.

Tabla 8. Datos técnicos unidad Stinger

STINGER				
Refrigerantes Compatibles	R-12, R-22, R-114, R-134a, R-401A, R-401B, R-401C, R-402A, R-402B, R-404A, R-406A, R-407A, R-407B, R-407C, R-407D, R-408A, R-409A, R-410A, R-411A, R-411B, R-412A, R-500, R-502, R-507, R-509			
Fuente de Energía	• 110/120 VAC, 1 Fase, 50/60 Hz, 8 Amps • 230 VAC, 1 Fase, 50/60 Hz, 5 or 10 Amps		Ver etiqueta atrás de la unidad	
Compresor	¾ HP de Alto Desempeño, y sin Aceite			
Enfriamiento	Dos Ventiladores de Enfriamiento			
Protección	Corte de presión alta a 550 psi. El compresor está protegido por un interruptor de circuito y por un sensor termal interno. El apagado total automático al 80% de llenado del tanque es un kit opcional (P/N 2090-0091).			
Clasificaciones de Presión	Diseño de Presión Baja a 450 PSI Diseño de Presión Alta a 550 PSI			
Temperatura	Rango de operación de 32 a 104 °F (10 to 40 °C)			
Caja	De Plástico Moldeado, en Polietileno de Alto Impacto			
Tamaño / Peso	Largo 17" (43.1 cm)			
	Ancho 9.5" (24.1 cm)			
	Alto 11" (27.9 cm)			
	Peso 28 Lbs. (10.8 Kg)			
Certificación	Cumple con el UL1963 (no evaluado para uso de automoción)			
Especificaciones del Refrigerante Recuperado Certificado por ARI 740-95 & 740-98				
Refrigerante	Especificación del Líquido	Especificación del Líquido Push-Pull	Especificación del Vapor	Nivel de Vacío (inches Hg)
R-22	3.53 lb/min 1.60 kg/min	12.30 lb/min 5.58 kg/min	0.29 lb/min 0.13 kg/min	>15
R-134A	2.67 lb/min 1.21 kg/min	10.98 lb/min 4.98 kg/min	0.22 lb/min 0.10 kg/min	>15
R-410A	3.02 lb/min 1.37 kg/min	14.62 lb/min 6.63 kg/min	0.22 lb/min 0.10 kg/min	>15

Fuente: Stinger

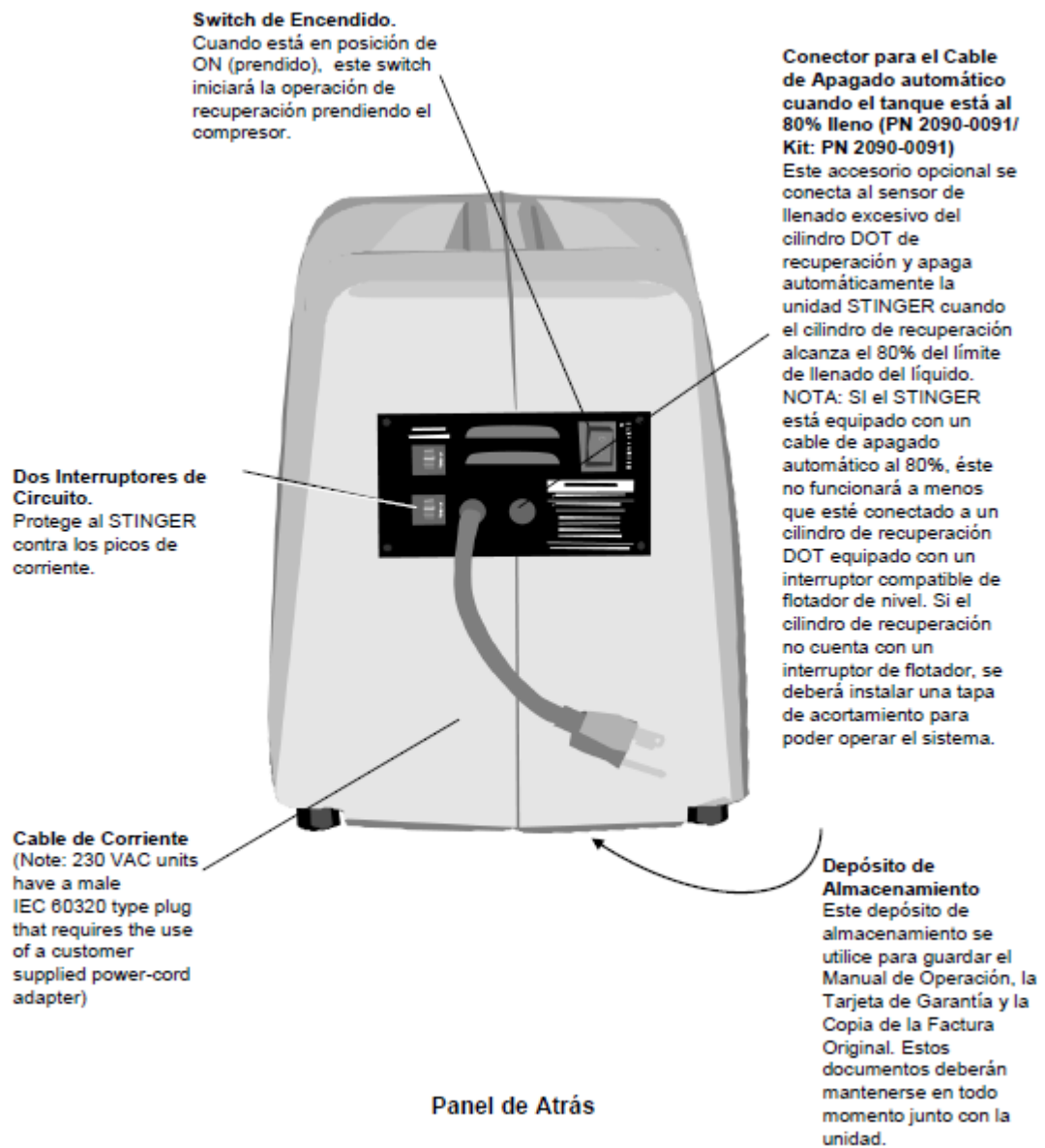
Figura 13. Descripción Unidad recuperadora Stinger, frontal



Panel frontal

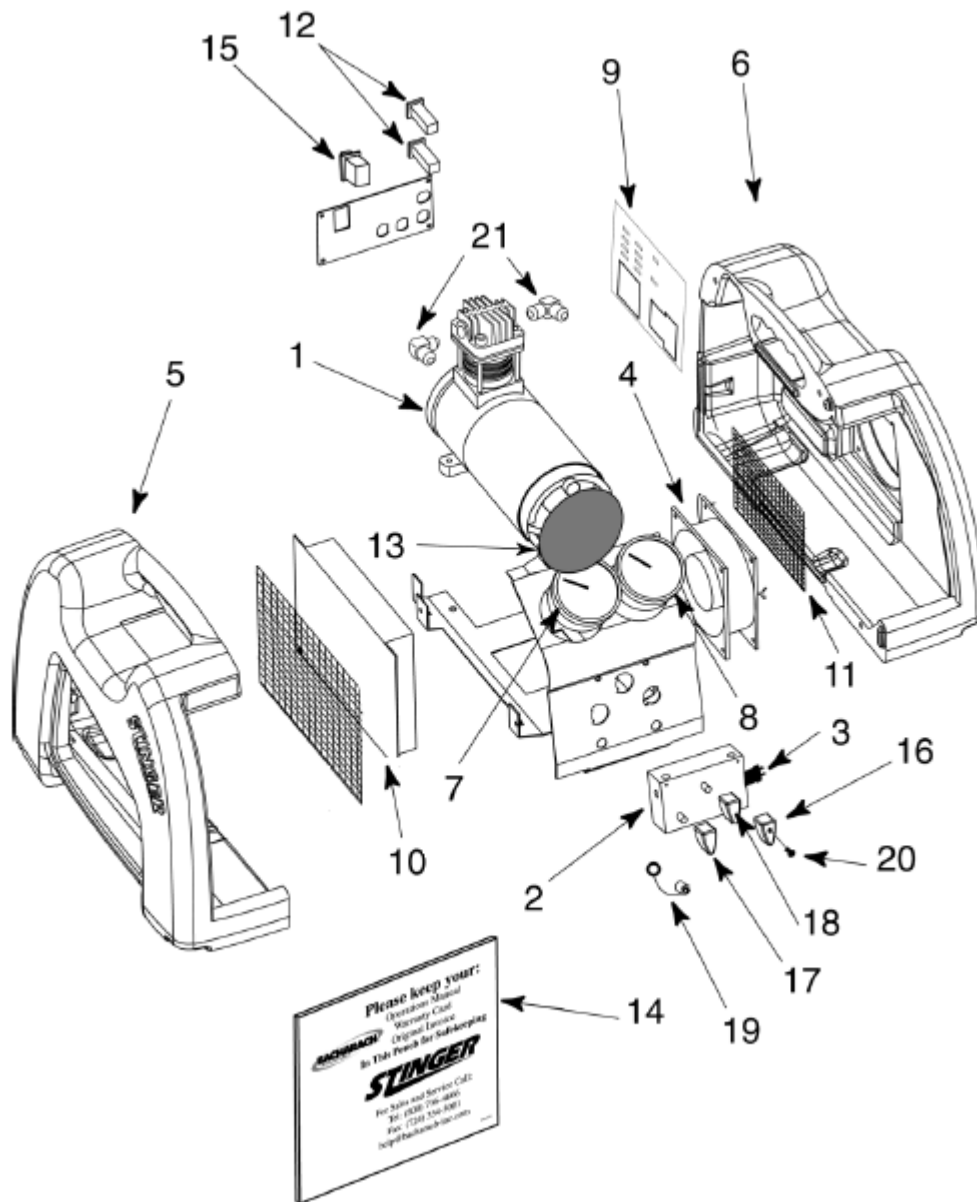
Fuente: Stinger

Figura 14. Descripción Unidad recuperadora Stinger, Posterior



Fuente: Stinger

Figura 15. Despiece Unidad recuperadora Stinger



Fuente: Stinger

Tabla 9. Listado de piezas unidad recuperadora Stinger

Item No.	Description	Qty
1	Compresor (110/120 VAC)	1
1	Compresor (230 VAC)	1
2	Manifold (Múltiples)	1
3	Interruptor de Alta Presión a 550 psi	1
4	Ventilador, 4", 110/120 VAC	1
4	Ventilador, 4", 230 VAC	1
5	Caja de Plástico, Izquierdo	1
6	Caja de Plástico, Derecho	1
7	Manómetro de Baja Presión	1
8	Manómetro de Alta Presión	1
9	Tablero de Circuito Impreso (110/120 VAC)	1
9	Tablero de Circuito Impreso (220 VAC)	1
10	Condensador	1
11	Pantalla Protectora para el Ventilador	1
12	Interruptor de Circuito de 10 amperes	2
13	Aspa del ventilador del compresor.	1
14	Bolsa de Vinyl para Almacenaje	1
15	Interruptor de Energía	1
16	Perilla de Plástico Roja para Salida	1
17	Perilla de Plástico Azul para Entrada	1
18	Perilla de Plástico Negro	1
19	Tapa Plástica C/ Retén de $\frac{3}{8}$ "	2
20	Tornillos para las Perillas	3
21	Fitting, Cylinder Head Elbow	2

Fuente: Stinger

Componentes principales unidad de recuperación:

Compresor (ítem no.1): Elemento de mayor importancia de la unidad recuperadora este es el encargado de succionar el refrigerante desde el dispositivo en el cual se encuentra almacenado el refrigerante y es enviado al condensador para luego ser almacenado en el cilindro de recuperación.

Condensador (ítem no. 10): luego del proceso de compresión el refrigerante llega al condensador a una alta presión y temperatura en forma gaseosa es aquí donde por convección forzada se disminuye la temperatura e inicia el proceso de condensación a presión constante. El objetivo es que el refrigerante salga en estado líquido en lo posible a una menor temperatura de la temperatura de saturación a la presión de condensación.

Ventilador (ítem no.4): es el encargado de hacer cruzar aire alta velocidad a través del serpentín condensador aumenta la eficiencia de intercambio de calor del refrigerante con el medio en el proceso de condensación.

Manómetros (ítem no.7, 8): Indican la presión de entrada en la línea de entrada y la presión de salida en la línea de descarga

Válvula entrada (ítem no.17): Abre o Cierra el Puerto de entrada. Durante todas las operaciones de recuperación se encuentra abierta.

Válvula salida (ítem no.18): Abre o cierra el puerto de salida.

Proceso de recuperación: se describe el método de recuperación de refrigerante por transferencia de vapor.

FASE 1: PESO DEL CILINDRO

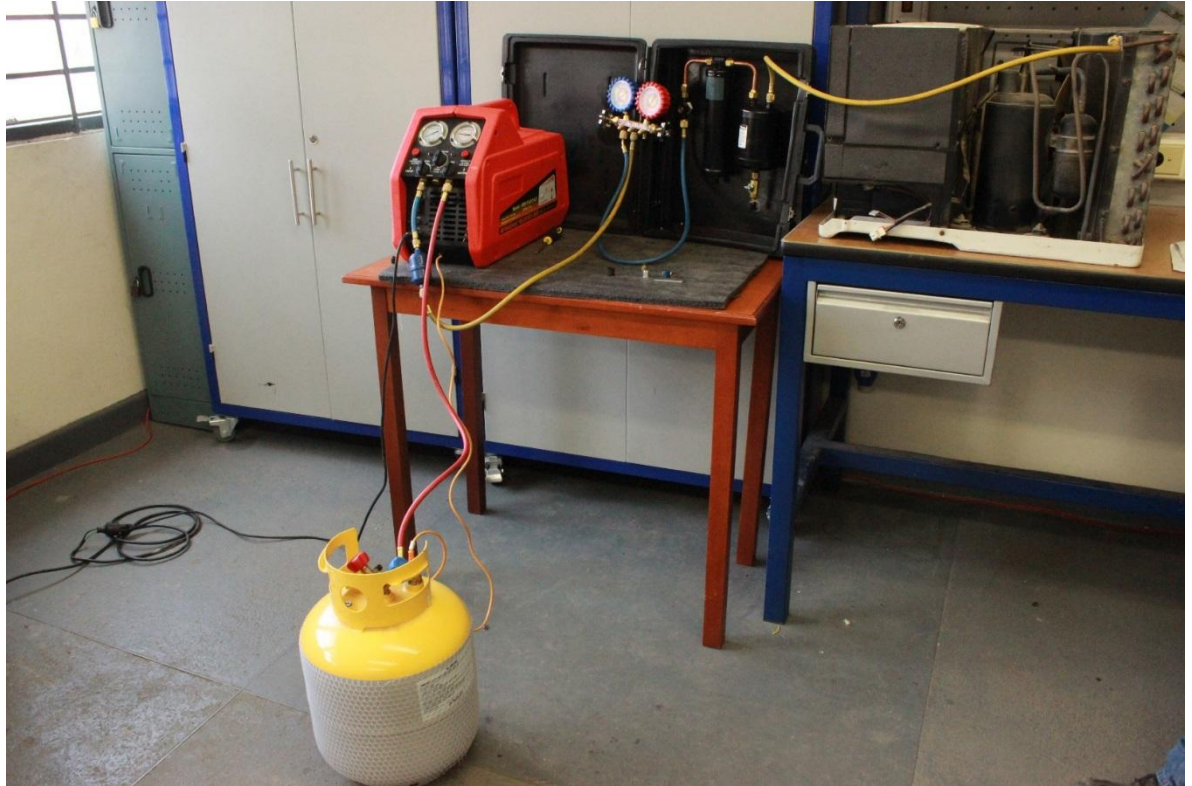
Para iniciar el proceso de recuperación es necesario pesar el cilindro para saber la cantidad de refrigerante que posee en su interior debido a que ya se ha utilizado previamente en otras recuperaciones. El objetivo es conocer la cantidad de refrigerante que se extrae del aire acondicionado. Recuerde que el cilindro no se debe llenar más de 80% de su capacidad.

FASE 2: CONEXIONES

1. Con el aire acondicionado en “frío” es decir apagado, el refrigerante se encuentra estable en todas las tuberías, tanto en la de alta (salida), como en la de baja (retorno) en estado de gas. Conecte la válvula perforadora (conocida como válvula roba gas) a cualquier línea de la tubería del aire acondicionado cuyo diámetro se acomode al tamaño de la válvula perforadora.
2. Conecte una manguera a la válvula roba gas y llévela hasta la entrada del separador de aceite.
3. De la salida del separador de aceite conecte otra manguera hacia la entrada del manómetro de baja presión.
4. Del puerto de servicio del manifold de manómetros (puerto central) conecte una manguera y añada el filtro deshidratador.
5. Conecte una manguera entre el filtro deshidratador y la entrada de la unidad recuperadora.
6. De salida la unidad recuperadora conecte una manguera a la válvula de vapor del cilindro recuperador (Válvula de color azul).
7. Conecte el cable al sensor que se encuentra en el cilindro recuperador.

8. Conecte la unidad de recuperación a la alimentación eléctrica.

Figura 16. Conexiones proceso de recuperación



Fuente: Autores

FASE 3: PURGA

La purga se realiza para eliminar el aire y los contaminantes de las mangueras. En primer lugar verifique que los manómetros estén cerrados. Perfore la válvula roba gas (*el refrigerante fluye hasta la manguera de entrada al manómetro de baja*). Abra el manifold de manómetros (*el refrigerante fluye hasta la entrada de la unidad recuperadora*). Purgue la manguera de la entrada a la unidad recuperadora girándola (*el refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir*). Abra la válvula de entrada de la unidad recuperadora. Abra la válvula de salida de la unidad recuperadora. (*El refrigerante fluye hasta la entrada del cilindro recuperador*).

Purgue la manguera de entrada al cilindro recuperador girándola. *(El refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir).*

FASE 4: RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Encienda el interruptor de la unidad recuperadora. Finalizada la extracción retire las conexiones y proceda a pesar el cilindro para conocer la cantidad de refrigerante recuperada

- 2. Unidad de reciclaje:** Es un equipo utilizado para retirar impurezas haciéndolo pasar por filtros deshidratadores recargables de piedras, y otros dispositivos que reduzcan la humedad, partículas, acidez, etc. La separación de aceite del refrigerante usado, se lleva a cabo circulándolo una o varias veces a través de la unidad. La máquina recicladora de un solo paso, procesa el refrigerante a través de un filtro deshidratador o mediante el proceso de destilación.

Figura 17. Equipo para recuperación y reciclado de refrigerantes 12, 22,500 y 502



Fuente: cps

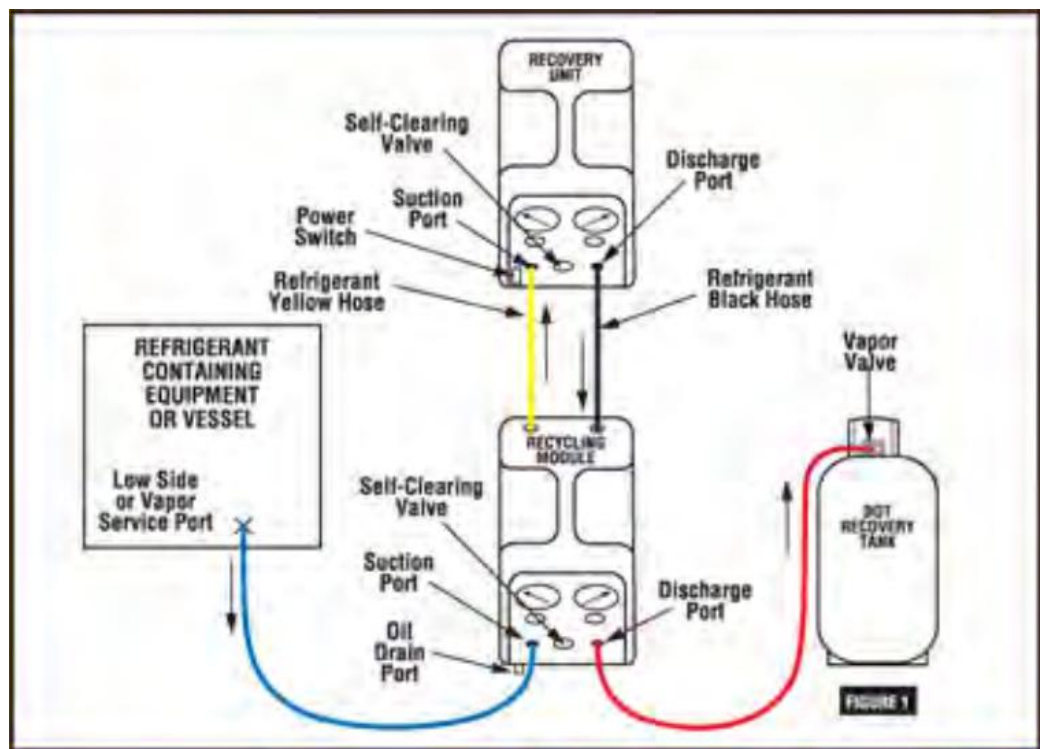
La unidad que se muestra en la Figura 17, es una unidad portátil, pesa aproximadamente 6.5 kilos, capacidad de almacenamiento externo ilimitada. Opera como unidad de reciclado cuenta con un filtro deshidratador, un separador de aceite de alta eficiencia, manómetros de succión y descarga.

Proceso de reciclado del refrigerante:

1. Cerrar todas las válvulas de la unidad de recuperación, unidad de reciclaje y depósito de recuperación.
2. Conecte la unidad de recuperación, la unidad de reciclaje y tanques como se muestra en la Figura 18. tenga en cuenta que las mangueras de color amarillo y negro que se muestran en la Figura 18.
3. Gire la válvula de bombeo en la unidad recicladora a la posición de recuperación. abrir la válvulas de succión y descarga y válvulas de la manguera de interconexión en la unidad recicladora
4. Iniciar la unidad de recuperación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
5. Se mantiene encendida hasta que el manómetro de succión en la unidad recicladora marca vacío.
6. Una vez que el vacío se ha logrado seguir la recuperación fabrica procedimiento de bombeo del calibre de succión de la unidad recuperadora debe regresar y comenzar a caer en el vacío de nuevo.
7. Una vez que se ha alcanzado un vacío otra vez gire la válvula de bombeo de la unidad reciclaje a la posición de auto-limpieza la unidad empieza a funcionar el manómetro de succión en la unidad de reciclaje vuelve a marcar en el vacío este debe tomar unos 15 minutos.
8. Una vez que el vacío se ha conseguido por tercera vez apague la unidad de recuperación cerrar todas las válvulas de las mangueras de la unidad recicladora, unidad de recuperación y el tanque de recuperación.

9. Desconectar la manguera de descarga desde el puerto de vapor en el tanque abrir la manguera de descarga a la atmósfera para ventilar la pequeña cantidad de refrigerante contenido en la manguera se debe tener precaución por que el refrigerante residual está bajo alta presión.
10. Desconectar la manguera de interconexión de la unidad de reciclaje, con la unidad de recuperación.
11. Drenar el aceite recuperado en un recipiente para dicho propósito.

Figura 18. Proceso de reciclaje de refrigerante

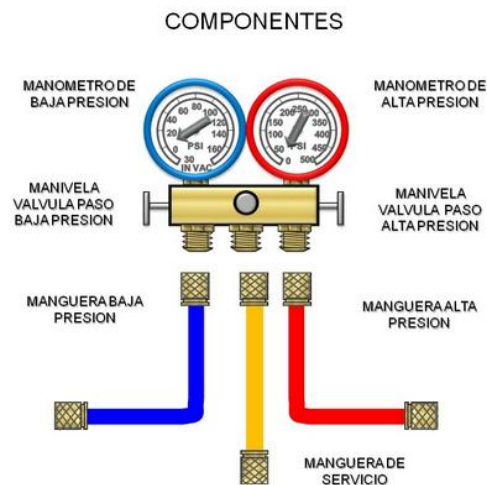


Fuente: C.P.S

3. **Manómetros:** Es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos (Figura 19), generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. Los manómetros utilizados en refrigeración poseen los siguientes puertos de conexiones, una manguera

de color azul para el manejo de baja presión, una manguera roja para indicar la conexión de alta presión, y una manguera amarilla denominada manguera de servicio. Este juego de manómetros permite al técnico determinar cuándo se ha extraído por completo el refrigerante en la unidad de aire acondicionado y para determinar posibles fugas en el sistema.

Figura 19. Manifold de Manómetros



Fuente: Los mejores técnicos junior

4. Bomba de vacío: extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial. Para contribuir con las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado los sistemas que estén abiertos al servicio se deben evacuar en los siguientes casos¹¹:

- *Al reemplazar un compresor, condensador, secador, evaporador, etc.
- *Cuando el sistema no tiene refrigerante.
- *Cuando el refrigerante está contaminado.
- *Cuando se carga lubricante.

¹¹ CALDERÓN HERNÁNDEZ, Marco Antonio. Vacío en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Bomba de vacío. En: Manual de buenas prácticas en refrigeración. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.59-60.

*Para poder evacuar debidamente un sistema, se debe contar con una bomba de vacío figura 18, y la cual presenta las siguientes características:

*Régimen de flujo apropiado para el sistema a evacuar

*Ser de dos etapas

*Tener una eficiencia de bombeo elevada

*Tener un regulador de gas para eliminar la condensación de vapor dentro de la entrada de la bomba y el filtro de escape.

Figura 20. Bomba de Vacío



Fuente: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado
SEMARNAT

Por otra parte, se usará la bomba de vacío en caso de que el cilindro recuperador carezca de éste, se recomienda un vacío de 1000 micrones con el objetivo de asegurar la ausencia de humedad u contaminantes.

5. Detector electrónico de fugas: Por medio de este se detectan fugas de refrigerantes en zonas contaminadas de manera fácil y eficiente, Figura21. Este instrumento almacena sistemática y automáticamente los niveles de refrigerante encontrados mientras inicia la búsqueda de la fuga, indicando únicamente el área donde se detectó los mayores niveles de concentración de refrigerante. Dentro de sus aplicaciones se encuentra la detección de fugas de gas refrigerante de cualquier tipo en equipos de refrigeración y aire acondicionado, industrial residencial, automotriz comercial, transporte refrigerado, entre otros. La tabla 10 muestra características de este instrumento.

Figura 21. Detectores electrónicos de fugas



Fuente: tyrefrigeracion

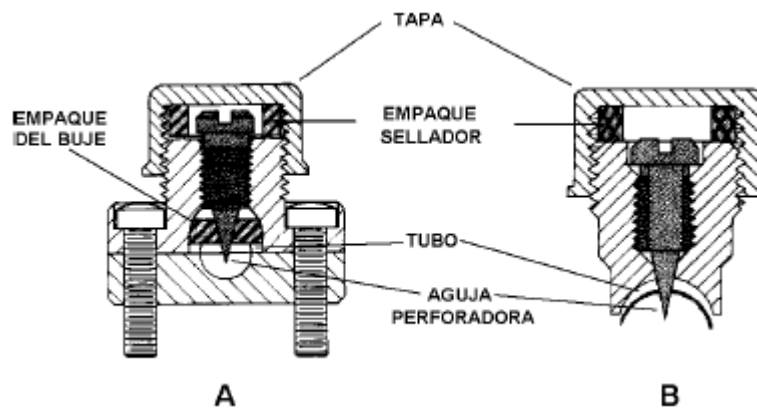
Tabla 10. Características detector de Fugas

Termómetros Digitales con Cable Sensor		
MODELO	LS790B	LS780B
NO. PARTE	LS790B	LS780B
TIPO DE SENSOR	Sensor patentado de bomba ionizada	
SENSITIVIDAD	0.25 Oz/yr (7 g/yr)	
DISPLAY VISUAL	Display de un gráfico de 10 barras de gran intensidad	Display LED de alta intensidad
FLEXIBILIDAD	18.0" / 45.7 cm	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	0 °F a 140 °F / -18 °C a 60 °C	
PODER	40 horas de batería, usando 4 baterías alcalinas AA. Apagado automático después de 15 mins de inactividad	
INDICADOR DE BATERIA BAJA	Luz LED constantemente ilumina, indicando una condición de batería baja	
PESO	1 lb 2 Oz / 500 g	

Fuente: Tyrefrigeracion

6. Válvula perforadora: También conocida como válvula roba gas, Figura 20. La aplicación de estas válvulas es evacuar el sistema en el cual se va realizar el proceso de recuperación y reciclaje. Para realizar la extracción se debe conectar esta válvula en la línea de flujo de refrigerante. Existen dos tipos de válvulas: atornilladas (A) y soldables (B). Al realizar la conexión se deben montar en un tramo de tubo recto y redondo como se muestra en la Figura 21. Una vez instaladas, se coloca la válvula de servicio, cuyo vástago en forma de punta de desarmador, encaja perfectamente en la cabeza de la aguja perforadora. Al girar el vástago en el sentido de las manecillas del reloj, la aguja perfora el tubo¹².

Figura 22. Válvulas perforadoras típicas (A) atornillada (B) soldable



Fuente: manual técnico valycontrol

¹² VALYCONTROL. Válvulas manuales. En: Manual técnico valycontrol. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p. 103.

Figura 23. Conexión de la válvula perforadora



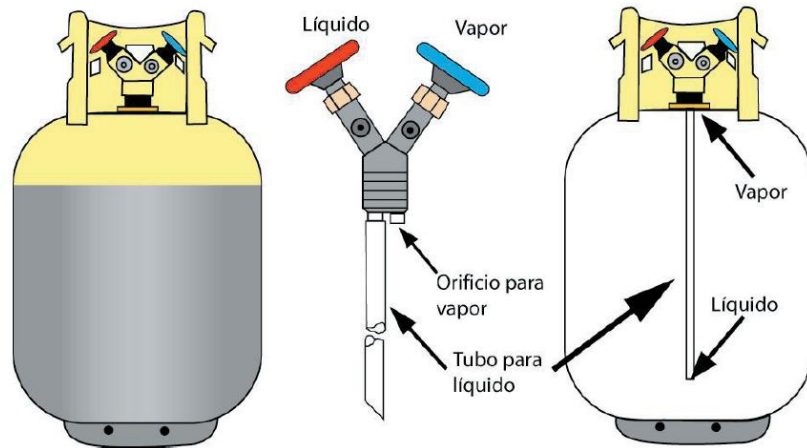
Fuente: Autores

7. Cilindro de recuperación: Estos cilindros deben cumplir con las especificaciones de DOT-4BA400 ¹³ y la ARI¹⁴ para garantizar la seguridad

¹³ DEPARTMENT OF TRANSPORTATION [Departamento de Transporte de los Estados Unidos]

del proceso de extracción y almacenamiento. Por convección la válvula de líquido es de color rojo y la válvula de vapor es de color azul como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Componentes de un cilindro para recuperar refrigerante




Fuente: buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado SEMARNAT

Existen cilindros de diferentes capacidades y tamaños. A continuación se presenta la tabla 11 que contiene las características principales:

¹⁴ THE AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE [Instituto de refrigeración y aire acondicionado]

Tabla 11. Cilindros de recuperación de 30 Lbs y 50 Lbs



Mastercool[®] Inc.

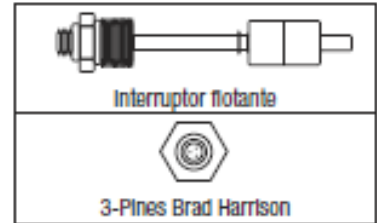
"World Class Quality"

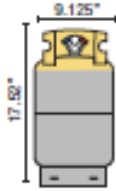
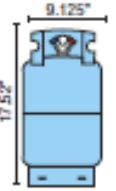


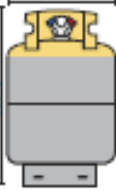

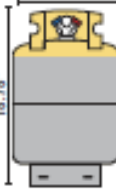





1 ASPEN DRIVE, RANDOLPH, NJ 07869
PHONE: 973-252-9119 / FAX: 973-252-2455
WEB: WWW.MASTERCOOL.COM

CILINDROS DE RECUPERACION 30 LBS. Y 50 LBS. APROBADOS POR DOT

Características:

- Cubiertos con pintura de polvo brillante y terminado de larga duración
- Válvula-Y para líquido/vapor
- Ofrece conector de 3/4"NPT para interruptor flotante para llenado a 80%
- Ofrece conector de 1/4" para válvula de purga de aire
- Diseño especial para fácil manejo
- Reusable y cumple con las especificaciones de DOT-4BA400 y los lineamientos de ARI
- Los cilindros están pre-cargados para asegurar un interior limpio y seco
- Para guardar o transportar gases refrigerantes recuperados
- Válvula e interruptor flotante UL



Modelo	30 lb.						50 lb.					
	9.125"		9.125"		9.125"		12.25"		12.25"		12.25"	
												
Modelo	62010 Sin Interruptor Flotante	62011 Con Interruptor flotante	62012 Con Interruptor flotante y Puerto NCG	64010 Sin Interruptor flotante	67010 Con Interruptor flotante	67011 Con Interruptor flotante	63010 Sin Interruptor Flotante	66010 Con Interruptor flotante	66010 Sin Interruptor Flotante	66011 Con Interruptor flotante	66012 Con Interruptor flotante y Puerto NCG	63010-AUS Sin Interruptor Flotante (Estándar Australiano)
Conexión	1/4" FL-M (7/16-20)			1/2" ACME			1/4" FL-M (7/16-20)			1/2" ACME		
Tamaño (a x a)	9.125" x 17.52"			9.125" x 17.52"			12.25" x 18.78"			12.25" x 18.78"		
Tara	17.99 LB			17.99 LB			28.71 LB			28.71 LB		
Especificación Estándar	DOT - 4BA400 CAN/CSA-B339-02			DOT - 4BA400 CAN/CSA-B339-02			DOT - 4BA400 CAN/CSA-B339-02			DOT - 4BA400 CAN/CSA-B339-02		
Capacidad Nominal de Agua	>26.2 LB / 11.9 L			>26.2 LB / 11.9 L			>47.7 LB / 21.6L			>47.7 LB / 21.6L		
Presión de Servicio	400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa		
Presión Prueba del Cilindro	800 PSI / 5.5 MPa			800 PSI / 5.5 MPa			800 PSI / 5.5 MPa			800 PSI / 5.5 MPa		
Presión Válvula de Escape	600 PSI / 4.1 MPa			600 PSI / 4.1 MPa			600 PSI / 4.1 MPa			600 PSI / 4.1 MPa		
Presión Prueba Salida de Aire	400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa			400 PSI / 2.7 MPa		
Materia	HP295			HP295			HP295			HP325 or HP345		
Color	amarillo/plomo			azul			amarillo/azul			amarillo/plomo		

Fuente: Mastercool

8. **Báscula**¹⁵: Es instrumento utilizado para determinar la cantidad de refrigerante recuperado en el proceso Figura 25. Es importante conocer el peso de los cilindros ya que un llenado por encima del 80% puede provocar una explosión violenta por no garantizar la expansión del líquido.

Figura 25. Balanza electrónica



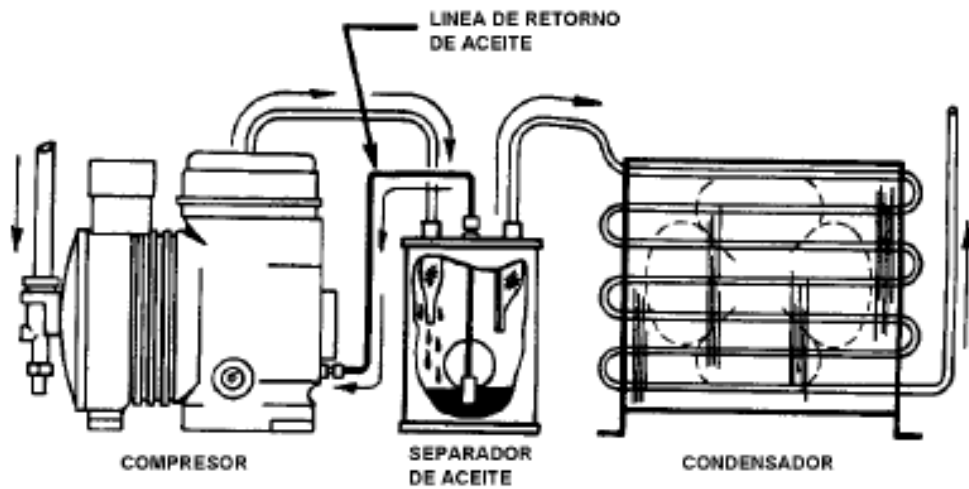
Fuente: <http://www.ispc.com.mx>

9. **Separador de aceite**¹⁶: El separador de aceite Figura 27,28,29 y 30 es un dispositivo diseñado para separar el aceite lubricante del refrigerante, antes que entre a otros componentes del sistema y regresarlo al cárter del compresor. El separador de aceite se instala en la línea de descarga, entre el compresor y el condensador, tal como se muestra en la Figura 26.

¹⁵ CALDERÓN HERNANDEZ, Marco Antonio. Herramientas. En: Manual de buenas prácticas en refrigeración. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.77.

¹⁶ VALYCONTROL. Válvulas manuales. En: Manual técnico valycontrol. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p. 41-42.

Figura 26. Ubicación de un separador de aceite en un sistema de Refrigeración



Fuente: Valycontrol

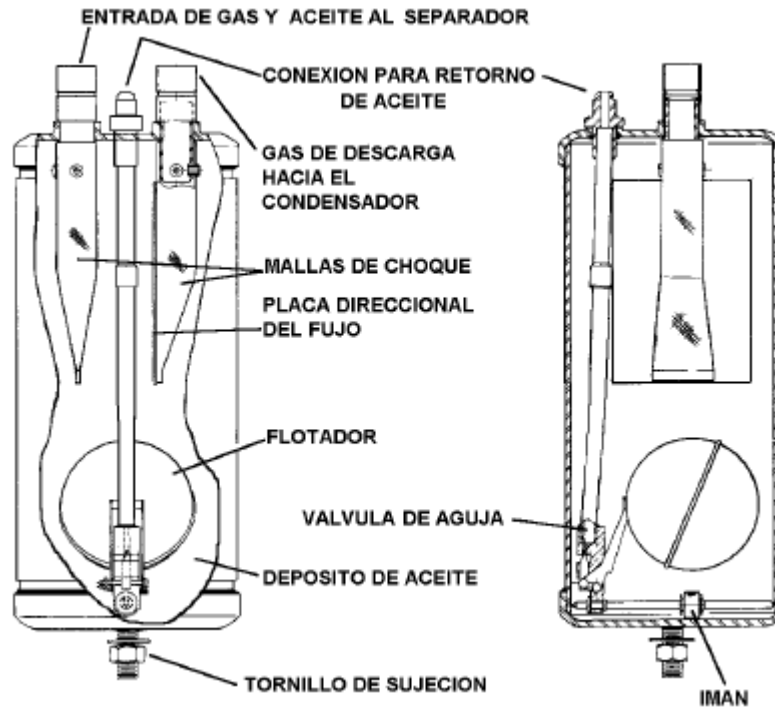
El aceite y el refrigerante en un sistema de refrigeración, forman una *mezcla*, la cual puede separarse por medios físicos, tal y como sucede mediante un separador de aceite.

Un separador de aceite depende de tres factores básicos para su operación:

1. Reducción de la velocidad del gas refrigerante.
2. Cambio de dirección del flujo del gas.
3. Superficie de choque a la cual se va a adherir el aceite.

Estos tres requerimientos básicos, son incorporados en el diseño de los separadores de aceite.

Figura 27. Partes internas de un separador de aceite



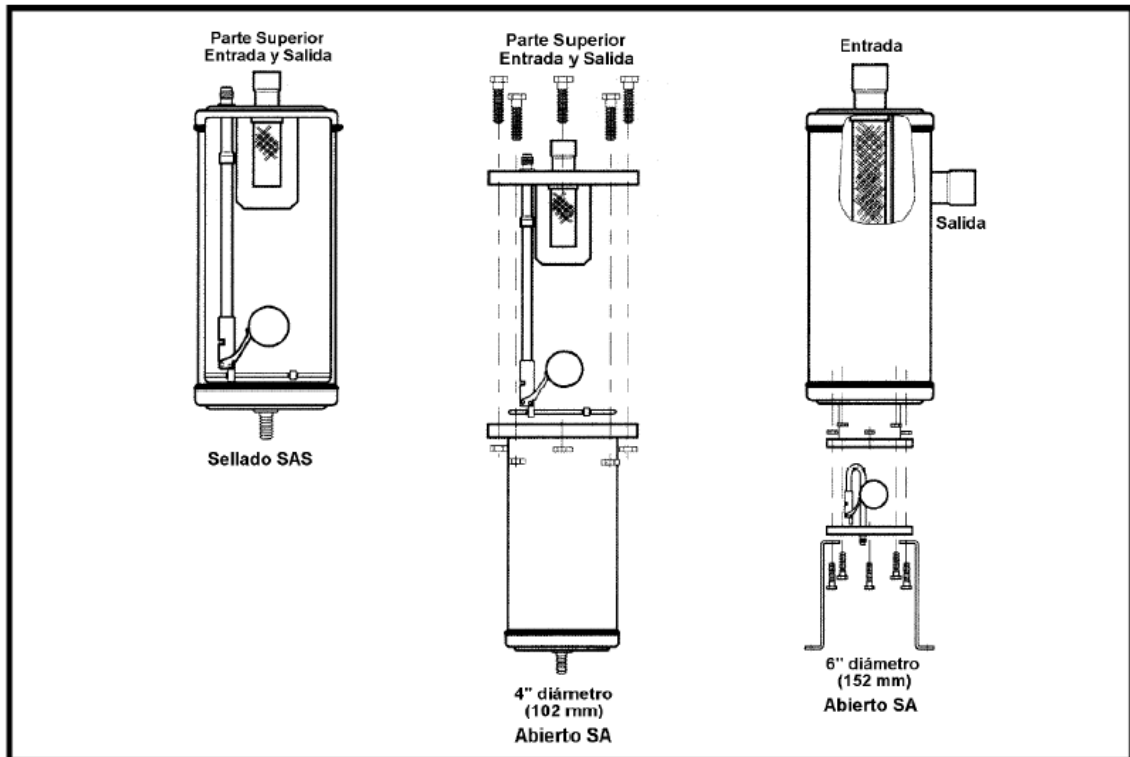
Fuente: Valycontrol

El gas de descarga sobrecalentado y cargado de aceite, sale del compresor a alta velocidad, y a través de la línea de descarga llega a la entrada del separador de aceite. Aquí, el refrigerante queda en estado gaseoso con un altísimo sobrecalentamiento y moviéndose a gran velocidad. El aceite tiene la misma velocidad pero en forma líquida, y como tiene mayor densidad que el refrigerante, su inercia también es mayor. Como el área de sección transversal de la cápsula del separador es mucho mayor que la del tubo de descarga, esto provoca una reducción en la velocidad del gas. Simultáneamente a esta reducción de velocidad, la mezcla de gas y aceite pasa a través de la malla de choque a la entrada, donde una parte del aceite es separado del gas refrigerante. Otro gran porcentaje del aceite se encuentra en forma de partículas más finas, las cuales sólo pueden ser removidas provocando que choquen unas con otras para formar partículas más pesadas. Esto sólo puede lograrse gracias al cambio de velocidad

que sufre la mezcla de aceite y gas refrigerante, y a que las partículas de aceite tienen mayor densidad que el gas refrigerante

El gas refrigerante una vez liberado de su alto contenido de aceite, fluye hacia abajo y hace un giro de 180° en U alrededor de la placa de choque, donde se separa aún más aceite debido a la fuerza centrífuga; ya que el gas refrigerante sobrecalentado puede cambiar de dirección más fácilmente, dejando abajo el aceite que es más pesado. Finalmente, el gas pasa a través de la malla de salida donde sufre una última depuración, antes de entrar a la línea de descarga, para luego recuperar su velocidad original debido a la reducción del diámetro. Una vez libre de aceite, el gas refrigerante sigue su paso hacia el condensador. El aceite separado escurre al fondo, donde se encuentra un depósito adecuado para acumularse, hasta que alcance un nivel suficiente para balancear el flotador y accionar la válvula de aguja, la cual permite el regreso del aceite al cárter del compresor. El flujo de aceite hacia el cárter, es provocado por la diferencia de presiones entre la alta presión del gas en el separador y la baja presión en el cárter. Siempre va a permanecer en el separador una pequeña cantidad de aceite, lo suficiente para que con otro poco que se acumule, se accione el mecanismo del flotador. De manera similar a como el aceite es separado del gas refrigerante, también se puede observar cómo cualquier partícula extraña, como rebabas de metal o carbón, son separadas y precipitadas en forma de lodo que se va acumulando en el fondo del separador de aceite. Algunos separadores de aceite, llevan además un imán en el fondo, para capturar las partículas metálico-ferrosas. La válvula de aguja operada por el flotador, está ubicada a cierta altura del fondo, para que sólo aceite limpio sea regresado al compresor.

Figura 28. Tipos de separadores de aceite



Fuente: Carly refrigeration & Climate Components Solutions

Figura 29. Separador de Aceite



Fuente: Frielectric

Figura 30. Separador de aceite en la UIS



Fuente: Autores

10. Filtro deshidratador¹⁷: Es un dispositivo que contiene material desecante y material filtrante para remover la humedad y otros contaminantes de un sistema de refrigeración, la figura 29 muestra algunos tipos de filtros deshidratadores. La aplicación de los desecantes en los sistemas de refrigeración, se hace encapsulándolos en unos dispositivos mecánicos llamados filtros deshidratadores. Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; y también, para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de refrigerante aceite. No debe haber ningún misterio asociado con la operación de un filtro deshidratador. Todas las funciones de diseño y compuestos que se integran para fabricar estos dispositivos, son conceptos claros y fáciles de entender.

¹⁷ VALYCONTROL. Filtros deshidratadores. En: Manual técnico valycontrol. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p. 9-10.

El uso de los filtros deshidratadores en los sistemas de refrigeración, es la mejor manera de proteger los componentes en el muy probable caso de que estos contaminantes estuvieran presentes en el sistema, ya que la válvula de termo expansión, el tubo capilar y el compresor, son los componentes más afectados por los contaminantes.

En el caso de la recuperación de refrigerantes el filtro deshidratador funciona para evitar la contaminación de los posibles agentes que no haya retenido el separador de aceite.

Tipos de Filtros Deshidratadores

Existen dos tipos de filtros deshidratadores: los que tienen el material desecante suelto, y los que tienen el desecante en forma de un bloque moldeado:

Filtros deshidratadores de desecantes sueltos, la carga de desecante se encuentra en su estado original en forma de gránulos, y generalmente, se encuentra compactada por algún medio de presión mecánica (como la de un resorte) entre dos discos de metal de malla fina, o entre cojincillos de fibra de vidrio. Generalmente se utiliza un solo desecante que puede ser sílica gel o tamiz molecular; aunque algunas veces se utiliza una combinación de ambos.

Figura 31. Sílica y bloques desecantes

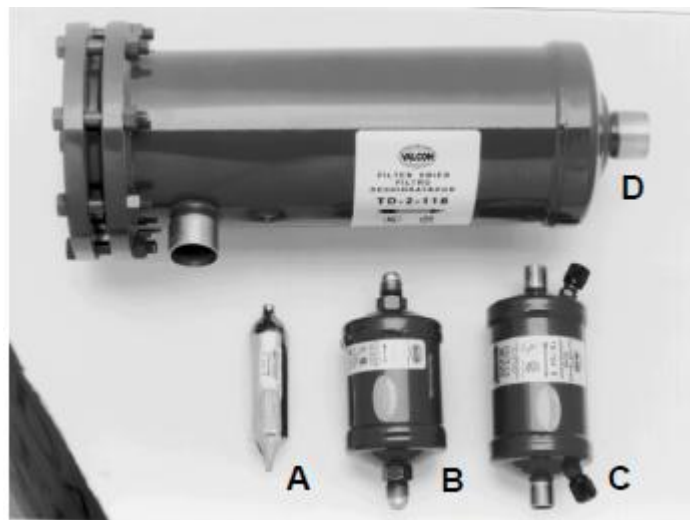


Fuente: Valycontrol

Filtros deshidratadores del tipo de bloque moldeado, el bloque es fabricado generalmente por una combinación de dos desecantes, uno con una gran capacidad de retención de agua y el otro con una gran capacidad de retención de ácidos. Las combinaciones de desecantes más comúnmente utilizadas en los filtros deshidratadores del tipo de bloque son: alúmina activada más sílica gel y alúmina activada más tamiz molecular.

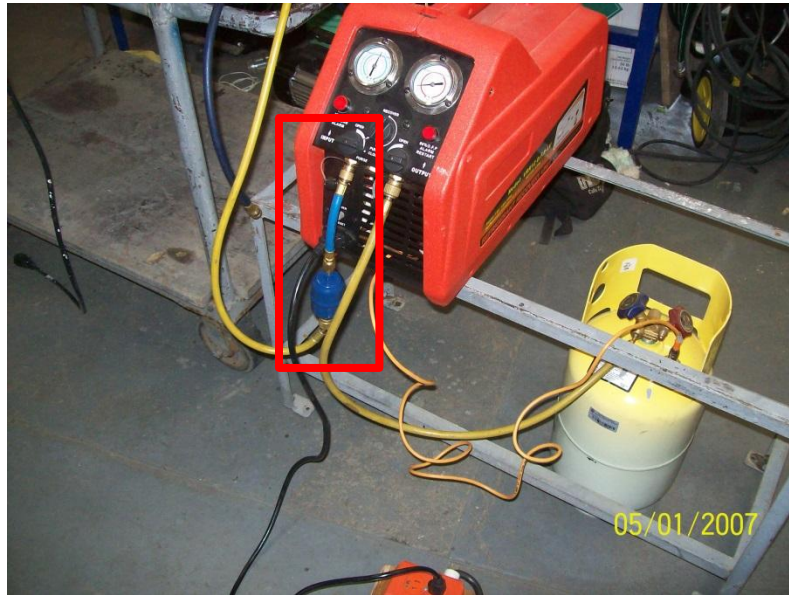
Tanto los filtros deshidratadores del tipo de desecante suelto y los del tipo de bloque, pueden ser desechables o recargables (figura 30). Los desechables son totalmente sellados, y una vez que cumplen con su función de filtración se saturan de humedad, se desechan y se instala uno nuevo en su lugar. Los filtros deshidratadores recargables están contruidos de tal forma, que se pueden destapar por uno de sus extremos para retirar el material desecante usado y limpiar los filtros, se coloca el desecante nuevo activado y se cierran

Figura 32. Diferentes tipos de filtros deshidratadores



Fuente: manual técnico valycontrol

Figura 33. Conexión filtro deshidratador a la entrada de la recuperadora



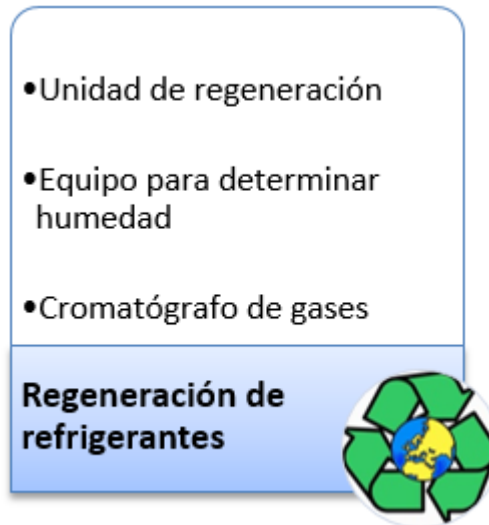
Fuente: Autores

11. Fichas de seguridad: La ficha de seguridad del refrigerante a tratar es indispensable antes, durante y después de la realización del proceso de recuperación del gas pues provee información útil y veraz para la prevención de accidentes y las indicaciones de cómo reaccionar ante una posible eventualidad, dentro de la información suministrada existen los siguientes ítems: identificación del producto químico, composición / identificación de la sustancia, identificación de riesgos, medidas de primeros auxilios, medidas para el combate de incendio, medidas en caso de fugas accidentales, manejo y almacenamiento, control por exposición / protección personal, propiedades físicas y químicas, estabilidad y reactividad, información toxicológica, información ecológica, información sobre desechos, información sobre transporte, información reglamentaria, información adicional.¹⁸

¹⁸ CABARRIA & COMPAÑIA S.A. Hoja de datos de seguridad refrigerante R-22. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 8p.

2.4.1.2 Equipos para la regeneración

Figura 34. Equipos para la regeneración



Fuente: Autores

Unidad de Regeneración:

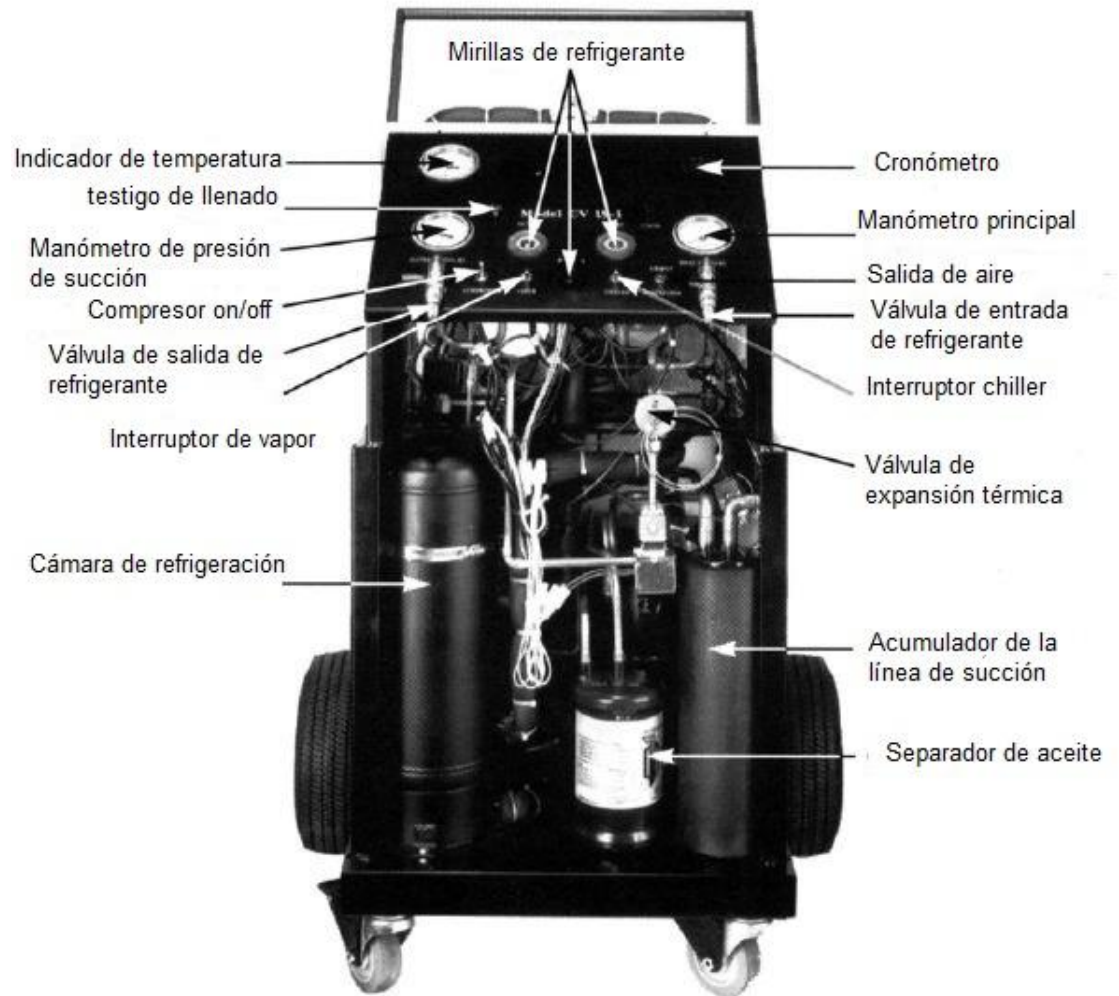
La unidad de regeneración Figura 35, proporciona la máxima separación de aceite, ácido, humedad y contaminantes del refrigerante a través de su método único de bombear el líquido refrigerante o vapor a alta velocidad y alta temperatura en la cámara de separación en la cual las partículas contaminantes caen al fondo.

Figura 35. Máquina para la regeneración de refrigerantes



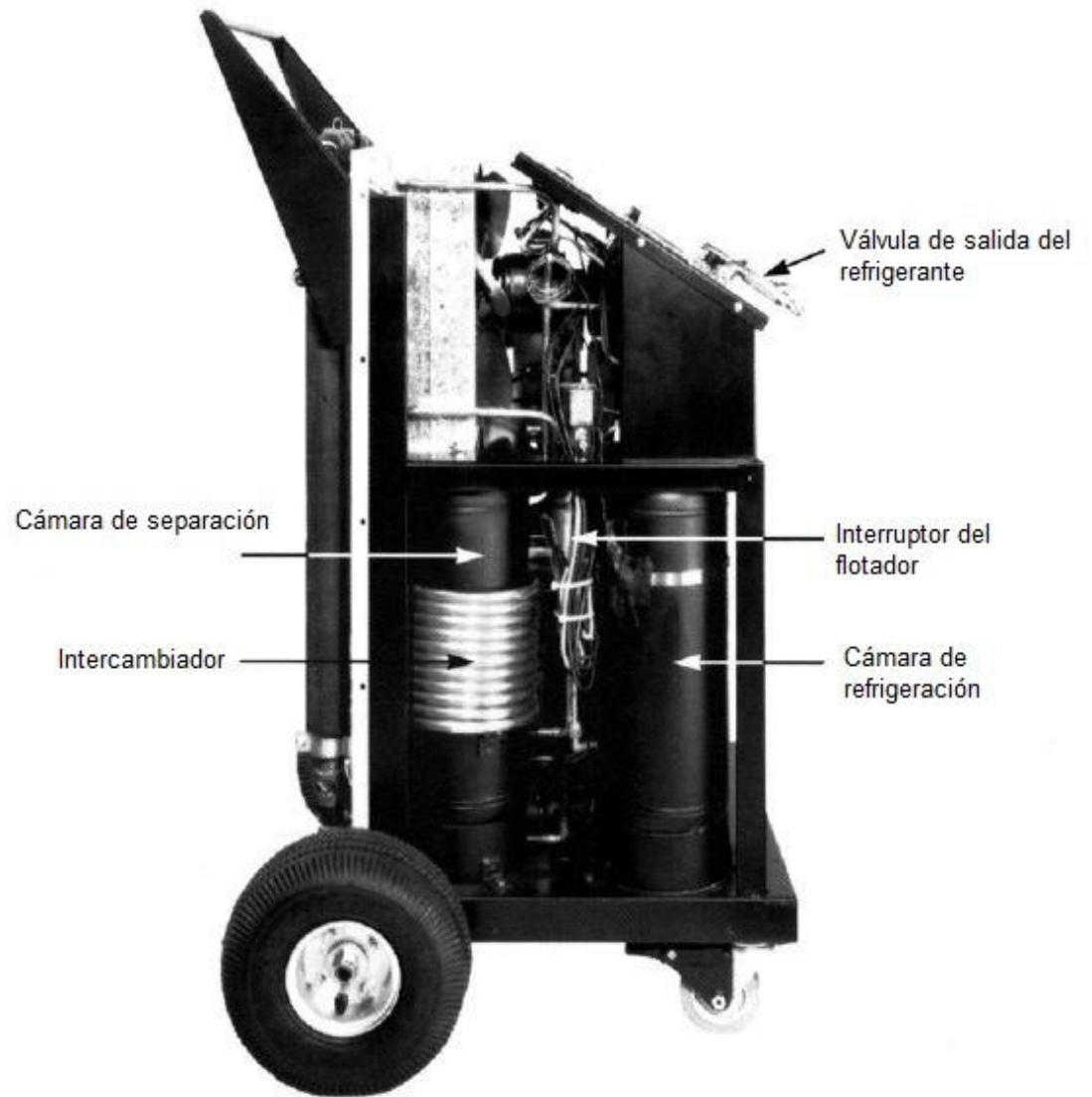
Fuente: Van Steenburgh

Figura 36. Componentes unidad de regeneración 1



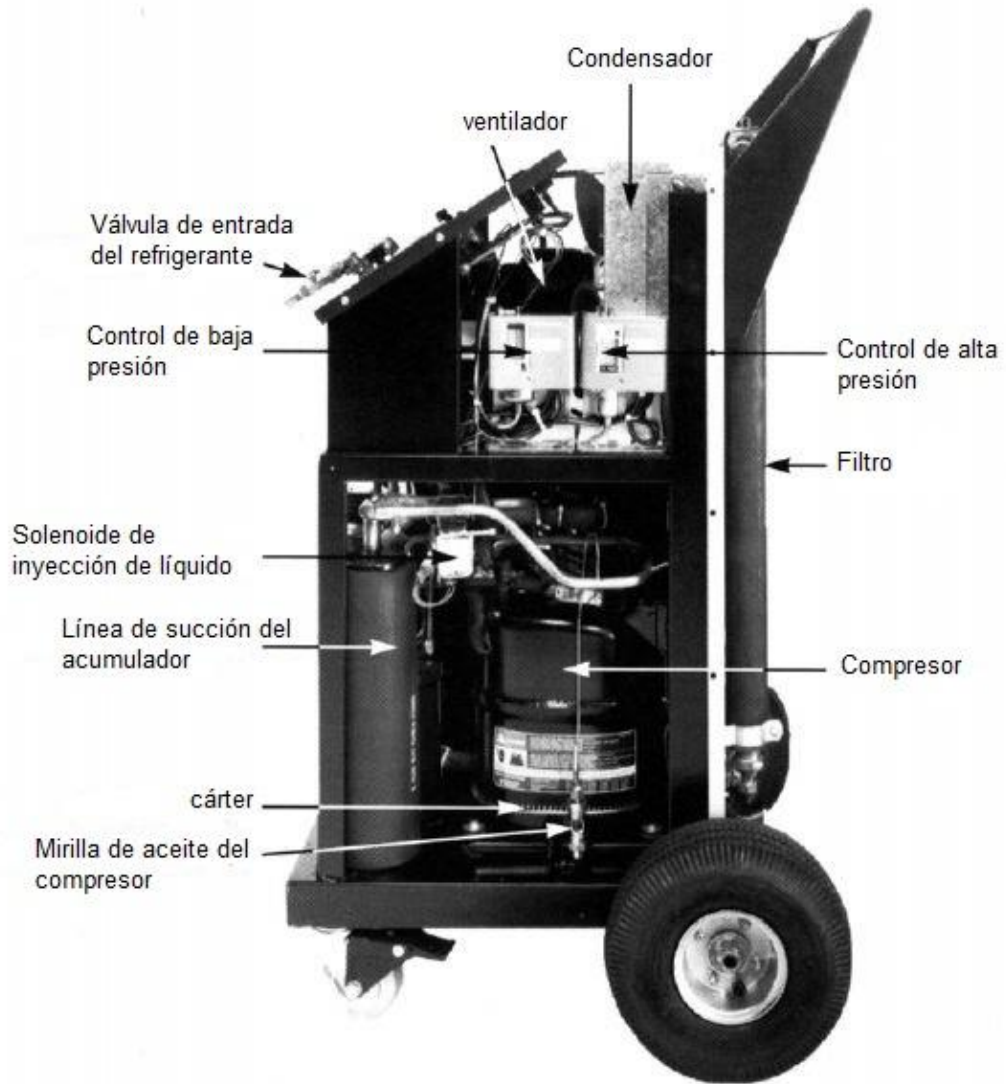
Fuente: Van Steenburgh

Figura 37. Componentes unidad de regeneración 2



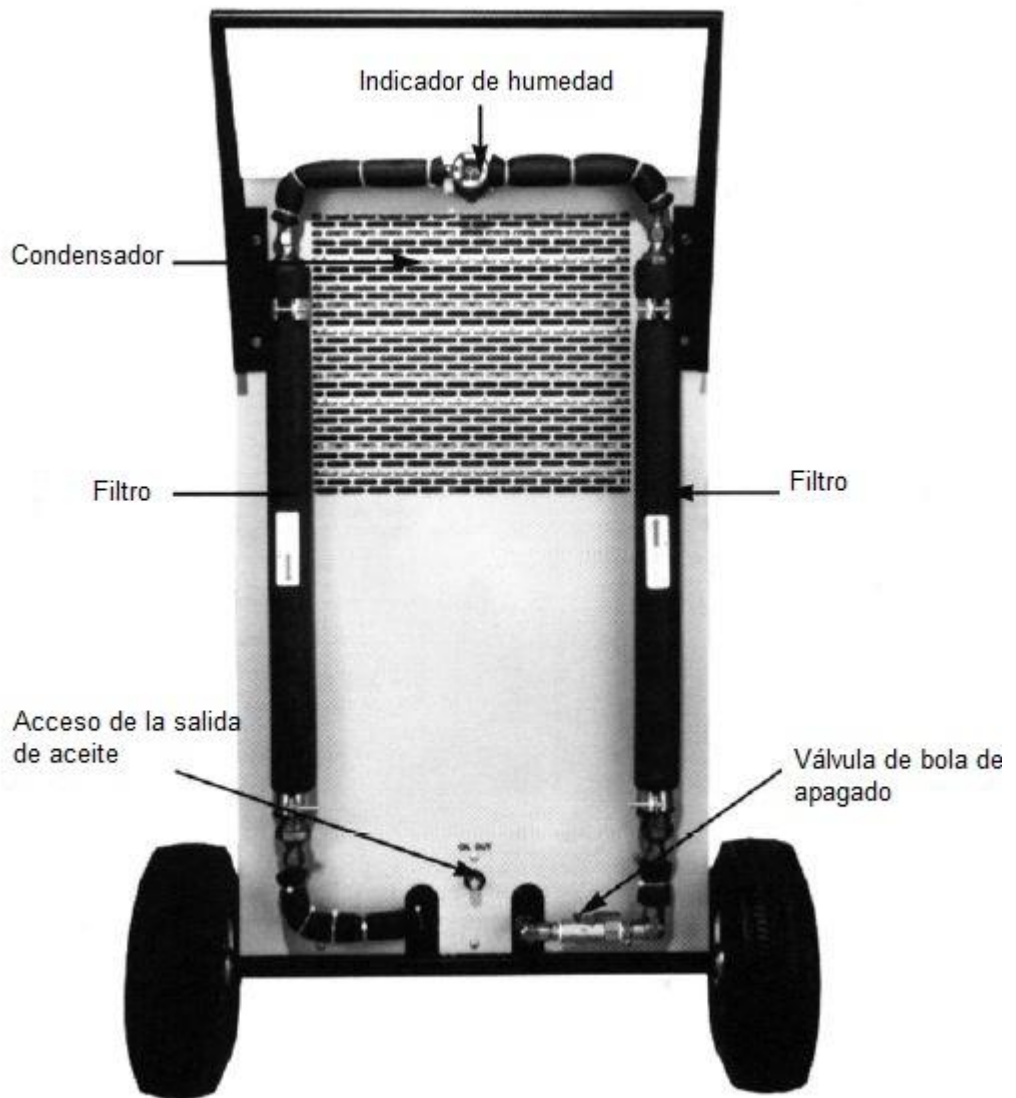
Fuente: Van Steenburgh

Figura 38. Componentes unidad de regeneración 3



Fuente: Van Steenburgh

Figura 39. Componentes unidad de regeneración 4



Fuente: Van Steenburgh

Figura 40. Tasas de recuperación y niveles de contaminantes unidad de regeneración

ARI-740 1993 Characteristics	Refrigerants				
	12	22	134a	500	502
Vapor Refrigerant Recovery Rate (VRR)	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4
Liquid Refrigerant Recovery Rate (LRR)	2.3	1.7	2.2	1.4	1.9
Final Recovery Vacuum (FRV)-in Hg.	15	15	15	15	15
Recycle Rate (RR)	.95	.95	1.29	.95	1.29

ARI-740 1993 Contaminant Levels	Refrigerants				
	12	22	134a	500	502
Moisture Content-ppm	3.6	13.1	7.0	3.6	6.5
Chloride Ions	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
Acidity-ppm	<0.1	0.03	<0.1	<0.1	<0.1
High Boiling Residue-% by Volume	0.005	.008	<.01	0.005	0.005
Particulates/Solid	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
Non Condensables-% By Volume	0.1	0.29	<.05	0.28	0.18

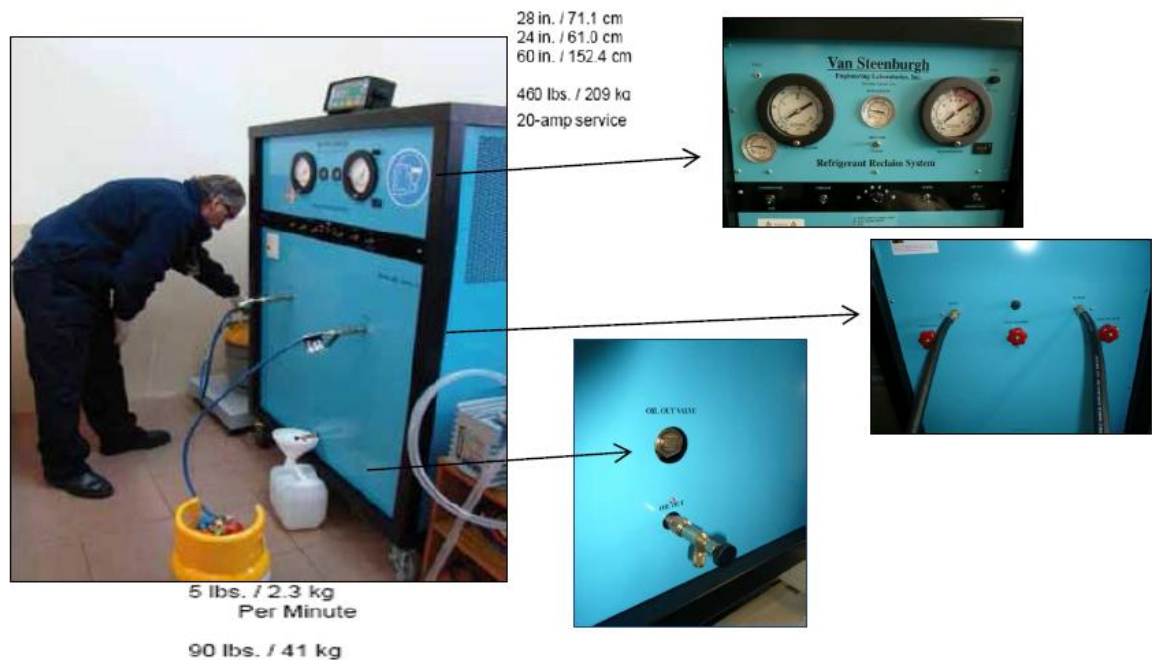
UL 1963 Purge Loss/Non Condensables – less than 5% by weight

Fuente: Van Steenburgh

Proceso de regeneración:

En el proceso de regeneración el refrigerante resultante debe ser totalmente indistinguible del virgen y se puede comercializar. El proceso de regeneración¹⁹ se describe y se muestra en la figura:

Figura 41. Proceso de regeneración de gases refrigerantes



Fuente: Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la universidad pontificia bolivariana

1. El refrigerante es admitido en el sistema ya sea gaseoso o líquido.

¹⁹ GONZÁLEZ RUIZ, Juan Diego. Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la universidad pontificia bolivariana. Trabajo de grado Magister en ingeniería ambiental. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Maestría en ingeniería ambiental. Escuela de ingeniería, 2012. p. 83-84.

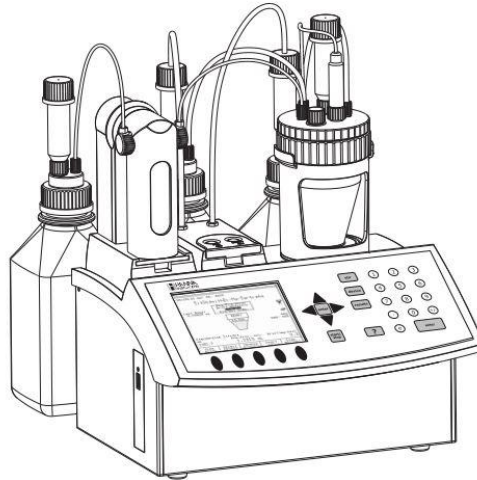
2. El refrigerante entra en una gran cámara única de separación donde la velocidad se reduce radicalmente, esto permite que el gas a alta temperatura se eleve. Durante esta fase, los contaminantes (astillas de cobre, carbón, aceite, ácido y otros) caen al fondo del separador para que se extraigan durante la operación de “salida” del aceite.
3. El gas destilado pasa al condensador enfriado por aire y cambia a líquido.
4. El líquido pasa a la(s) cámara(s) de depósito incorporada(s), donde se le baja la temperatura en aproximadamente unos 56°C (100°F) a una temperatura de subenfriamiento de 3°C a 4°C (38°F a 40°F), teniendo cuidado de que no se presenten derrames.
5. Un filtro secador reemplazable en el circuito elimina la humedad mientras continúa el proceso de limpieza para eliminar los contaminantes microscópicos.
6. Si se enfría el refrigerante, la transferencia puede facilitarse cuando se efectúa a cilindros externos que se encuentran a la temperatura ambiente, los cuales se encuentran sobre una balanza para verificar que no sobrepase el peso indicado de acuerdo al cilindro.

Equipo para la determinación de contenido de humedad karlfisher²⁰:

El equipo con valoración Karl Fischer permite la determinación de la humedad específica para el agua y se aplica para muestras con un gran contenido en humedad (análisis por volumetría) o con contenidos de agua dentro del margen ppm (coulométrica). La determinación de la humedad juega un papel importante en el proceso de regeneración pues se deben garantizar las condiciones iniciales de pureza del refrigerante.

²⁰ Determinación de la humedad con la valoración Karl Fischer [en línea]. Disponible en internet: <http://mx.mt.com/mx/es/home/supportive_content/application_editorials/Moisture_determination_by_Karl_Fischer_1.htm>

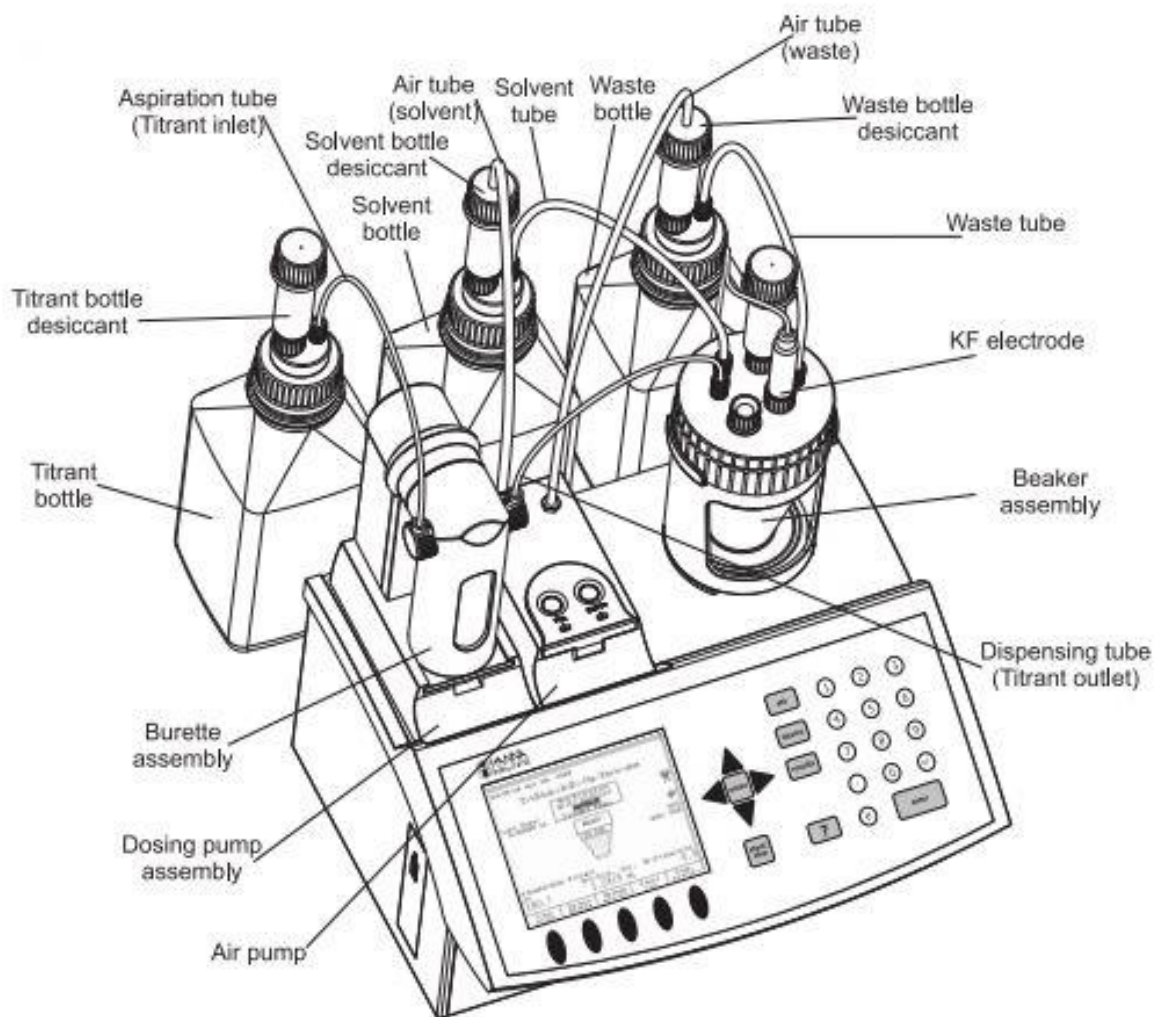
Figura 42. Equipo para determinar humedad



Fuente: hannainst

El método Karl Fischer se utiliza como método de referencia para numerosas sustancias. Se trata de un procedimiento de análisis químico basado en la oxidación de dióxido de azufre con yodo en una solución de hidróxido metílico. La valoración se puede realizar de forma volumétrica o coulométrica.

Figura 43. Componentes equipo para determinar humedad



Fuente: hannainst

Cromatógrafo de gases para la determinación de pureza y contenido de gases no condensables:

Figura 44. Cromatógrafo de gases SHIMADZU GC-2014

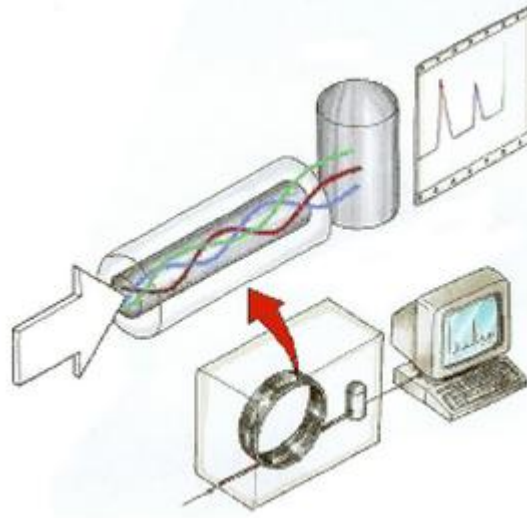


Fuente: JENCK S.A

Cromatógrafo de gases se usa para la determinación de pureza y contenido de gases no condensables. La cromatografía²¹ es una técnica para la separación de sustancias químicas que se basa en las diferencias en el comportamiento de partición entre una fase móvil que fluye y una fase estacionaria para separar los componentes en una mezcla. La muestra es transportada por una corriente de gas en movimiento a través de un tubo relleno con un sólido finamente dividido o pueden estar recubiertos con una película de un líquido.

²¹ Cromatografía de gases [en línea]. Disponible en internet: < http://hiq.linde-gas.com/international/web/lg/spg/like35lgspg.nsf/docbyalias/anal_gaschrom?opendocument&s_kwcid=TC|11088|cromatografia|S||24481305038&gclid=CluSsP6iiLcCFQHNOgodxmgArQ>

Figura 45. Cromatografía de gases



Fuente: linde

2.4.1.3 Equipos y tecnologías para la destrucción de refrigerantes

DESTRUCCIÓN DE GASES REFRIGERANTES

Cuando un refrigerante recuperado de equipos de refrigeración y aire acondicionado se encuentra contaminado o mezclado con otros refrigerantes, no es factible su reciclaje o regeneración y por lo tanto no se podrá volver a utilizar. La mejor opción para un refrigerante contaminado o mezclado es enviarlo a un proceso para su disposición final y destrucción. Actualmente existen muchas tecnologías para la destrucción de refrigerantes CFCs y HCFCs; estas tecnologías fueron evaluadas y aprobadas por el Panel de Evaluación Técnica y Económica (TEAP, por sus siglas en inglés) del Protocolo de Montreal.

Tabla 12. Tecnologías aprobadas por el TEAP para la destrucción de CFCs y HCHCs

Tecnología de destrucción de refrigerantes CFCs y HCFCs	Dictamen de la evaluación del TEAP
Eficacia de Destrucción y Eliminación	99.99%
Hornos de cemento	Aprobada
Incineración por inyección líquida	Aprobada
Oxidación de gases/humos	Aprobada
Craqueo en reactor	Aprobada
Incineración en horno rotatorio	Aprobada
Arco de plasma de argón	Aprobada
Plasma de radiofrecuencia inductivamente acoplado	Aprobada
Plasma de microondas	Aprobada
Arco de plasma de nitrógeno	Aprobada
Deshalogenación catalítica en fase gaseosa	Aprobada
Reactor de vapor supercalentado	Aprobada

Fuente: TEAP, del Protocolo de Montreal.

Tecnología para la incineración de residuos peligrosos²²:

Las operaciones llevadas a cabo en una planta incineradora de residuos se resumen en el siguiente gráfico:

Figura 46. Proceso general de incineración



Fuente: Tecnologías para la incineración de residuos peligrosos.

En él se distinguen cinco subsistemas que componen una planta de incineración:

- Recepción y pretratamiento de los residuos.
- Cámaras de combustión.
- Recuperación energía.
- Control de la contaminación.
- Manejo de residuos y cenizas.

La Ley exige a los sistemas de termodestrucción de residuos que tengan una cámara primaria o de combustión y una cámara secundaria o de post-combustión

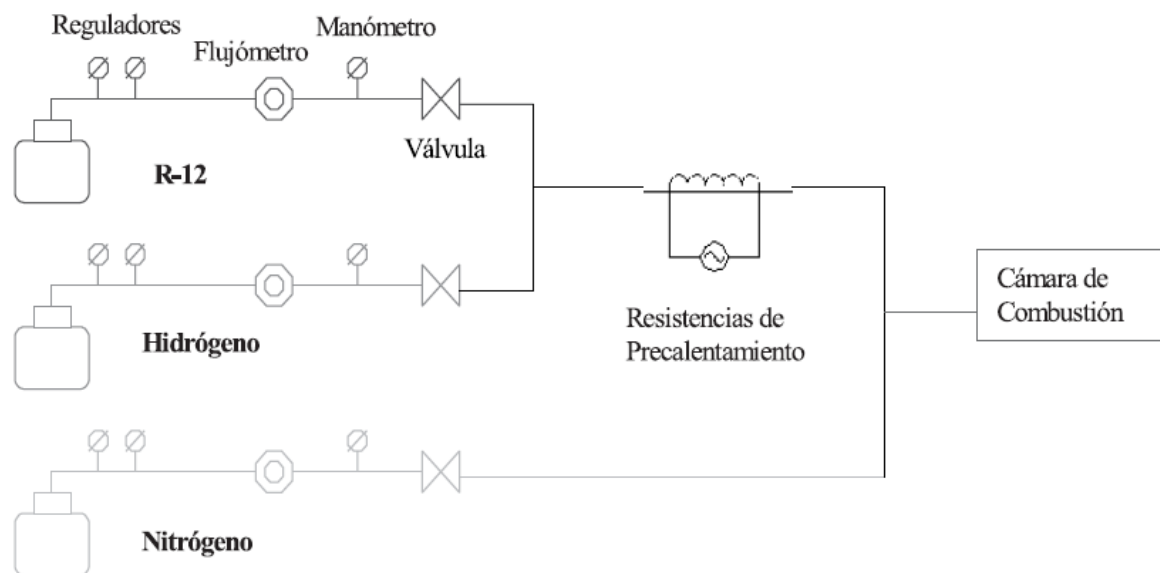
²² Tecnología para la incineración de residuos peligrosos [en línea]. Disponible en internet: < <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=1470f>>

para garantizar la ausencia de contaminantes en los gases o, al menos, una emisión de éstos inferior al límite legal.

Este tema presenta las características generales de los procesos que basan la destrucción de residuos peligrosos en la exposición de éstos a altas temperaturas.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de un prototipo destinado a incinerar R-12 con hidrógeno con control de la temperatura en la cámara de incineración construido en la universidad de los andes

Figura 47. Ilustración de la operación del incinerador de refrigerantes agotadores de la capa de ozono



Fuente: eliminación de refrigerantes agotadores de la capa de ozono por incineración- Universidad de los andes.

El inerte utilizado en el incinerador es nitrógeno, el cual tiene por finalidad realizar la purga de aire de las tuberías por donde circulará el hidrógeno y el refrigerante e inertizar la cámara de combustión asegurando que el hidrógeno y el aire no se

encuentren en concentraciones tales que puedan causar reacciones violentas. Tanto el hidrógeno como el R12 entran a la cámara de incineración a una presión de 11.7 psia y a temperatura ambiente²³.

Cámara de inyección de líquidos:

Junto con el horno rotatorio es el sistema más empleado en la incineración de residuos peligrosos. Consta de una cámara, normalmente cilíndrica, a la que se alimenta el residuo atomizado mediante inyección a través de unos quemadores y de igual modo entra el combustible suplementario en caso necesario. La atomización del residuo mejora la eficiencia en su destrucción pero condiciona la aplicación de este sistema a líquidos, lodos o suspensiones de baja viscosidad.

A veces es necesario un pretratamiento del residuo, para que pueda bombearse y atomizarse correctamente.

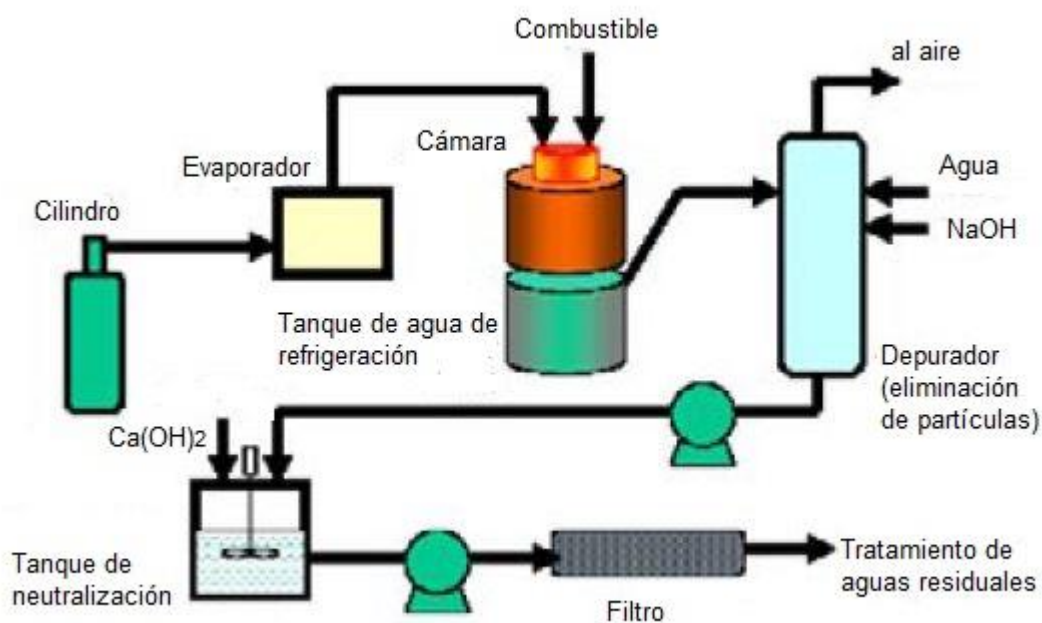
Puede atomizarse por medios mecánicos (25-450psi), a baja presión (1-10psi) o a alta presión (25-100psi).

La temperatura en el interior de la cámara es de 1000-1700°C y el tiempo de residencia va desde los milisegundos hasta 2,5 segundos.

La disposición de la cámara puede ser horizontal o vertical. Ésta última se usa con residuos de alto contenido en sales inorgánicas y cenizas fundibles.

²³ HUERTAS, Jose Ignacio; ACEVEDO, Helmer, y OCHOA, Carol. eliminación de refrigerantes agotadores de la capa de ozono por incineración. [s.l]: Universidad de los Andes, [s.f]. 6 p.

Figura 48. Cámara de inyección de líquidos



Fuente: TEAP, del Protocolo de Montreal.

Incinerador de horno rotatorio:

Es el sistema más usado en incineración de residuos peligrosos dada su gran flexibilidad al poder tratar sólidos, incluso contenedores metálicos, (lo cual es muy útil en el caso de residuos peligrosos), líquidos o gases.

Según la temperatura de trabajo podemos distinguir:

- Hornos que trabajan con cenizas sólidas, alcanzan $T=800-1000^{\circ}\text{C}$;
- Hornos que trabajan con cenizas fundidas $T>1000^{\circ}\text{C}$, a veces incluso alcanza los 1650°C . Llegan a superar el 100% exceso de aire.

Conectada a la descarga de gases del horno va la cámara de post-combustión o cámara de combustión secundaria en la que los gases que sólo alcanzaron la

Incineración por plasma:

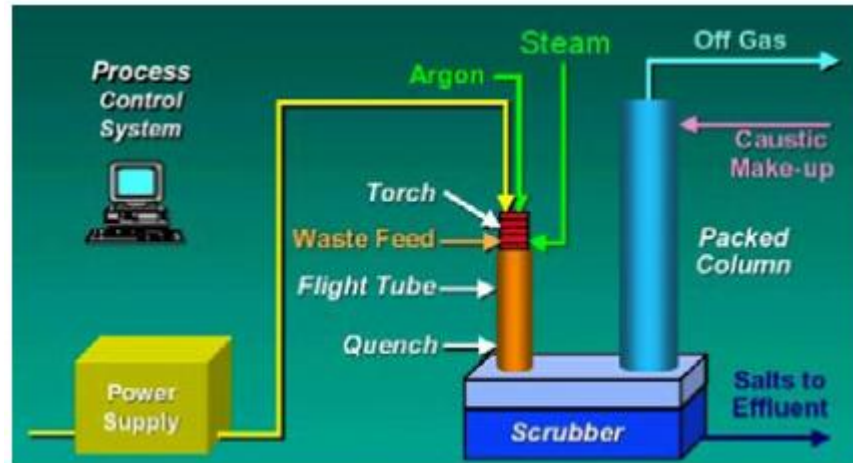
La incineración por plasma se considera un tratamiento definitivo. Con este método los elementos contaminantes quedan mayoritariamente atrapados en una red vítrea con lo que se reducen las emisiones gaseosas de partículas y la posibilidad de que se formen dioxinas.

En Física se entiende por plasma un gas altamente ionizado con baja densidad de partículas. Para generar este gas ionizado se hace pasar una determinada corriente eléctrica a través de un plasmógeno provocándose con ello el paso de las moléculas a estados atómicos ionizados. Una vez obtenido el plasma, que alcanza temperaturas de 5000 a 15000°C, el proceso de incineración, de forma general, consiste en inyectarle los residuos, el tiempo de residencia de éstos en él es muy bajo, 500µs (las altas temperaturas del arco del plasma se aseguran de que las reacciones sean muy rápidas, y esto permite tiempos cortos de residencia de y por ello el incinerador de plasma se puede hacer más pequeño que otros con rendimiento de procesamiento comparable) para ser así atomizados y pasarlos posteriormente a una cámara de reacción donde se recombinan formando moléculas sencillas: CO, HCl

El tiempo de residencia en esta cámara es de 1s. Después de enfriar la corriente con agua se filtra para eliminarle los sólidos y se introduce en una torre donde se eliminan los ácidos que contiene lavándola con producto cáustico antes de ser expulsados por la chimenea.

Se necesita menor cantidad de aire que en los procesos convencionales al ser un proceso pirolítico pero hay que aportar un plasmógeno (más caro que el aire) que dependerá de las características del residuo a tratar.

Figura 50. Arco de plasma de argón



Fuente: TEAP, del Protocolo de Montreal.

Oxidación húmeda:

Cuando se tienen residuos que por sus características especialmente tóxicas no son tratables con biológicos y que por estar muy diluidos tampoco son incinerables se puede recurrir a la oxidación húmeda a alta temperatura y presión.

Las principales ventajas de la oxidación en medio acuoso frente a una combustión tradicional radican en que se evita la formación de gases peligrosos, dañinos o tóxicos, como sucede en una combustión convencional (emanaciones de dióxido de azufre, monóxido de carbono, dioxinas, arrastre de metales pesados, entre otros); existe la posibilidad de procesar materiales húmedos sin afectar significativamente a la eficiencia del proceso.

Por otra parte, sin embargo, los procesos de oxidación húmeda trabajan a altas presiones, algunos incluso bajo condiciones supercríticas, lo que demanda mucha energía para comprimir el oxígeno. Por ello, internacionalmente se está buscando catalizadores adecuados que permitan una degradación completa de los residuos, bajo condiciones de temperatura y presión más tenues.

Hornos de cemento:

La gran temperatura que alcanza el horno de una cementera es fundamental, ya que a 1.500° C se destruyen completamente todos los compuestos orgánicos y las trazas de metales pesados se integran en la estructura del clínker, con enlaces químicos muy estables.

Además, en el horno de una planta de cemento hay una gran cantidad de cal, necesaria para la fabricación del cemento, y la cal es un material con gran poder de limpieza y filtración que neutraliza totalmente los gases ácidos. Alcanzan de 1450 a 1800 °C.

2.4.2 Fichas técnicas

Se presentan registros o información escrita mediante formatos y certificados para cada uno de los procesos de recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerantes.

Registros para recuperación y reciclaje:

Dentro del control en el proceso de recuperación y reciclaje se tienen 3 elementos claves: la orden de trabajo, informe técnico de servicio y las fichas de recuperación.

- ✓ **Orden de trabajo:** Una orden de trabajo es un formato donde se asigna una tarea específica aclarando las condiciones, los tiempos de entrega, los encargados, etc. la finalidad de este formato es tener un control durante el proceso de recuperación de refrigerante evitando confusiones entre los entes involucrados.

Figura 51. Orden de trabajo

 	ORDEN DE TRABAJO		CODIGO:	
			VERSION:	
		Pag.		
Número de la orden	Descripción	Equipo		
Solicitada por	Autorizada por	Fecha		
Tareas a Ejecutar				
Descripción de la tarea		Tiempo estimado	Tiempo real	
Firma del técnico encargado		Observaciones		

Fuente: Autores

- ✓ **Informe técnico de servicio:** El informe técnico de servicio es el formato que respalda que efectivamente se llevo a cabo el proceso de recuperación describiendo la capacidad del equipo, el tipo de refrigerante que se extrajo, la cantidad, el cilindro en el cual se envaso y contiene todos los insumos utilizados durante este proceso. Sirve de soporte ante organizaciones como la DIAN (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales) de Colombia, quien verifica que efectivamente se compraron y agotaron dichos insumos.

Figura 52. Informe técnico de servicio

	INFORME TÉCNICO DE SERVICIO		CODIGO: FRT.22
			VERSION: 02
Proceso Recursos Tecnológicos			Pag. 1 de 1
EQUIPO <input type="checkbox"/> DE VENTANA <input type="checkbox"/> SPLIT (PARED) <input type="checkbox"/> CENTRAL <input type="checkbox"/> SPLIT (CONSOLA TECHO)		Nº DE INVENTARIO ESTADO <input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/> FUERA DE SERVICIO	FECHA DE MANTENIMIENTO DD/MM/AAAA ENCARGADO USUARIO
FECHA DE ENTREGA DEL EQUIPO: DD/MM/AAA		EXT:	UBICACIÓN:
TIPO DE SOLICITUD: <input type="checkbox"/> NO SIMAT		Número de Solicitud:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO:			
CAPACIDAD <input type="checkbox"/> TON REF _____ <input type="checkbox"/> BTU/H _____	TIPO DE REFRIGERANTE A EXTRAER <input type="checkbox"/> R-12 <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> R-22 <input type="checkbox"/> R-134a	CANTIDAD DE REFRIGERANTE EXTRAÍDO <input type="checkbox"/> LB _____ <input type="checkbox"/> KG _____	ENVASE Nº DE CILINDRO _____ _____
USO DE REPUESTOS Y/O MATERIALES <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Técnico de Apoyo: OPCIONAL	
NOMBRE:		CANTIDAD	VALOR UNITARIO
OBSERVACIONES:		VISTO BUENO -----	
TIEMPO ESTIMADO DE MANTENIMIENTO:		TIEMPO UTILIZADO EN MANTENIMIENTO:	

Fuente: Autores



- ✓ **Ficha de recuperación:** Una vez culminado el proceso de extracción del refrigerante, existen dos posibilidades, una es la realización del proceso de regeneración y la otra es la destrucción del refrigerante. Para lograr este objetivo²⁴ actualmente, la UTO se encuentra iniciando la ejecución de un proyecto demostrativo piloto para la gestión integral de residuos de SAO, cuyo objetivo es el fortalecimiento de la capacidad nacional actual y potencial para atender la gestión integral de este tipo de residuos. Para la

²⁴ www.minambiente.gov.co

implementación del proyecto, se requerirá contar con cantidades de gases refrigerantes SAO para realizar las pruebas de quemado y las pruebas piloto de incineración de las sustancias en instalaciones de tratamiento térmico de residuos peligrosos. Aunque el proyecto está enfocado principalmente a la destrucción de CFC-11, CFC-12 y mezclas de CFC, se ha contemplado la posibilidad de incluir en una etapa final, la destrucción, a nivel piloto, de residuos de HCFC, HFC y mezclas de HCFC y HFC.

Por lo tanto, es muy importante suministrar al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la información detallada de las cantidades y tipo de residuos de SAO que actualmente se tiene almacenado para analizar la posibilidad de incluirlos en el proyecto. Por esto se hace necesario diligenciar el formato llamado ficha de recuperación mostrado a continuación.

Figura 53. Ficha de recuperación

 	FICHA DE RECUPERACIÓN		CODIGO:
			VERSION:
			Pag.
RESPONSABLE	EMPRESA	FECHA	
	LOCACIÓN	TELÉFONO	
DATOS DE RECUPERACIÓN			
ENVASE Nº	GAS RECUPERADO	PESO BRUTO APROXIMADO	DESTINO

Fuente: Autores

Registros para regeneración de refrigerante:

Una vez se realiza la regeneración de los gases refrigerantes, estos son sometidos a pruebas de laboratorio original de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ARI-700-2006 con la finalidad de garantizar las propiedades del producto y ponerse en venta nuevamente. Durante la realización de las pruebas se elabora un certificado de calidad como el mostrado en la figura:

Figura 54. Análisis a refrigerante según ARI 700

SGS **ORIGINAL**

ANALYSIS REPORT
SOT10-00506.001 Page 1 of 1

Client :
Order Number : OGCSH108161
Sample : R134A
Containers : 1x13.6kg cylinder
Sample No : SOT10-00506.001
Client Sample Id. :
Date Sampled : N/A
Date Received : 02/02/2010
Date Tested : 02/02/2010
Date Reported : 04/02/2010

The above sample was tested and the following results have been obtained:

Analysis	Unit	Method	Min	Max	Results
Gas Purity	%(m/m)	ARI 700C-2008	--	--	99.93
Moisture	%(m/m)	ARI 700C-2008	--	--	0.0005
Acidity	%(m/m)	ARI 700C-2008	--	--	Non detect
High Boiling Residue	%(V/V)	ARI 700C-2008	--	--	<0.01
Appearance		ARI 700C-2008	--	--	Bright & Clear

The above reflects our findings at time, date and place of above mentioned only and does not refer to any other matters.

Oil, Gas & Chemicals Services

1) Precision parameters apply in the determination of the above results. Also refer to ASTM D3244, IP 367 & Appendix E of IP Standard Methods for Analysis & Testing, for utilization of test data to determine conformance with specifications.
2) This report shall not be reproduced, except in full, without written approval of the laboratory.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

OGC:IF-010142.0R

Fuente: Oil, gas & chemical services

En este ejemplo se analizó una muestra de refrigerante R-134 A, donde se evaluó la pureza del gas, el contenido de humedad, la prueba de acidez y la prueba al punto de ebullición y la apariencia.

Registros para destrucción de refrigerante:

El último tratamiento que recibe un refrigerante es la destrucción. Para garantizar que realmente se llevó a cabo dicho proceso se entrega un acta de destrucción de refrigerante realizada en un centro especializado dando cumplimiento al plan nacional de eliminación.

2.4.3 Elementos de protección personal

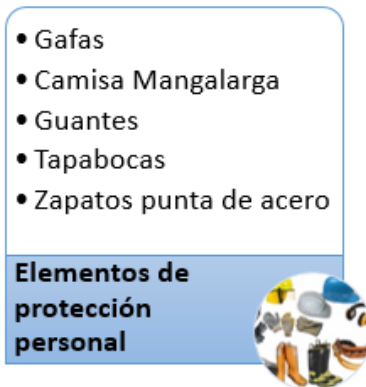
Para llevar a cabo los procedimientos de recuperación, reciclaje y regeneración se debe contar con elementos de protección personal para la garantizar la integridad del operario.

El Elemento de Protección Personal (EPP), es cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo²⁵. En el proceso de la recuperación y el reciclaje de refrigerantes los elementos de protección personal juegan un papel importante para la persona encargada dentro del laboratorio de sistemas térmicos, sus ventajas contemplan brindar una barrera ante un posible accidente y asegurar el resguardo de la integridad física del operario. Vale la pena destacar Recordar que un refrigerante líquido puede producir quemaduras por frío y puede contener contaminantes capaces de generar serias lesiones en las partes de contacto. Los gases del refrigerante pueden ser nocivos si se inhalan, y se debe evitar la absorción directa y se debe disponer

²⁵ UNIVERSIDAD DEL VALLE. Cartilla de elementos de protección personal [en línea]. 33p. Disponible en internet: < <http://saludocupacional.univalle.edu.co/CartillaEpp.pdf> >

siempre de ventilación para evitar accidentes. Para este caso se dividieron de la siguiente manera:

Figura 55. Elementos de protección personal



Fuente: Autores

- ✓ **Gafas:** los ojos se consideran una zona de alta sensibilidad y durante el proceso de recuperación se pueden presentar lesiones de tipo físicas, químicas o térmicas dependiendo del tipo de riesgo presente en el lugar de trabajo. Se debe tener presente el mantenimiento de los lentes limpiándolos periódicamente o después de cada sesión de trabajo, se fabrican en policarbonato para la resistencia al impacto de partículas solidas y algunos agentes químicos.

Figura 56. Lentes de Seguridad



Fuente: suministrosindustrialesrym

- ✓ **Camisa mangalarga:** El contacto del refrigerante líquido sobre la piel puede causar quemaduras por congelación, la cual se manifiesta por palidez o enrojecimiento, pérdida de sensibilidad o hinchazón. Se debe lavar la parte afectada con agua abundante durante 15 minutos²⁶. Por esta razón es indispensable cubrir las extremidades superiores durante el trabajo en el laboratorio de sistemas térmicos.

Figura 57. Camisa Mangalarga



Fuente: Buy & Sales

- ✓ **Guantes:** los guantes sirven de protección de los gases y líquidos refrigerantes durante la manipulación de los mismos. Los guantes se deben adquirir de la talla correcta, unos guantes demasiado estrechos pueden cortar la circulación o disminuir las propiedades aislantes.

²⁶ YAÑEZ, Gildardo. Riesgos y medidas de seguridad al trabajar con refrigerantes, equipos de refrigeración y aire acondicionado En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.54.

Figura 58. Guantes de Nitrilo



Fuente: Herlom Internacional

- ✓ **Tapabocas:** Inhalar una gran cantidad de vapores es peligroso y puede llegar a ser mortal. Exponerse a niveles elevados de fluorocarbonados por arriba de los permitidos puede ocasionar síntomas de asfixia, también es posible que se presente pérdida de coordinación sicomotriz, aumento del pulso cardiaco, sensibilización cardiaca, respiración más profunda o inconciencia²⁷. Para evitar estos riesgos se recomienda el uso de un tapabocas durante la fase de extracción, de igual manera se destaca que el sitio de trabajo debe poseer adecuada ventilación. Antes del uso se deben lavar bien las manos y se debe verificar que no existan agujeros o perforaciones.

²⁷ YAÑEZ, Gildardo. Riesgos y medidas de seguridad al trabajar con refrigerantes, equipos de refrigeración y aire acondicionado En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.53.

Figura 59. Uso del tapabocas



Fuente: Ferretería progresemos

- ✓ **Zapatos punta de acero:** el uso del calzado apropiado evita el deslizamiento dentro del lugar del trabajo por pisos lisos o húmedos, también ofrece protección a los pies ante posibles golpes y lesiones osteo-musculares, brinda estabilidad durante el periodo de trabajo.

Figura 60. Zapatos punta de acero

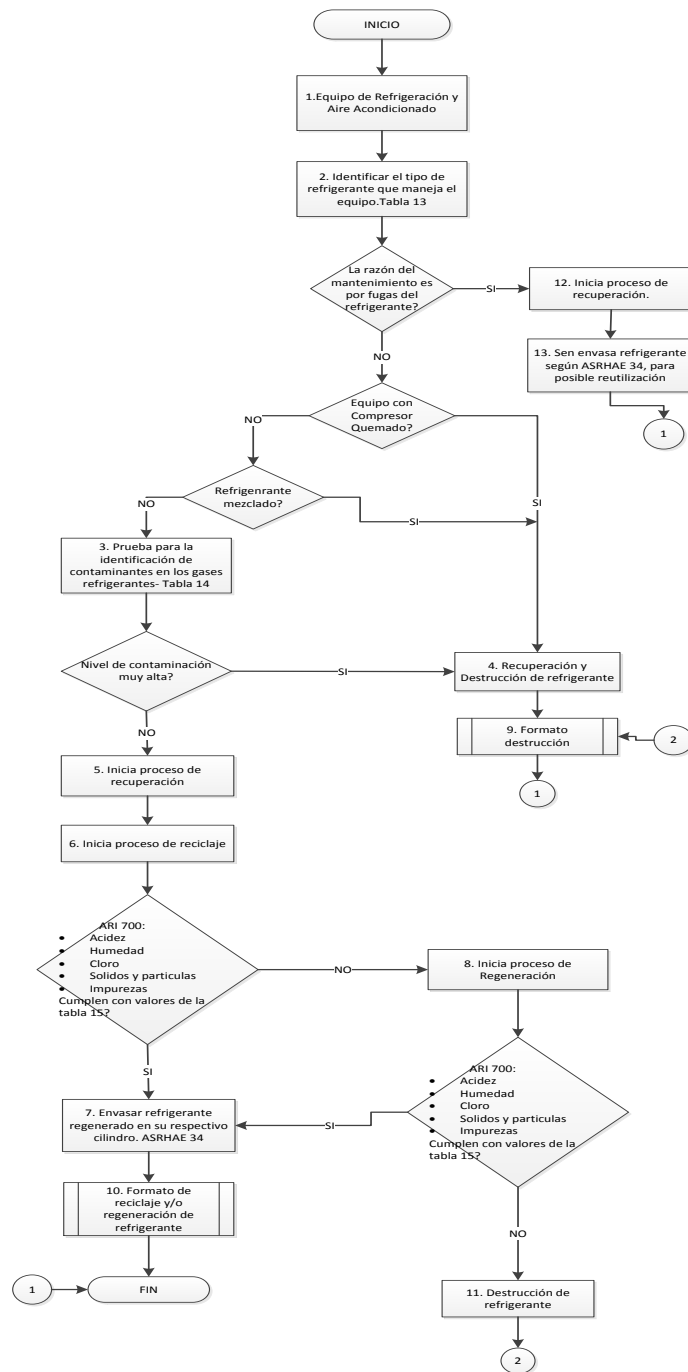


Fuente: Calzado JOVICAL

2.5 PRUEBA DE CONTAMINANTES DE LOS GASES REFRIGERANTES²⁸

Figura 61. Diagrama general procesos de recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de refrigerante

²⁸ GONZÁLEZ RUIZ, Juan Diego. Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la universidad pontificia bolivariana. Trabajo de grado Magister en ingeniería ambiental. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Maestría en ingeniería ambiental. Escuela de ingeniería, 2012. p. 84-89.



Fuente: Autores

1. Equipo de refrigeración y aire acondicionado con necesidad de extraer refrigerante.
2. Se determina el tipo de gas refrigerante para definir instrumentos a utilizar.

3. En la tabla 14 se resumen los métodos de análisis a realizar de acuerdo al contaminante a tratar.

Tabla 13. Formas de identificar un refrigerante

Forma	Descripción
Inspeccione físicamente el sistema	Revise la placa del sistema, donde se encuentra la información técnica entre la cual puede estar el tipo de refrigerante empleado. Esta información también se encuentra en las unidades manejadoras de algunos sistemas de refrigeración.
Inspeccione el Compresor	La unidad de compresión de los sistemas de refrigeración tiene una marquilla donde se especifica el tipo de refrigerante con el que opera el sistema.
Inspeccione la válvula de expansión	La válvula de expansión tiene información sobre el tipo de refrigerante con el cual trabaja.
Usar relación Presión -Temperatura	Si usted cuenta con los equipos necesarios (termómetros y medidores de presión) puede establecer la relación presión – temperatura del gas contenido, tenga en cuenta que estas mediciones deben hacerse al mismo tiempo y en los mismos puntos, comparando esta relación con las contenidas en las tablas para cada refrigerante puede llegar a determinar el tipo de refrigerante utilizado.

Fuente: Autores

Tabla 14. Métodos de análisis según contaminante

Contaminante	Refrigerante	Método de análisis
Agua	R-12 R-22 R-134a	Karl Fischer
Cloro	R-12	Precipitación cloruro de

	R-22 R-134a	plata
Acidez	R-12 R-22 R-134a	Titulación
Sólidos/ Partículas	R-12 R-22 R-134a	Medición gravimétrica y/o volumétrica e inspección visual
No condensables	R-12 R-22 R-134a	Inspección visual de partículas tubo de Goetz
Impurezas	R-12 R-22 R-134a	Cromatografía

Fuente: Autores

Tabla 15. Criterios de aceptación de la humedad

Refrigerante	Normal ppm por peso	Alerta ppm por peso	Critico ppm por peso
R-11	0-20	20-30	>30
R-12	0-20	20-25	>25
R-22	0-30	30-40	>40
R-113	0-20	20-30	>30

Estos valores están dados bajo criterios de un técnico. La ARI 700 no dice estos rangos.

R-114	0-20	20-25	>25
R-134a	0-20	20-25	>25
R-500	0-20	20-25	>25

Fuente: Autores

4. La destrucción de las gases refrigerantes se lleva a cabo cuando:
 - han sido mezclados con otros gases refrigerantes
 - falla del equipo por quema de compresor
 - presenta nivel de contaminación muy alto

Este proceso se podría realizar por incineración, plasma entre otros.

5. Proceso por el cual se retira el refrigerante en cualquier condición de un sistema y se deposita en un recipiente externo.
6. Proceso empleado para reducir los contaminantes que se encuentran en el refrigerante usado mediante la separación del aceite, la remoción de las sustancias no condensables y la utilización de filtros para reducir la humedad, la acidez y material particulado.
7. De acuerdo al tipo de refrigerante, se envasará según código de colores (ASRHAE 34).
8. Proceso que se aplica al refrigerante usado para que cumpla con las especificaciones de producto nuevo. Se debe verificar, por medio de un análisis químico, que el refrigerante regenerado si responde a las especificaciones propias de un refrigerante nuevo. Los valores máximos que debe presentar un gas refrigerante después de su regeneración se muestran en la tabla 15.

ARI 700: identificar los tipos contaminantes que contiene el refrigerante, para establecer su nivel de contaminación el cual varía para cada clase de refrigerante.

- **Prueba de contenido de agua:** La presencia de agua en los refrigerantes ocasiona la formación de otros contaminantes como ácidos orgánicos e inorgánicos, cloruro de cobre, entre otros; que afectan su desempeño en los equipos donde se emplean. A través del método de titulación coulométrico de Karl Fischer, se determina el contenido de agua en los gases en la fase líquida mediante la aplicación del reactivo Karl Fischer. El valor límite del contenido de agua se expresa en partes por millón (ppm) de peso y no debe exceder el máximo especificado en la norma.

La volumetría Karl Fischer se basa en la reacción redox del agua, el yodo y el dióxido de azufre. El solvente es normalmente una mezcla de metanol y una base orgánica débil (piridina, imidazol, etc), la base sirve para neutralizar los productos de reacción. En volumetría coulombimétrica, el yodo se genera en el ánodo en proporción directa a la cantidad de agua introducida, y el punto final se detecta con la primera aparición de Yodo (I_2) libre, la cantidad de analito se determina a partir de la corriente y el tiempo necesario para completar la valoración. El refrigerante adicionado se evapora, por lo que el solvente se puede usar repetidamente hasta que el dióxido de sulfuro (SO_2) o la solución de base se consuman.

- **Prueba de cloro:** indica la presencia de ácido clorhídrico o metales de cloro en los gases refrigerantes. La determinación cualitativa de cloro en los refrigerantes se basa en la precipitación de los aniones como cloruros de plata. El refrigerante se adiciona a una solución de nitrato de plata en metanol. La aparición de turbidez indica la presencia de cloro.

- **Prueba de acidez:** Los ácidos normalmente se generan cuando el refrigerante reacciona con el aceite o con el agua, a temperaturas elevadas, formando compuestos corrosivos que deterioran las partes metálicas del sistema de refrigeración. Esta prueba se realiza por el principio de titulación y el fin es detectar cualquier compuesto soluble en agua y cualquiera que ioniza como un ácido, siendo limitante para determinar el peso molecular de los ácidos orgánicos, el cual es identificado en los residuos al punto de ebullición. Esta prueba consiste en un análisis volumétrico, donde se mide el volumen de una disolución de concentración exactamente conocida que se necesita para reaccionar, de forma completa, con gas a analizar y el volumen gastado para llevar a cabo la valoración se determina por diferencia entre las lecturas final e inicial de la bureta.
- **Prueba de sólidos y partículas:** una cantidad determinada de gas se dispone en el Tubo Goetz bajo unas condiciones de temperatura controlada y las partículas o sólidos pueden ser determinadas por una examinación visual en el tubo Goetz antes de la evaporación del refrigerante y finalmente su cantidad se determina por el peso de los contaminantes. Estas partículas corresponden a limaduras, rebabas, gotas de soldadura, fundente, fragmentos de desgastes de piezas metálicas, fragmentos de sellos, virutas de hierro, arena de lija, productos de la degradación de aceite o productos de la degradación del equipo, entre otros.
- **Prueba de no condensables:** Son no condensables, las sustancias diferentes al refrigerante que al interior del sistema, no alcanzan una fase líquida. La prueba no condensable es un método en fase de vapor que consiste inicialmente en un aire que es acumulado en la fase de vapor del refrigerante, y luego es pasado a la fase líquida, donde la

solubilidad del aire en el refrigerante en la fase líquida es extremadamente bajo y no es significativo como contaminante en esta fase, pero a través de esta prueba se pueden identificar gases no condensables. Esta prueba se realiza en cromatografía de gases. Incluye gases como el oxígeno y el nitrógeno (aire), dióxido de carbono, argón y monóxido de carbono. Sin embargo, en las muestras de refrigerantes más comunes, el aire es el único no condensable presente en cantidades significativas y los otros gases no son analizados con frecuencia. Los refrigerantes de presión muy alta (R13, R23, R503) a menudo no contienen fase líquida y son analizados directamente.

Tabla 16. Niveles máximos de contaminación de los refrigerantes

Contaminantes	NIVELES MÁXIMOS DE CONTAMINACIÓN QUE PUEDEN TENER LOS GASES															
	R-11	R-12	R-13	R-22	R-23	R-113	R-114	R-123	R-134a	R-500	R-502	R-503	R-507	R-508A	R-508B	R-509
Contenido de humedad: ppm en peso de refrigerante puro	100	80	30	200	30	100	85	200	200	200	200	30	200	20	20	100
El contenido de partículas: ppm en peso de Refrigerante puro	80	80	N/A	80	N/A	80	80	80	80	80	80	N/A	80	N/A	N/A	80
Contenido de ácido: ppm en peso de Refrigerante Pure	500	100	N/A	500	N/A	400	200	500	100	100	100	N/A	100	N/A	N/A	100
Contenido de aceite, % en peso de Refrigerante puro de refrigerante puro	20	5	N/A	5	N/A	20	20	20	5	5	5	N/A	5	N/A	N/A	5
Viscosidad/Tipo	300/MO	150/MO	N/A	300/MO	N/A	300/MO	300/MO	300/MO	150/POE	150/MO	150/MO	N/A	150/POE	N/A	N/A	150/MO
Gases no condensables (Contenido de Aire), % en volumen	N/A	3	3	3	3	N/A	3	N/A	3	3	3	3	3	3	3	3

Contaminantes	R-401A	R-401B	R-401C	R-402A	R-402B	R-404A	R-406A	R-407A	R-407B	R-407C	R-407D	R-408A	R-409A	R-410A	R-411A	R-411B	R-412A
Contenido de humedad: ppm en peso de refrigerante puro	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
El contenido de partículas: ppm en peso de Refrigerante puro *	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Contenido de ácido: ppm en peso de Refrigerante Pure	200	200	200	200	200	500	200	500	500	500	500	200	200	500	200	200	200
Contenido de aceite, % en peso de Refrigerante puro de refrigerante puro	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Viscosidad/Tipo **	150/AB	150/AB	150/AB	150/AB	150/AB	150/POE	150/AB	150/POE	150/POE	150/POE	150/POE	150/MO	150/MO	150/POE	150/MO	150/MO	150/AB
Gases no condensables (Contenido de Aire), % en volumen	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

* ácido oleico 60% y ácido clorhídrico 40% sobre una base total.

** 3 POE = Poluoéster, AB = Alquilbenceno, MO = Mineral Oil.

N / A = No aplicable.

Fuente: Autores

9. Se lleva un control, un documento para el soporte de las cantidades, tipo y condiciones de refrigerante destruido.
10. Se lleva un control, un documento para el soporte de las cantidades, tipo y condiciones de refrigerante reciclado y regenerado.
11. Como el refrigerante no quedo en condiciones óptimas para reutilizar (valores máximos a los permitidos por la ARI 700), el refrigerante deberá ser destruido.
12. El refrigerante se encuentra en buenas condiciones. Por lo que puede ser reutilizado sin necesidad de someterlo a algún proceso. Solo se recupera.
13. El refrigerante recuperado es envasado según corresponda. ASRHAE

2.6 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE REFRIGERANTES²⁹

Al trabajar directamente con sustancias tales como refrigerantes fluorocarbonados, o en general cualquier tipo gas refrigerante, la persona en labor deberá seguir ciertas normas de seguridad, ya que estos presentan algún grado de toxicidad, posibilidad de un accidente, o por ejemplo como los vapores son generalmente mucho más pesados que el aire no se debe de trabajar en áreas cerradas, ya que si se tiene un derrame o una fuga grande de gas, va a inhibir la presencia de oxígeno.

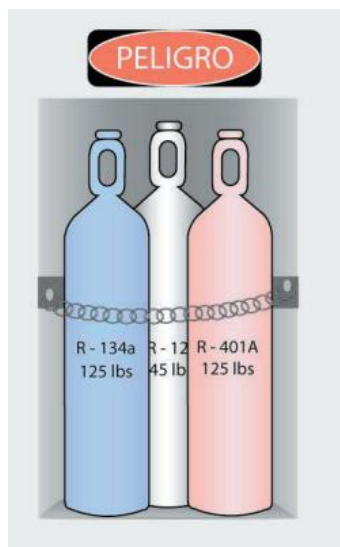
Por tanto se recomienda seguir ciertas recomendaciones cuando se trabaje con equipo para recuperar gas refrigerante:

- Asegurarse de contar con los elementos de protección personal y usarlos desde el principio correctamente hasta la finalización total del proceso.
- Utilizar cilindros para recuperar gas con la certificación DOT (Department Of Transportation). Estos cilindros se tienen que probar cada 5 años.
- Utilizar cilindros vacíos y con un vacío de al menos 1000 micrones para eliminar la humedad y los contaminantes dentro del cilindro.
- No debe cargarse el cilindro más allá del 80% de su capacidad. Si existe la posibilidad de que pueda estar expuesto a una temperatura mayor de 54° C (130° F), sólo debe llenarse hasta el 60% de su capacidad. Esta acción permitirá que el refrigerante se expanda cuando el cilindro se caliente.
- Si no se deja el espacio suficiente, cuando el refrigerante se expanda puede ocasionar que el cilindro explote.

²⁹ YAÑEZ, Gildardo. Recuperar, reciclar y regenerar un gas refrigerante. En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.116-118.

- Dependiendo del equipo para recuperar gas que se tenga, existen diferentes métodos para determinar que se llegó al 80% de su capacidad:
 - Se puede calcular utilizando una báscula.
 - Se puede hacer con un tanque con flotador integrado o conectarse al dispositivo de apagado (Shutoff) del tanque
- Debe tenerse cuidado de no dejar refrigerante líquido atrapado en las válvulas.
- No se deben de mezclar los refrigerantes.
- Se debe marcar el tipo del gas refrigerante contenido en el cilindro recuperador y, si se tienen varios, hay que etiquetarlos con nombre del gas que generalmente tienen.
- Los cilindros deben manejarse con cuidado. No azotarlos o golpearlos contra el piso. Siempre deben mantenerse en posición vertical. Amarrar o encadenar el tanque para evitar que se caiga. Nunca debe calentarse un cilindro con un soplete de flama abierta.

Figura 62. Almacenamiento seguro de tanques

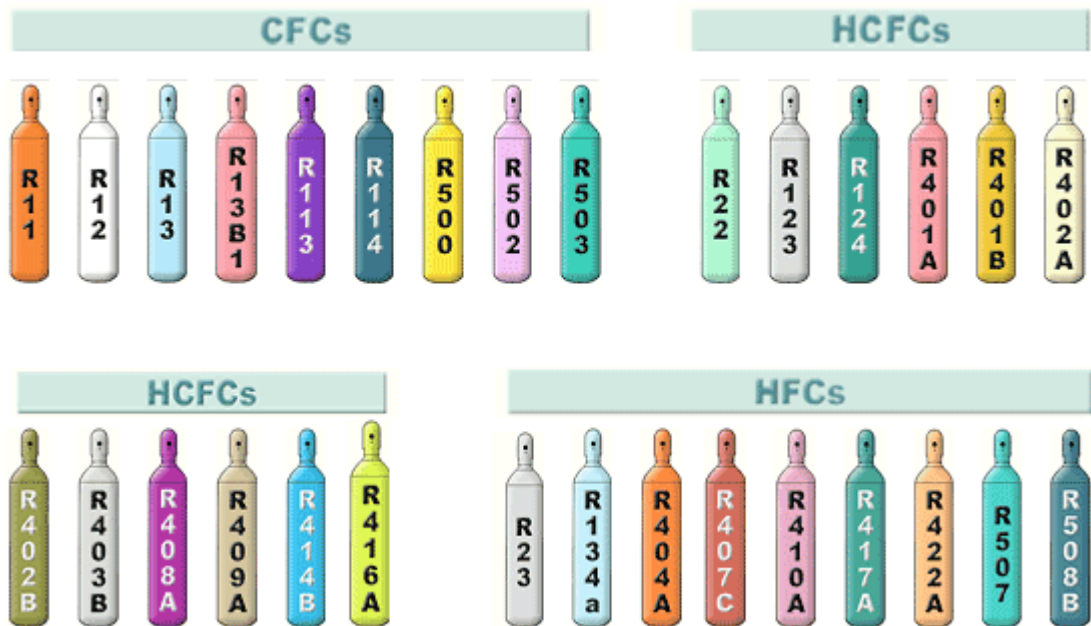


Fuente: Buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado SEMARNAT

2.6.1 Medidas de seguridad para el manejo y almacenamiento de gases refrigerantes³⁰

Los gases refrigerantes generalmente vienen envasados en cilindros metálicos desechables. Son de 1 Kg, 6.8 Kg, 13.6 Kg y 22.6 Kg. Estas presentaciones pueden variar según el tipo de gas refrigerante o según la especificación del fabricante. Los fabricantes de gases refrigerantes los envasan en cilindros de colores, según el código de colores de ARI (American Refrigeration Institute).

Figura 63. Colores asignados a los refrigerantes para identificación



Fuente: CEC.CCA.CCE

³⁰ YAÑEZ, Gildardo. Procedimientos, reglas y medidas de seguridad para el manejo, transporte y almacenamiento de gases refrigerantes. En: Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. p.76-81.

Tabla 17. Clasificación de cilindros por colores según la ARI

Refrigerante Num. AHSRAE	Color ARI (American Refrigeration Institute).
R-11	Anaranjado
R-12	Blanco
R-22	Verde claro
R-113	Morado (violeta)
R-114	Azul Oscuro (marino)
R-123	Azul Grisáceo Claro
R-124	Verde Intenso (Verde DOT)
R-125	Marrón Mediano (Tostado)
R-134a	Azul Celeste(Cielo)
R-401A	Rosa Claro
R-401B	Amarillo Oscuro
R-402A	Marrón Claro(Arena)
R-402B	Verde Amarronado (Oliva)
R-404A	Anaranjado
R-410A	Rosa
R-500	Amarillo

Fuente: <http://www.ari.org/std/standards.html>

Todos los cilindros utilizados por los CFCs están diseñados para poder contener las presiones generadas por el R-502, que es el refrigerante que tiene la presión más alta. Los cilindros desechables hechos para el R-502 deben de estar considerados para trabajar a una presión de servicio de 260 psi (Libras por pulgada cuadrada). La especificación DOT-39 estipula que los cilindros diseñados para soportar una presión de 260 psi, deben de ser probados a una presión de

fuga de 325 psi. Un cilindro de cada 1000 se presuriza hasta el punto de falla o de fuga.

Cada cilindro está equipado con un dispositivo o fusible de alta presión, que liberará o venteará el gas antes de llegar a la presión de ruptura. Existen dos versiones de cilindros aprobados bajo la especificación DOT-39. El más común es un disco de ruptura o disco fusible, generalmente soldado en la parte superior. Si la presión supera los 340 psi, este disco se romperá y el gas refrigerante será venteado a la atmósfera, previniendo una explosión del tanque.

El segundo diseño contiene un resorte de alivio integrado en el interior de la válvula del tanque. Cuando la presión interna supera los 340 psi, ocasiona que el resorte sea forzado a abrirse, venteando una parte del gas contenido en el cilindro, a través de la válvula.

La presión interna de los cilindros puede elevarse por diferentes razones, pero la principal es el calor. Cuando la temperatura se eleva, el refrigerante líquido se expande. A esta condición se le llama hidrostática. Cuando un cilindro alcanza esta condición, la presión interna se eleva rápidamente, aunque aumente ligeramente la temperatura del gas. Si el fusible de alivio no se abre, el cilindro puede explotar, ocasionando daños a los objetos cercanos, al técnico o, en el caso más grave, la muerte del técnico. No se debe de bloquear el fusible de venteo o de seguridad, o sobrecargar el cilindro. A continuación se mencionan las reglas de seguridad para el transporte de cilindros con gases refrigerantes.

- No golpear el cilindro, ni con suelo, ni con un martillo u otra herramienta.
- No calentar el cilindro con vapor o con un soplete de flama directa.
- No transportar el cilindro, cargándolo de la válvula.
- No tratar de reparar la válvula.
- No bloquear el disco de ruptura.

- No rellenar o recargar un cilindro desechable.
- Al abrir la válvula, hacerlo despacio y cerrar después de usarlo
- No utilizar cilindros oxidados o deteriorados.

3. DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE REFRIGERANTE PARA LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Para realizar el control de los residuos de refrigerantes provenientes de los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad Industrial de Santander, que contribuye a la preservación del medio ambiente, a las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado y al cumplimiento de la ley 29 de 1992 y al decreto 4741 de 2005. Se han considerado 3 alternativas, en las que se evalúo hasta que nivel dentro de los procesos se involucraría directamente la Universidad, para ello se consideraron factores económicos, técnicos, de capacidad y compromiso por cada ente involucrado directamente con este proyecto.

1. Implementar una pequeña planta de recuperación, reciclaje y regeneración de refrigerantes dentro de la Universidad con la finalidad de abarcar un mercado prestando dicho servicio a las empresas que manejan sustancias agotadoras de ozono.
2. Implementar un sistema de recuperación y reciclaje encargado hasta la fase de recuperación y almacenamiento dentro de la Universidad con disposición final a manos de terceros ya sea para su reutilización o destrucción.

3. Realizar una contratación externa que se encargue de toda la cadena de manejo y disposición de los residuos de refrigerante extraídos de los equipos dados de baja dentro del campus universitario.

3.1 ALTERNATIVA 1. IMPLEMENTAR UN SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN Y/O DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

3.1.1 Descripción

En esta alternativa se estudia la posibilidad de implementar una pequeña planta dentro de la Universidad Industrial de Santander en la que se realizarán los procesos de recuperación, reciclaje y regeneración o destrucción de sustancias agotadoras de ozono, para los requerimientos de la universidad y que pueda dar servicio a las empresas que manejan sustancias agotadoras de ozono dentro del área de influencia en Santander.

3.1.2 Aspectos técnicos

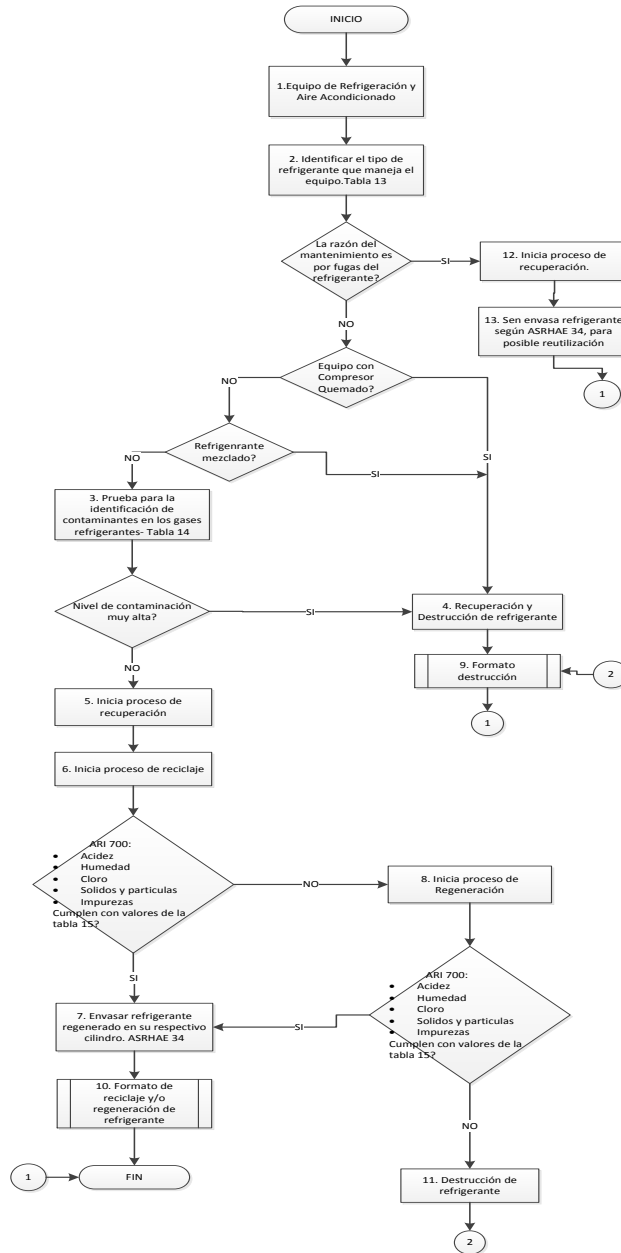
DIAGRAMA DEL PROCESO GENERAL

El siguiente diagrama, muestra la secuencia general de recuperación, reciclaje y regeneración y/o destrucción del refrigerante contenido en los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Para que una regeneración sea aceptada es decir, pueda darse por satisfecha debe cumplir con la Norma ARI 700 que busca

asegurar la calidad del fluido refrigerante presente en los sistemas de refrigeración cumpliendo especificaciones mínimas de calidad que deben ser siempre aseguradas por el fabricante del producto.

- **NORMA ARI 700:** estandariza las especificaciones de calidad para refrigerantes y es la principal referencia que orienta las exigencias de las industrias y de los demás usuarios de refrigerantes con relación a la calidad de ellos.

Figura 64. Proceso general Alternativa 1



Fuente: Autores

Cuando la sustancia refrigerante no se encuentra en buen estado, como por ejemplo proviene de un equipo con compresor quemado, este es llevado a un horno para su destrucción y así evitar que este quede libre en la atmosfera. El diagrama anterior nos dice que para poder llegar a comercializar un refrigerante

regenerado es necesario cumplir con la Norma ARI 700, además de haber realizado anteriormente los procesos de recuperación y reciclaje. Para poder entender de qué se trata cada proceso se explicaran a continuación.

- **El control de composición:**

Se basa en verificar los principales parámetros de calidad que cuentan con especificaciones adoptadas por la ARI para refrigerantes, tales como:

- ✓ Pureza
- ✓ Niveles de residuos máximos permitidos
- ✓ Humedad
- ✓ Gases no condensables
- ✓ Acidez

- **Reciclaje y Regeneración:**

Para el reciclaje eficaz de los refrigerantes recuperados se utiliza varias unidades de rectificación en columna de relleno de funcionamiento continuo, que permite separar el aceite, eliminar la humedad, partículas y acidez, así como separar los incondensables permitiendo obtener un producto en perfectas condiciones químicas para devolver al cliente, cumpliendo con las especificaciones ARI700.

- **Destrucción:**

La destrucción de gases refrigerantes se realiza mediante una combustión en horno a una temperatura de 1200 °C, después de esta primera combustión pasan a un depósito post combustión, el cual se encuentra también a una temperatura aproximada de 1200 °C, sufriendo así una segunda combustión completa. los vapores producidos contienen moléculas en estado fundamental las cuales se someten a un enfriamiento súbito mediante una corriente de nitrógeno solubilizándose a posteriori con agua, dando lugar a una formación de aguas

ácidas las cuales se neutralizan con sales minerales para su posterior tratamiento biológico.

La utilización de hidrógeno para la incineración es la más adecuada ya que asegura una alta eficiencia de destrucción. Adicionalmente se determinan las condiciones óptimas de operación (presión, temperatura y relación de flujos). La composición de los subproductos de combustión se determinó por cromatografía de gases con espectrometría de masas. Los resultados preliminares muestran que la disposición de los refrigerantes agotadores de la capa de ozono es técnicamente factible mediante incineración con hidrógeno. Se continúa trabajando en alternativas para disminuir los costos del proceso.

- **Análisis químico:**

Los residuos de HCFC y HFC que llegan procedentes de clientes se analizan en el laboratorio de Control de Calidad con el objetivo de estudiar la viabilidad en el proceso de regeneración o reciclado del producto. Este estudio de viabilidad comprende un análisis químico de pureza y composición del refrigerante, determinación del contenido de humedad y acidez presencia de incondensables así como el estudio de cloruros y residuo no volátil.

3.1.3 Estudio de viabilidad económica

Para el análisis económico en esta alternativa se tiene en cuenta factores como la situación a nivel nacional referente a los procesos considerados tales como la recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción; la capacidad inicial que

tendría la planta planteada de acuerdo a la cantidad y capacidad de equipos seleccionados y cotizados.

3.1.3.1 Mercado nacional

En Colombia no se cuenta con una planta para la regeneración y/o destrucción del refrigerante, actualmente, la UTO se encuentra adelantando el proceso de entrega de equipos para la puesta en marcha de cinco centros piloto de regeneración de refrigerantes a nivel nacional:

- Bogotá
- Medellín
- Cali
- Barranquilla
- Pereira

Los cuales contarán con licencia ambiental. En este caso, se podría esperar a que uno de estos centros piloto entre en funcionamiento, para regenerar la sustancia y luego poderla reutilizar.

Para el año del 2012 en Santander se recuperó y reciclo, según reporte técnico alrededor de 55 Kg de R-12 y 630 Kg de R22. Lo que puede representar para la Universidad Industrial De Santander una ventaja, ya que sería pionera en el negocio de la regeneración y/o destrucción de refrigerantes en la región de los Santanderes.

3.1.3.2 Estudio de planta

Con el objetivo de poder definir la mejor situación posible para la planta se evalúa la cantidad de residuos de refrigerantes generados tanto por la universidad, así como en el país, procesos a implementar y los equipos a adquirir.

Residuos generados por la Universidad: con base en un seguimiento realizado a los equipos de refrigeración y aire acondicionado dados de baja y sometidos a alguna labor de mantenimiento por la División de Mantenimiento Tecnológico realizado en el año 2012, tenemos:

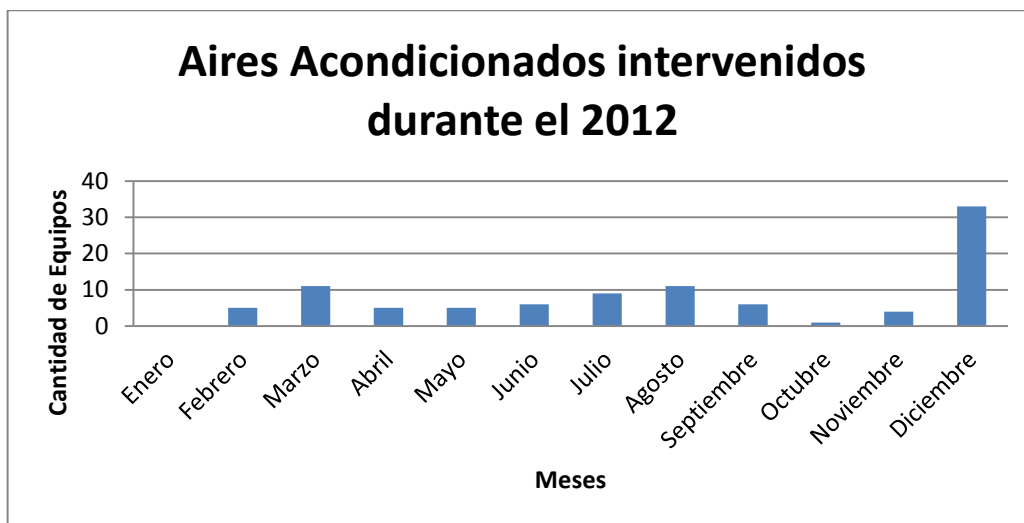
Tabla 18. Equipos intervenidos por DMT año 2012:

MES	NÚMERO DE EQUIPOS INTERVENIDOS
Enero	0
Febrero	5
Marzo	11
Abril	5
Mayo	5
Junio	6
Julio	9
Agosto	11
Septiembre	6
Octubre	1
Noviembre	4
Diciembre	33

Fuente: División de Mantenimiento Tecnológico

Se presenta un promedio mensual de equipos intervenidos de: 8 (dato utilizado para estudiar las necesidades de la Universidad, en cada una de las alternativas).

Figura 65. Estadística de aires intervenidos en la UIS



Fuente: Autores

Nota: los datos utilizados para la tabla anterior fueron tomados del sistema – órdenes de trabajo y memorandos de solicitud de servicio, generados en el año 2012, falta mencionar que actualmente la universidad cuenta con aproximadamente 508 equipos de refrigeración y aire acondicionado. Información suministrada por la División de Mantenimiento Tecnológico.

Tomando como promedio mensual 8 equipos de refrigeración y aire acondicionado totales intervenidos por la división de mantenimiento tecnológico de la universidad y un promedio por equipo de 1 Kg de refrigerante extraído, se tiene lo siguiente:

Tabla 19. Resumen de equipos intervenidos por la UIS

Equipos Internenidos / mes	Kg refrigerante/ Equipo	Total Kg de refrigernte/mes
8	1	8

Fuente: Autores

- Residuos generados en el país³¹

Sector Refrigeración y Aire Acondicionado: Este sector fue considerado como el más importante, desde el punto de vista del consumo de SAO en Colombia en la actualización del Programa País. Para el año 2002, el consumo de CFC en este sector estaba distribuido de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 20. Consumo de CFC en Colombia para el 2002

Sector	Consumo de CFC (Ton) en servicio	Consumo de CFC (Ton) en Manufactura
Refrigeración Comercial	736.20	45.00
Refrigeración Doméstica	97.10	0.00
Aire Acondicionado Móvil	16.50	0.00
Chillers	2.25	0.00
Total	852.05	45.00

Fuente: Consultorías del PP 2002-UTO

Para calcular la recepción de residuos anuales a tratar en la planta de recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción, se indagó en dos aspectos; el primero tiene que ver con el consumo de sustancias Hidroclorofluorcarbonadas, HCFCs en Colombia durante el 2002 hasta el 2008, y con proyecciones de consumo hasta el 2012, los resultados se presentaron en el documento soportado

³¹ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Colombia en el protocolo. Programa país. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1289&conID=7834> >

por la UNDP³², con título del proyecto “Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia” que constituye la primera fase de la estrategia nacional de Colombia para la eliminación de los HCFCs y resultará en la eliminación del consumo de HCFCs en la manufactura de neveras en Colombia para el año 2012.

El consumo de los HCFCs en Colombia, en toneladas métricas de sustancia, es ilustrado en la siguiente tabla:

Tabla 21 Consumo histórico de HCFCs en Colombia (Toneladas métricas)

Sustancia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
HCFC-22	640	875	915	1.028	1.147	855	1.221
HCFC-141b	492	508	593	857	872	1.432	1.250
HCFC-142b	0	73	119	0	0	1	1
HCFC-123	0	0	21	64	78	77	74
Otros	27	20	0	0	0	2	0
TOTAL	1.160	1.476	1.648	1.949	2.097	2.367	2.546

Fuente: Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia.

Tabla 22. Crecimiento estimado del consumo de HCFCs en Colombia (Toneladas métricas)

Sustancia	2008	2009	2010	2011	2012
HCFC-22	1.221	1.034	1.179	1.344	1.532
HCFC-141b	1.250	1.059	1.207	1.376	1.569
HCFC-142b	1	1	1	1	1
HCFC-123	74	62	71	81	92
Otros	0	0	0	0	0
TOTAL	2.546	2.157	2.459	2.803	3.195

³² UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME [Programa de las naciones unidas para el desarrollo]

Fuente: Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia.

Se realizó una síntesis de los datos para obtener el valor del consumo de las sustancias HCFC-22, HCFC-141b, HCFC-142b, HCHC-123 y se calculó un total de 2168,8 Kg sacando el promedio desde el 2002 hasta el 2012.

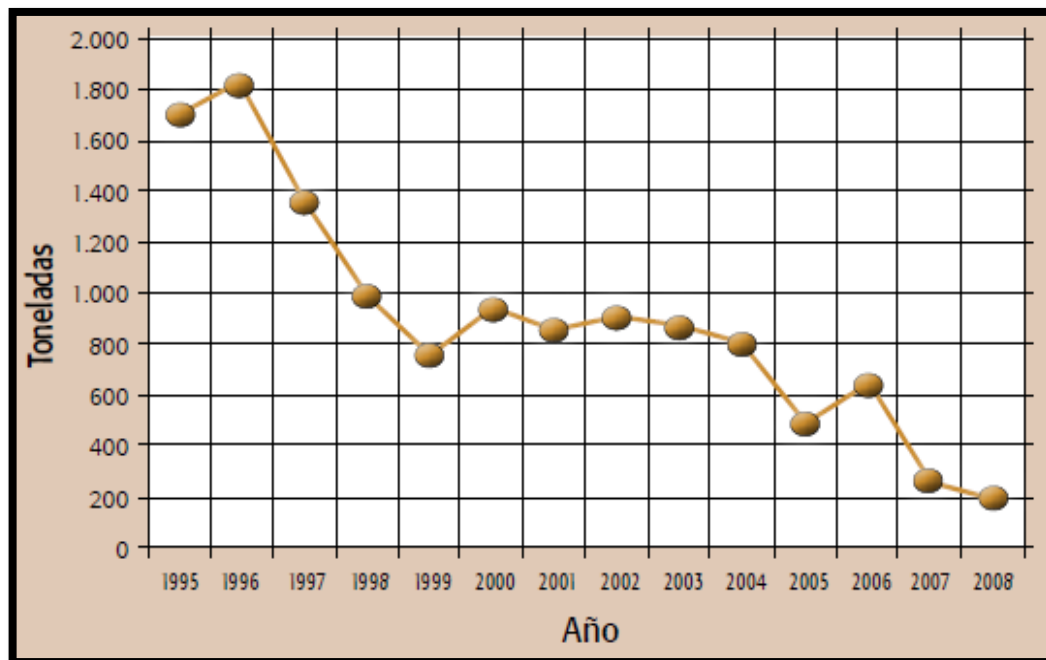
Tabla 23. Consumo en Kg de HCFCs

año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total en toneladas
total	1,16	1,476	1,648	1,949	2,097	2,367	2,546	2,157	2,459	2,803	3,195	2,17
												Total en Kg
												2168,8

Fuente: Autores

El segundo aspecto que se indagó para el cálculo de residuos a tratar en la planta se basó en los datos soportados por el boletín de ozono No. 20, abril de 2009 con título “Lanzamiento del proyecto de la estrategia nacional de eliminación de HCFCs en Colombia”. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes gráficas:

Tabla 24. Importaciones de CFC-12 en toneladas

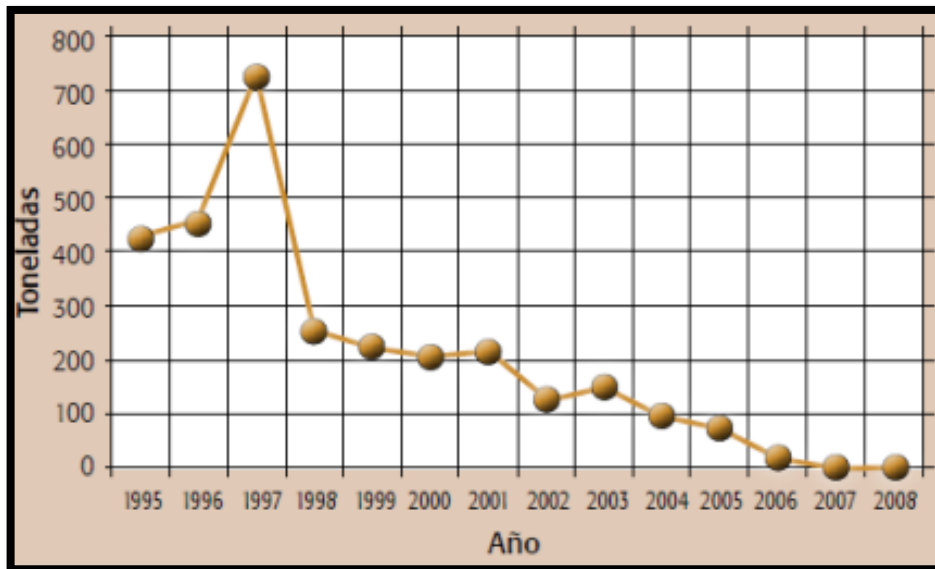


Fuente: Boletín de ozono No. 20

Las importaciones de CFC-12 durante el 2008 ascendieron a 200,7 toneladas, lo que representó una reducción del 22,3 % frente a las importaciones del 2007 (258,3 ton). Las importaciones de esta sustancia estuvieron enfocadas en su gran mayoría, (96 %), para el mantenimiento de equipos de refrigeración; el restante fue para la fabricación de inhaladores de dosis medida (IDM). La eliminación en estos sectores está siendo desarrollada a través de proyectos como la red de recuperación y reciclaje de refrigerantes, que durante el 2009 instalará 5 centros de regeneración, y un proyecto de reconversión con el único fabricante de IDM en el país³³.

³³ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Boletín de Ozono No. 20. Lanzamiento del proyecto de la estrategia nacional de eliminación de HCFCs en Colombia. [s.l.] [s.n.], Abril de 2009. 12p.

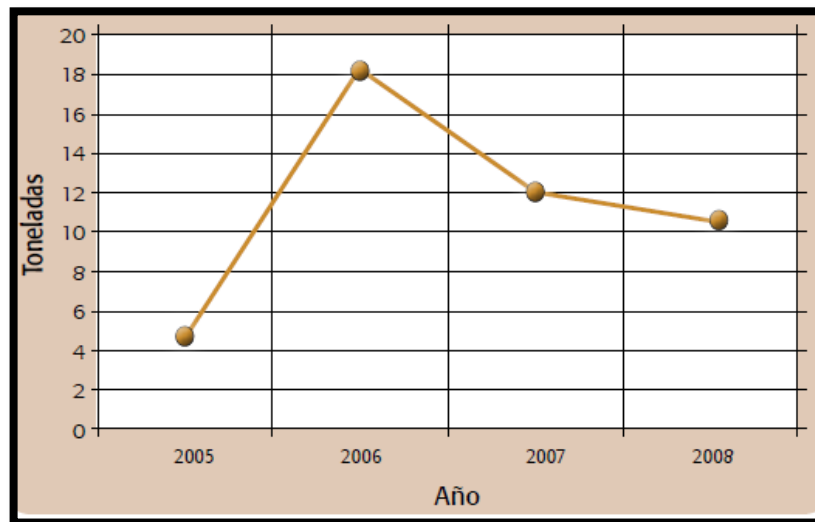
Tabla 25. Importaciones de CFC-11



Fuente: Boletín de ozono No. 20

Al igual que en el 2007, las importaciones de esta sustancia en el 2008 estuvieron dirigidas a la fabricación de IDM y fueron importaciones marginales, sin embargo, se incrementaron respecto al año anterior, pasando de 1,1 ton a 4 ton. Este incremento se ve justificado en un aumento en la fabricación de IDM tanto para el mercado nacional como para exportaciones.

Tabla 26. Importaciones de R-502



Fuente: Boletín de ozono No. 20

Esta mezcla de HCFC-22 y CFC-115 también finaliza sus importaciones en el 2009. En el 2008 se importaron 10,43 ton, una reducción de 13% frente al 2007. Las importaciones de R-502 estuvieron enfocadas al sector de mantenimiento de instalaciones industriales (cuartos fríos).

Para tener certeza de los cálculos de las sustancias CFC-12, CFC-11 y R-502, se realizó la síntesis de dichas importaciones en el mismo período de tiempo que las sustancias HCFCs analizadas anteriormente, y se calculó el total en kilogramos a través del promedio de consumo para todos los años, los resultados evidencian valores de 572714,3 Kg para CFC-12, 71142,9 para CFC-11, y finalmente

Tabla 27 . Consumo en Kg de CFC-12, CFC-11, R-502

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Importaciones CFC-12								Total en toneladas
	830	820	790	500	610	258,3	200,7	572,71
								Total en Kg
								572714,3
Importaciones CFC-11								Total en toneladas
	110	150	90	80	50	10	8	71,14
								Total en Kg
								71142,9
Importaciones R-502								Total en toneladas
				4,5	18	12	11	11,375
								Total en Kg
								11375

Fuente: Autores

Recepción de residuos para la planta:

Finalmente para conocer la cantidad de refrigerante que se estima tratar anualmente en la planta se realiza la sumatoria de todos los consumos, tanto sustancias HCFCs como CFC analizadas anteriormente, y se asume el 5% como margen de tratamiento:

Tabla 28. Recepción de refrigerante alternativa 1

Sustancia	Consumo Total
HCFCs	2168,8
CFC-12	572714
CFC-11	71143
R-502	11375
Kg	657400,8
5% Kg	32870

Fuente: Autores

Se concluye que anualmente se van a recibir una cantidad de 32870 Kg disponibles para su tratamiento y disposición final.

Nota: De los datos anteriores y según información suministrada por la UTO, para la Universidad Industrial de Santander, se asume por parte de los de los autores un 5 % del total generado en el país, como dato de estudio de viabilidad. Sin dejar de lado la incertidumbre que existe en cada negocio y más en su etapa de implementación.

3.1.3.3 Estudio económico

Al tratarse de una planta de tratamiento de residuos, los costos de materia prima son insignificantes, ya que la única materia prima que se utilizará serán los mismos residuos. Sin embargo existen algunos gastos en equipos, herramientas, elementos de protección, entre otros.

Se realizó un planteamiento económico necesario para la planta de tratamiento de residuos de refrigerantes. A continuación se describirán todos los aspectos relacionados al estudio de viabilidad económica. Será importante resaltar que se hará bajo una hipótesis de capacidad de la planta. La inversión inicial se hará por medio de la Universidad Industrial de Santander.

- **Inversión inicial**

Esta inversión representa el costo inicial para darle marcha al proyecto, tales como equipo, infraestructura, capacitaciones y otras inversiones necesarias.

- **Espacio físico**

Se calcula en espacio físico con una extensión de 70 m². Este espacio estará situado dentro de la Universidad Industrial de Santander.

- Obra civil

Esta inversión implica gastos en activos fijos necesarios para la construcción. Tendrá en cuenta por tanto, la inversión en acondicionamiento de terreno, edificación e instalaciones.

Tabla 29. Presupuesto de Inversión, Obra Civil

OBRA CIVIL	
Acondicionamiento del terreno	\$ 100,000,000.00
Materiales	\$ 50,000,000.00
Mano de Obra	\$ 10,000,000.00

Fuente: Autores

- Equipos

Esta inversión implica los costos asociados a la adquisición de equipos, herramientas y elementos necesarios para el funcionamiento y explotación de la planta durante un año.

Tabla 30. Presupuesto de Inversión en Equipos

	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
COSTO INICIAL			
MAQUINARIA			
Equipo recuperador de gas refrigerante	4	\$ 2,443,966.00	\$ 9,775,864.00
Equipo reciclador de gas refrigerante	4	\$ 1,400,000.00	\$ 5,600,000.00
Equipo regenerador de refrigerante	2	\$ 20,000,000.00	\$ 40,000,000.00
Horno destructor de refrigerante	1	\$100,000,000	\$ 100,000,000.00
INSUMOS			
Cilindro recuperador	25	\$ 268,966.00	\$ 6,724,150.00
Juego de manómetros para gas R-410	4	\$ 146,552.00	\$ 586,208.00
Juego de manómetros para gas R-22	4	\$ 86,207.00	\$ 344,828.00
Juego de mangueras R-410	8	\$ 56,034.00	\$ 448,272.00
Juego de mangueras R-22	8	\$ 47,414.00	\$ 379,312.00
Corta capilares	8	\$ 8,621.00	\$ 68,968.00
Válvulas perforadoras de servicio	50	\$ 8,621.00	\$ 431,050.00
Kit Destornillador multiusos	5	\$ 18,966.00	\$ 94,830.00

Fuente: Autores

- Otras inversiones

En esta sección se tiene en cuenta los costos de personal capacitado, encargado de realizar las operaciones necesarias para el buen desempeño de la planta, elementos de seguridad, transporte, entre otros.

Tabla 31. Presupuesto de otras inversiones

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
	Gafas	15	\$ 4,310.00	\$ 64,650.00
	camisa mangalarga	8	\$ 45,000.00	\$ 360,000.00
	guantes (caja 100 unidades)	12	\$ 27,000.00	\$ 324,000.00
	tapabocas	2400	\$ 550.00	\$ 1,320,000.00
	zapatos punta de acero (pares)	8	\$ 35,500.00	\$ 284,000.00
PERSONAL				
Administrativos				
	Gerente	1	\$ 2,000,000.00	\$ 24,000,000.00
	secretaria	1	\$ 700,000.00	\$ 8,400,000.00
Profesionales		1	\$ 2,000,000.00	\$ 24,000,000.00
Técnicos		4	\$ 1,200,000.00	\$ 57,600,000.00
Conductores		2	\$ 1,200,000.00	\$ 28,800,000.00
Servicios generales		1	\$ 589,000.00	\$ 7,068,000.00
LABORATORIO QUIMICO				
	Balanza analítica	1	\$ 1,972,291.00	\$ 1,972,291.00
	Equipo para la determinación de contenido de humedad	1	\$ 29,580,900.00	\$ 29,580,900.00
	Cromatógrafo de gases para la determinación de pureza y contenido de gases no condensables	1	\$ 87,835,410.00	\$ 87,835,410.00
	Bomba de vacío	1	\$ 1,097,040.00	\$ 1,097,040.00
FLOTA DE TRANSPORTE				
	Chevrolet FVZ Corto Forward	2	\$ 200,000,000.00	\$ 400,000,000.00

Fuente: Autores

Por lo tanto la inversión total inicial asciende a:

Tabla 32. Inversión total alternativa 1

COSTO INICIAL		CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MAQUINARIA				
	Equipo recuperador de gas refrigerante	4	\$ 2,443,966.00	\$ 9,775,864.00
	Kit de reciclaje	4	\$ 1,400,000.00	\$ 5,600,000.00
	Equipo regenerador de refrigerante	2	\$ 25,467,000.00	\$ 50,934,000.00
	Horno incinerador de refrigerante	1	\$ 53,550,000.00	\$ 53,550,000.00
INSUMOS				
	Tanques de 57-66 Kg para almacenamiento de ref. regenerado	5	\$ 372,210.00	\$ 1,861,050.00
	Cilindro recuperador (50 libras)	25	\$ 268,966.00	\$ 6,724,150.00
	Bombas de transferencia	2	\$ 2,546,700.00	\$ 5,093,400.00
	Identificador de refrigerantes	1	\$ 2,791,575.00	\$ 2,791,575.00
	Juego de manómetros para gas R-410	4	\$ 146,552.00	\$ 586,208.00
	Juego de manómetros para gas R-22	4	\$ 86,207.00	\$ 344,828.00
	Juego de mangueras R-410	8	\$ 56,034.00	\$ 448,272.00
	Juego de mangueras R-22	8	\$ 47,414.00	\$ 379,312.00
	Corta capilares	8	\$ 8,621.00	\$ 68,968.00
	Válvulas perforadoras de servicio	50	\$ 8,621.00	\$ 431,050.00
	Kit Destornillador multiusos	5	\$ 18,966.00	\$ 94,830.00
	Báscula para pesar tanques	1	\$ 3,935,527.00	\$ 3,935,527.00
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
	Gafas	15	\$ 4,310.00	\$ 64,650.00
	camisa mangalarga	8	\$ 45,000.00	\$ 360,000.00
	guantes (caja 100 unidades)	12	\$ 27,000.00	\$ 324,000.00
	tapabocas	2400	\$ 550.00	\$ 1,320,000.00
	zapatos punta de acero (pares)	8	\$ 35,500.00	\$ 284,000.00
SUBTOTAL				\$ 144,971,684.00
IVA 16%				\$ 23,195,469.44
TOTAL				\$ 168,167,153.44
PERSONAL				
Administrativos				
	Gerente	1	\$ 2,000,000.00	\$ 24,000,000.00
	secretaria	1	\$ 700,000.00	\$ 8,400,000.00
Profesionales				
	Técnicos	4	\$ 1,200,000.00	\$ 57,600,000.00
Conductores				
	Servicios generales	2	\$ 1,200,000.00	\$ 28,800,000.00
	Servicios generales	1	\$ 589,000.00	\$ 7,068,000.00
LABORATORIO QUIMICO				
	Balanza analítica	1	\$ 1,972,291.00	\$ 1,972,291.00
	Equipo para la determinación de contenido de humedad	1	\$ 29,580,900.00	\$ 29,580,900.00
	Cromatógrafo de gases para la determinación de pureza y contenido de gases no condensables	1	\$ 87,835,410.00	\$ 87,835,410.00
	Bomba de vacío	1	\$ 1,097,040.00	\$ 1,097,040.00
OBRA CIVIL				
	Acondicionamiento del terreno		\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00
	Materiales		\$ 50,000,000.00	\$ 50,000,000.00
	Mano de Obra		\$ 10,000,000.00	\$ 10,000,000.00
FLOTA DE TRANSPORTE				
	Chevrolet FVZ Corto Forward	2	\$ 200,000,000.00	\$ 400,000,000.00
SUBTOTAL				\$ 998,520,794.44
IMPREVISTOS 10%				\$ 99,852,079.44
TOTAL				\$ 1,098,372,874

los precios se obtuvieron a través de cotizaciones en empresas nacionales (frihogar, trs partes, chevrolet) y distribuidores internacionales Van Steenburgh Engineering Laboratories, Inc)

Fuente: Autores

- Ingresos

La planta tendrá 2 fuentes de ingresos, siendo la principal fuente la recepción y transporte de residuos de refrigerantes de las empresas de la región para su tratamiento. Además se obtendrán ingresos por la venta de refrigerante regenerado.

Los ingresos se calcularán para el primer año teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Residuos de refrigerante generados en la región de los Santanderes.
 - Precio por kilo de recepción de residuos de refrigerante de \$2500.
- Venta de refrigerante regenerado por kilo \$ 12000
- Transporte de residuos peligrosos

Durante el primer año los ingresos generados, se asumirán de la siguiente manera:

Tabla 33. Ingresos

INGRESOS			
Kg/año	Concepto	Costo Unitario	Costo Total
32870	Recepción de residuos	\$ 2,500.00	\$82,175,000.00
900	Venta de Refrigerante regenerado	\$ 12,000.00	\$10,800,000.00
	Total		\$92,975,000.00

Fuente: Autores

Para evaluar las ganancias se ofrece un resumen de los ingresos y los gastos en los que incurre la planta, una vez ya instalada, es decir, sin tener en cuenta los gastos de inversión inicial. Esto nos permite establecer que tan rentable es el proyecto:

Tabla 34. Comparación Ingresos Vs Egresos Alternativa 1

Kg/año	INGRESOS			EGRESOS			
	Concepto	Costo Unitario	Costo Total	Cantidad	Concepto	Costo Unitario	Costo Total
32870	Recepción de residuos	\$ 2,500.00	\$82,175,000.00	10	Cilindro recuperador 50Lb	\$ 268,966.00	\$ 2,689,660.00
900	Venta de Refrigerante regenerado	\$ 12,000.00	\$10,800,000.00	2	Juego de manómetros para gas R-410	\$ 146,552.00	\$ 293,104.00
				2	Juego de manómetros para gas R-22	\$ 86,207.00	\$ 172,414.00
				8	Juego de mangueras R-410	\$ 56,034.00	\$ 448,272.00
				8	Juego de mangueras R-22	\$ 47,414.00	\$ 379,312.00
				8	Corta capilares	\$ 8,621.00	\$ 68,968.00
				50	Válvulas perforadoras de servicio	\$ 8,621.00	\$ 431,050.00
				5	Kit Destornillador multiusos	\$ 18,966.00	\$ 94,830.00
				15	Gafas	\$ 4,310.00	\$ 64,650.00
				8	camisa mangalarga	\$ 45,000.00	\$ 360,000.00
				12	guantes (caja x unidades)	\$ 27,000.00	\$ 324,000.00
				2400	tapabocas (caja x unidades)	\$ 550.00	\$ 1,320,000.00
				8	zapatos punta de acero (pares)	\$ 35,500.00	\$ 284,000.00
					subtotal		\$ 6,930,260.00
					IWA 16%		\$ 1,108,841.60
					total		\$ 8,039,101.60
				1	Gerente	\$ 2,000,000.00	\$ 24,000,000.00
				1	secretaria	\$ 700,000.00	\$ 8,400,000.00
				1	Profesionales	\$ 2,000,000.00	\$ 24,000,000.00
				4	Técnicos	\$ 1,200,000.00	\$ 57,600,000.00
				2	Conductores	\$ 1,200,000.00	\$ 28,800,000.00
				1	Servicios generales	\$ 589,000.00	\$ 7,068,000.00
	Total		\$92,975,000.00		Total		\$ 157,907,101.60
	TOTAL						\$ 64,932,101.60

Fuente: Autores

El cuadro anterior tabla 27, muestra gastos anuales totales de \$ \$157, 907,101.60 pesos legales vigentes, ingresos anuales totales de \$ \$92,975,000.00 pesos legales vigentes, dando anualmente perdidas de \$ \$64,932,101.60 pesos legal vigente, para el primer año. Se puede decir que al generar pérdidas no es viable, pero hay que tener en cuenta que por ser una empresa nueva, su mercado es limitado y sus clientes son pocos.

Al considerar un crecimiento en el mercado del 20% para el segundo año se tendría unos ingresos de \$ \$111'570,000. y considerando un aumento en la inflación de 5% se tendría unos egresos de \$ \$165'802,456; lo que seguiría generando pérdidas para el segundo año de \$ \$54,232,456.68 menores que las generadas en el año anterior y así sucesivamente, debido a la fuerza que va tomando la empresa en el mercado al pasar de los años.

3.1.4 Conclusión

El estudio de viabilidad económica sobre el proyecto planteado para esta alternativa, IMPLEMENTAR UN SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REPROCESO Y/O DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para el correcto tratamiento de residuos de refrigerante, muestra que para un primer año la planta solo generaría pérdidas, ya que los ingresos generados por la misma no son suficientes para su propio sostenimiento, mucho menos genera ganancia; ahora si se asumiera un crecimiento de la misma para los años siguientes, esto sería posible ya que la normativa exige la vinculación de las empresas consumidoras al programa de buenas prácticas en refrigeración y al posicionamiento que la planta de la Universidad tomará en el mercado nacional. Según se ha analizado, los dos factores determinantes para la obtención de una rentabilidad positiva en el

proyecto son la capacidad de la planta para la regeneración del refrigerante, la tarifa a aplicar por recepción de residuos y el transporte de los mismos.

En la siguiente tabla se muestra una evolución de los ingresos Vs egresos para los próximos años, asumiendo una inflación anual del 5% y un crecimiento de la capacidad de la planta dentro de un mercado en 10% anual.

Tabla 35: Crecimiento del 10% anual Vs 5% de Inflación

	EGRESOS	INGRESOS	Aporte a inversión inicial por año
año 1	\$ 157.907.102	\$ 92.975.000	\$ (64.932.102)
año 2	\$ 165.802.457	\$ 102.272.500	\$ (63.529.957)
año 3	\$ 174.092.580	\$ 112.499.750	\$ (61.592.830)
año 4	\$ 182.797.209	\$ 123.749.725	\$ (59.047.484)
año 5	\$ 191.937.069	\$ 136.124.698	\$ (55.812.372)
año 6	\$ 201.533.923	\$ 149.737.167	\$ (51.796.756)
año 7	\$ 211.610.619	\$ 164.710.884	\$ (46.899.735)
año 8	\$ 222.191.150	\$ 181.181.972	\$ (41.009.178)
año 9	\$ 233.300.707	\$ 199.300.170	\$ (34.000.538)
año 10	\$ 244.965.743	\$ 219.230.187	\$ (25.735.556)

Fuente: Autores

Esta tabla sólo busca mostrar que en algún momento la planta dejará de generar solo pérdidas ya que las pérdidas cada vez son menores.

NOTA: es imposible para los autores, poder garantizar que los datos mostrados en las tablas anteriores se cumplan al pie de letra, ya que esto es un trabajo en equipo y que depende únicamente de la forma en que se venda y administre la planta.

3.2 ALTERNATIVA 2. IMPLEMENTAR UN SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

3.2.1 Descripción

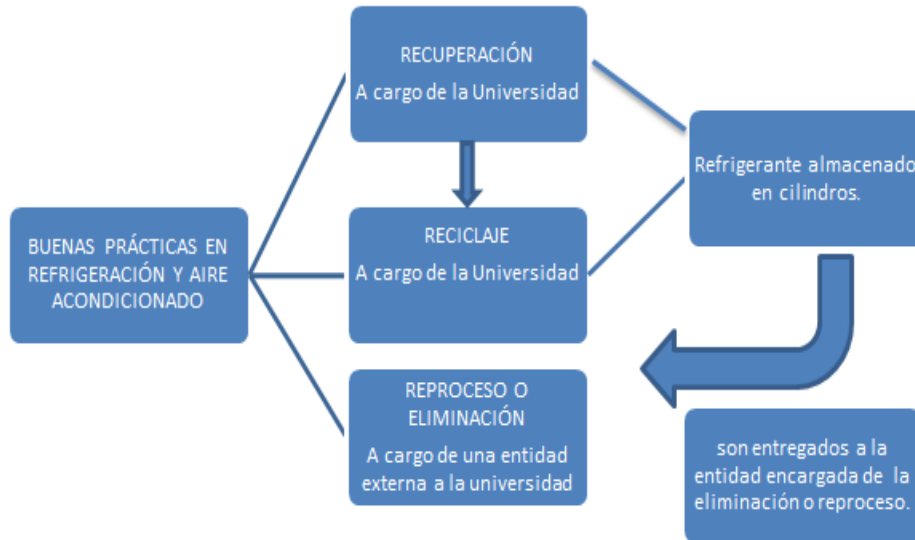
En esta alternativa se plantea implementar dentro de la Universidad los procesos de *recuperación y reciclaje* de refrigerante, estos procesos serán realizados por el personal capacitado de la división de mantenimiento tecnológico y en la parte de normativa ambiental, control de los procesos y destino de los residuos estarán a supervisados por el Plan de Gestión Integral de Residuos PGIR y el reproceso o destrucción será realizado por contratación externa, con una entidad que cumpla todos los requisitos del Ministerio de Ambiente.

3.2.2 Aspectos técnicos

3.2.2.1 Distribución de las actividades correspondientes a cada entidad participe del proceso

Cada miembro tendrá un grado de responsabilidad y unas funciones que cumplir dentro de la implementación del proceso:

Figura 66. Asignación de responsables alternativa 2



Fuente: Autores

❖ Plan de gestión integral de residuos PGIR

El Programa de Gestión Integral de Residuos tiene como función principal hacer seguimiento y control a la adecuada ruta de los residuos que incluye desde almacenamiento hasta su disposición final.

La gestión integral de residuos comprende el conjunto de actividades relacionadas con la generación, separación, movimiento interno, almacenamiento intermedio y/o central, desactivación, recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final y la gestión externa es el conjunto de operaciones y actividades de la empresa que realiza la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos.

- Objetivo: Minimizar la generación de residuos en el origen, maximizar su aprovechamiento y disponer adecuadamente los residuos peligrosos generados en la universidad.

Tabla 36. Proyectos del PGIR

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	RECURSOS	FECHA DE EJECUCIÓN
Manejo Integral de residuos.	Profesional PGIR	Ver Presupuesto SGA	Año 2012
Seguimiento y control al programa de riesgo químico.	Profesional PGIR	Ver Presupuesto SGA	Año 2012
Atención de emergencias asociadas con el manejo ambiental de residuos.	Profesional PGIR	Ver Presupuesto SGA	Año 2012
Valoración económica del aprovechamiento de residuos en la planta de compostaje.	Profesional PGIR	Ver Presupuesto SGA	Año 2012
Ejecutar campañas de sensibilización en la gestión de los residuos.	Profesional PGIR	Ver Presupuesto SGA	Año 2012

Fuente: PGIR

❖ División de mantenimiento tecnológico

“La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander tiene como propósito servir de apoyo a las Unidades Académicas y Administrativas de la Universidad en los procesos de adquisición de equipos, su instalación, operación y mantenimiento preventivo y reparativo, a fin de garantizar la continuidad en la prestación de los servicios, con la mayor calidad y eficiencia a toda la comunidad, y el cumplimiento de sus objetivos.

Para el logro de su Misión, la División de Mantenimiento Tecnológico pone a disposición de la comunidad universitaria todos sus recursos disponibles, Humanos, técnicos y equipos, para que en concordancia con las políticas

institucionales, y contando con el concurso de todas las dependencias, pueda desarrollar todos sus programas.”³⁴

Las funciones de la división de mantenimiento tecnológico dentro de la universidad Industrial de Santander:

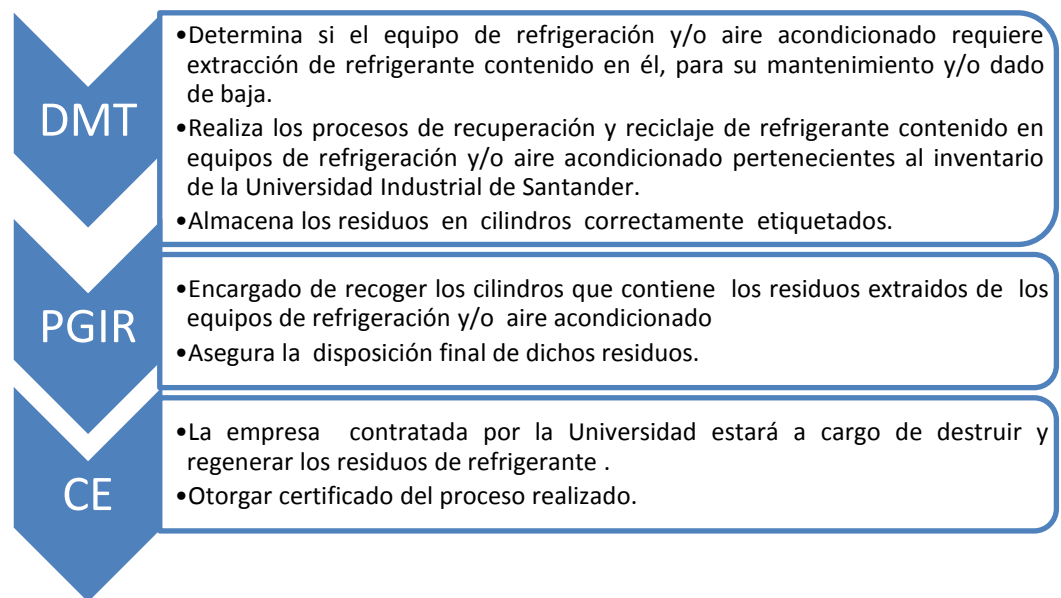
- ✓ Mantener el mejoramiento continuo en la calidad y confiabilidad de los servicios.
- ✓ Gestionar con calidad los procesos y procedimientos técnicos y administrativos.
- ✓ Desarrollar y fortalecer competencias específicas en la gestión del talento humano del personal de la división.
- ✓ Velar por el cumplimiento de las normas de salud ocupacional, seguridad industrial y manejo ambiental.
- ✓ Facilitar el cumplimiento de los objetivos de la División de Mantenimiento.
- ✓ Mantener un control sobre las actividades propias del mantenimiento.
- ✓ Promover una participación de todas las demás dependencias de la Universidad.
- ✓ Promover una participación de todo el personal de la División de Mantenimiento en la planeación, la organización y el control de la gestión del mantenimiento.
- ✓ Obtener resultados orientados hacia una gestión óptima.

Como apoyo al cumplimiento de las funciones de la división de Mantenimiento de la Universidad, en las que se pretende gestionar la calidad de los procesos y procedimientos, velar por las normas de salud y medio ambiente entre otras. Se busca implementar un sistema para las buenas prácticas en refrigeración y aire

³⁴ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Presentación de División de Mantenimiento Tecnológico. [en línea]. Disponible en internet: <<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>>

acondicionado, ya que la universidad actualmente cuenta con más de 400 equipos de refrigeración y aire acondicionado a los cuales hay prestarles ciertos servicios de mantenimiento para lo que se requiere la adquisición de algunos elementos necesarios para conseguir este fin. Logrando así unas buenas prácticas, el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales relacionadas a la conservación del medio ambiente y al mejoramiento continuo de nuestra institución.

Figura 67. Organizaciones encargadas de la alternativa 2



CE=contratación externa

Fuente: Autores

3.2.2.2 Diagramas de flujo de los procesos a realizar para recuperación y reciclaje de refrigerantes

Se establecen las actividades necesarias para realizar el proceso de recuperación y reciclaje de refrigerantes de acuerdo a las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado establecidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial y la UTO como resultado de la participación de Colombia en el Protocolo de Montreal, un acuerdo ambiental multilateral cuyo objetivo es eliminar el consumo de las llamadas SAO, sustancias agotadoras de la capa de ozono en todo el mundo.

Los procesos a realizar en esta alternativa serán de recuperación y reciclaje de refrigerante, donde este será envasado en cilindros, para luego ser entregados a alguna entidad responsable de su destino final ya sea para la destrucción, eliminación o regeneración de dichas sustancias agotadoras de la capa de ozono y contaminantes para el medio ambiente

- “Recuperar. Proceso por el cual se retira el refrigerante en cualquier condición de un sistema y se deposita en un recipiente externo. (Definición ISO 11650).
- Reciclar. Proceso empleado para reducir los contaminantes que se encuentran en el refrigerante usado mediante la separación del aceite, la remoción de las sustancias no condensables y la utilización de filtros para reducir la humedad, la acidez y material particulado. (Definición ISO 11650).”³⁵

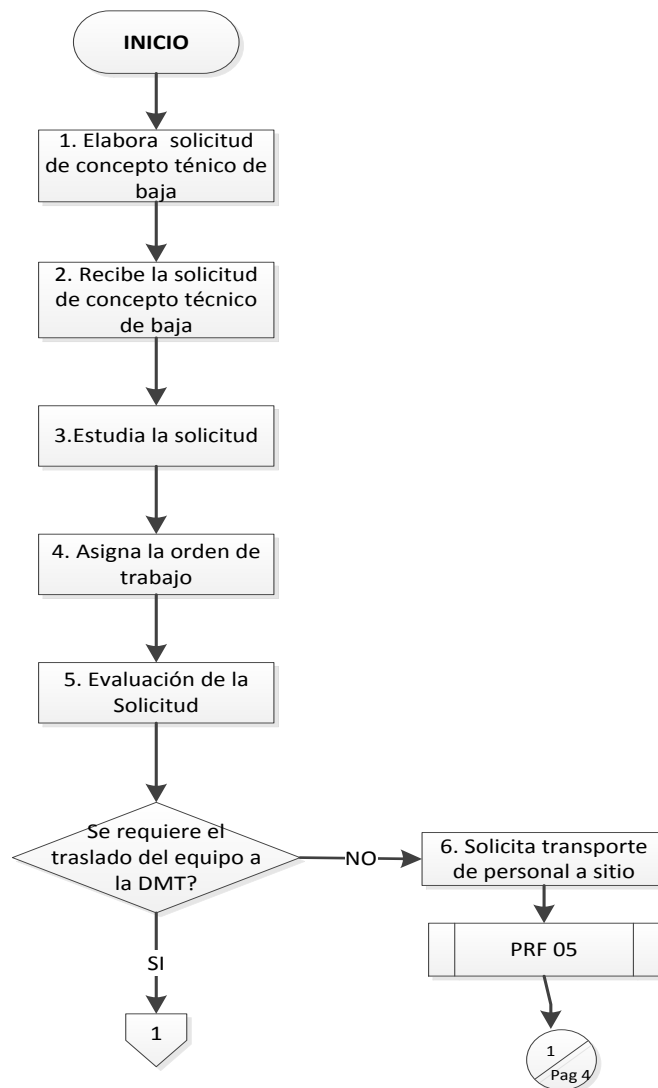
El proceso se inicia con las solicitudes de servicio realizadas por la división de mantenimiento tecnológico de la Universidad Industrial de Santander. Estos diagramas de flujo abarcan desde la solicitud de servicio creada, el almacenamiento de las SAO en cilindros hasta la entrega del equipo de

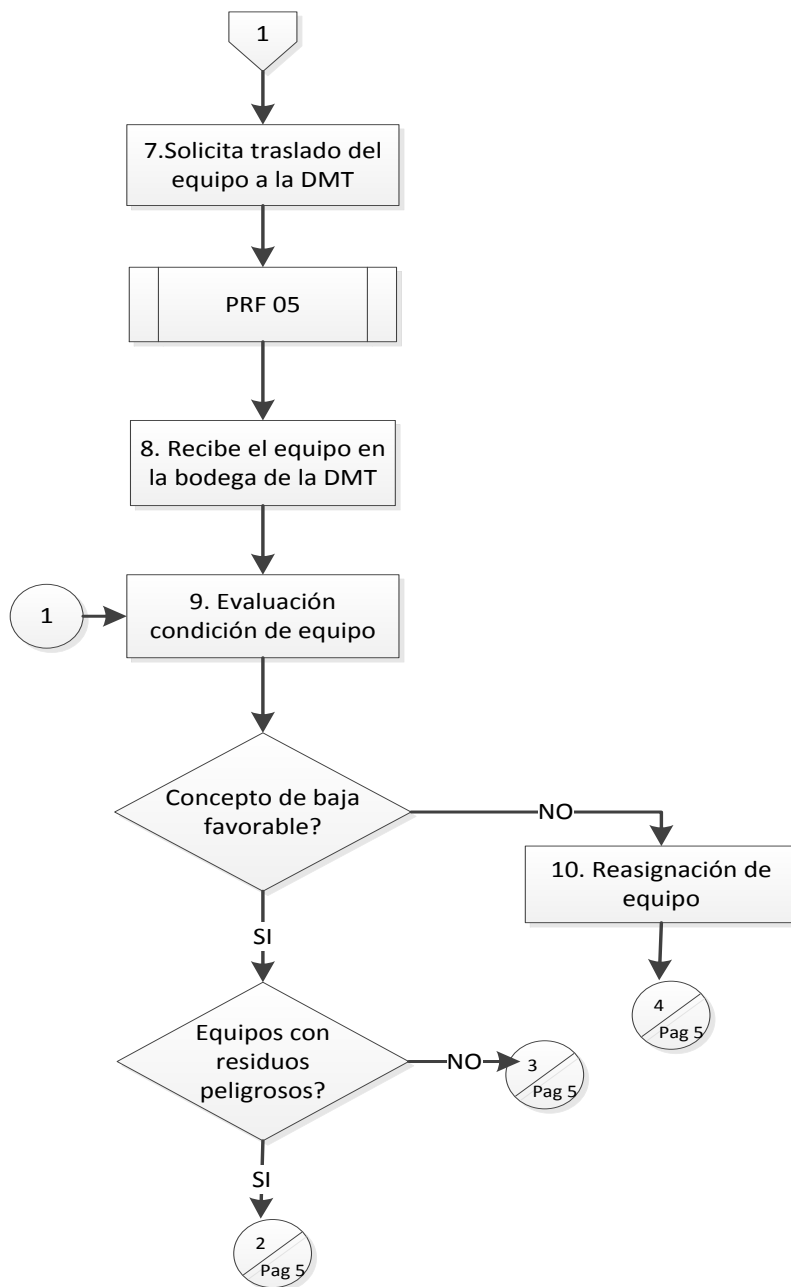
³⁵ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Recuperación y Reciclaje de los refrigerantes. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.58. ISBN 978-958-98263-2-4.

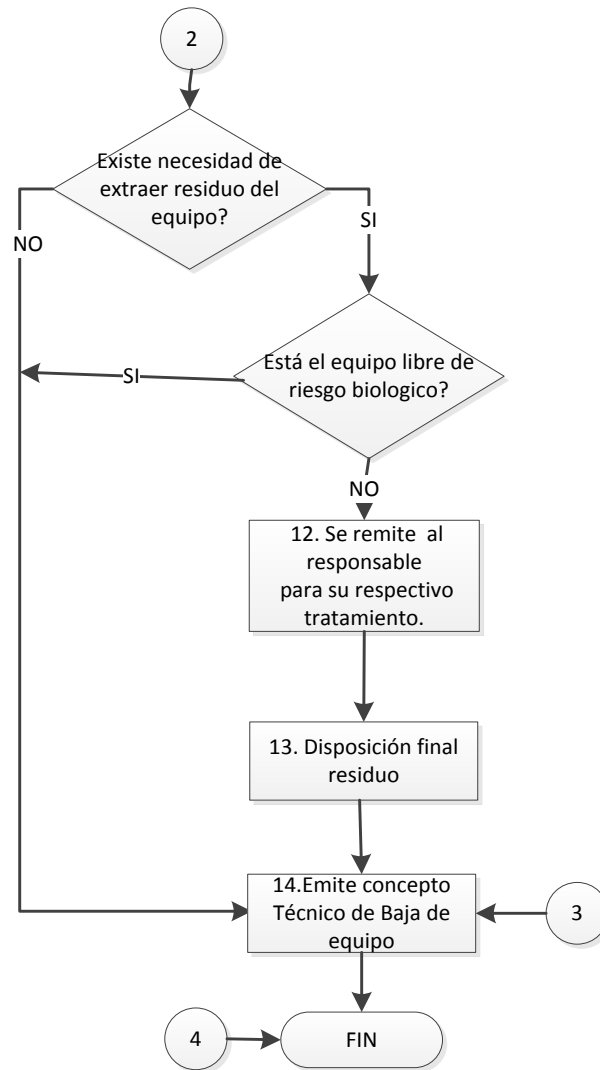
refrigeración y aire acondicionado sin refrigerante a la división de inventarios y/o planta física para la chatarrización de los materiales sobrantes.

A continuación se muestran los diagramas de flujo del proceso de la división de mantenimiento en la que se genera la solicitud de servicio de extracción del refrigerante contenido en los equipos de refrigeración y/o aire acondicionado:

Figura 68. Diagrama de flujo para la DMT







Fuente: Autores

Después de que la División de mantenimiento tecnológico realiza el proceso de extracción del refrigerante se genera una solicitud para la disposición final del refrigerante, esta consiste en solicitar a una empresa externa encargada de los residuos peligrosos de recoger en la bodega de la DMT los cilindros que contiene dichas sustancias y terminar el proceso.

- Descripción de cada uno de los procesos:

1. Elabora la solicitud de concepto técnico de baja, por cualquiera de los medios con que cuenta la DMT:

* SIMAT

*Correo electrónico

*Memorando Interno

2. Recibe la solicitud de servicio. Si la solicitud se realiza a través del SIMAT la recepción se realiza por el sistema. En el caso de las solicitudes vía memorando o correo electrónico las solicitudes se reciben y folian con el fin de llevar un consecutivo.

3. Estudia la solicitud teniendo en cuenta la especialidad requerida.

4. Asigna la orden de trabajo. Cuando la solicitud es realizada a través del SIMAT la asignación de la orden de trabajo se realiza en el sistema, en los otros casos se entrega copia de la solicitud al técnico correspondiente.

5. Evalúa la descripción para establecer el procedimiento a seguir y el sitio para la atención del servicio.

6. Solicita el servicio de transporte del personal en caso de considerar que no se requiere trasladar el equipo a los talleres de la DMT.

7. Si la revisión del estado del equipo no puede ser realizada en el sitio, solicita traslado del equipo a las instalaciones de la DMT

8. Recibe el equipo enviado por la unidad en la bodega de la DMT para el posterior traslado al taller.

9. Constatar que su estado se puede calificar como en desuso, obsolescencia, daño o deterioro, no existen repuestos u otros.

10. Si el equipo se encuentra en buenas condiciones se evalúa la necesidad de intervención del equipo y se recomienda la reasignación del mismo.

11. Se Identifica la necesidad de dar de baja un equipo.

12. Dependiendo del tipo de residuo, se toman medidas correspondientes a favor de las normas ambientales.

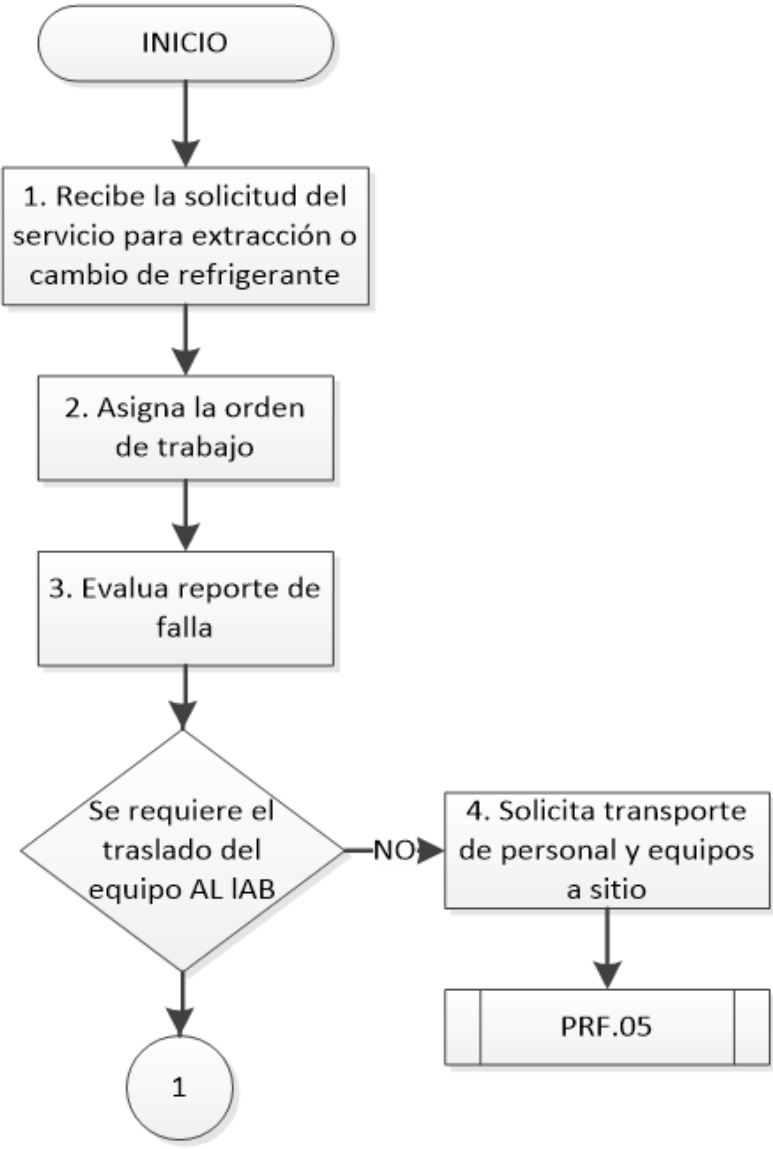
13. De acuerdo al tipo de residuo se le da una disposición final al mismo según normas ambientales.

Nota: si la DMT no cuenta con los medios para darle disposición final al residuo se realizará por adquisición del servicio, contratación externa.

14. Se emite concepto técnico de baja de equipo.

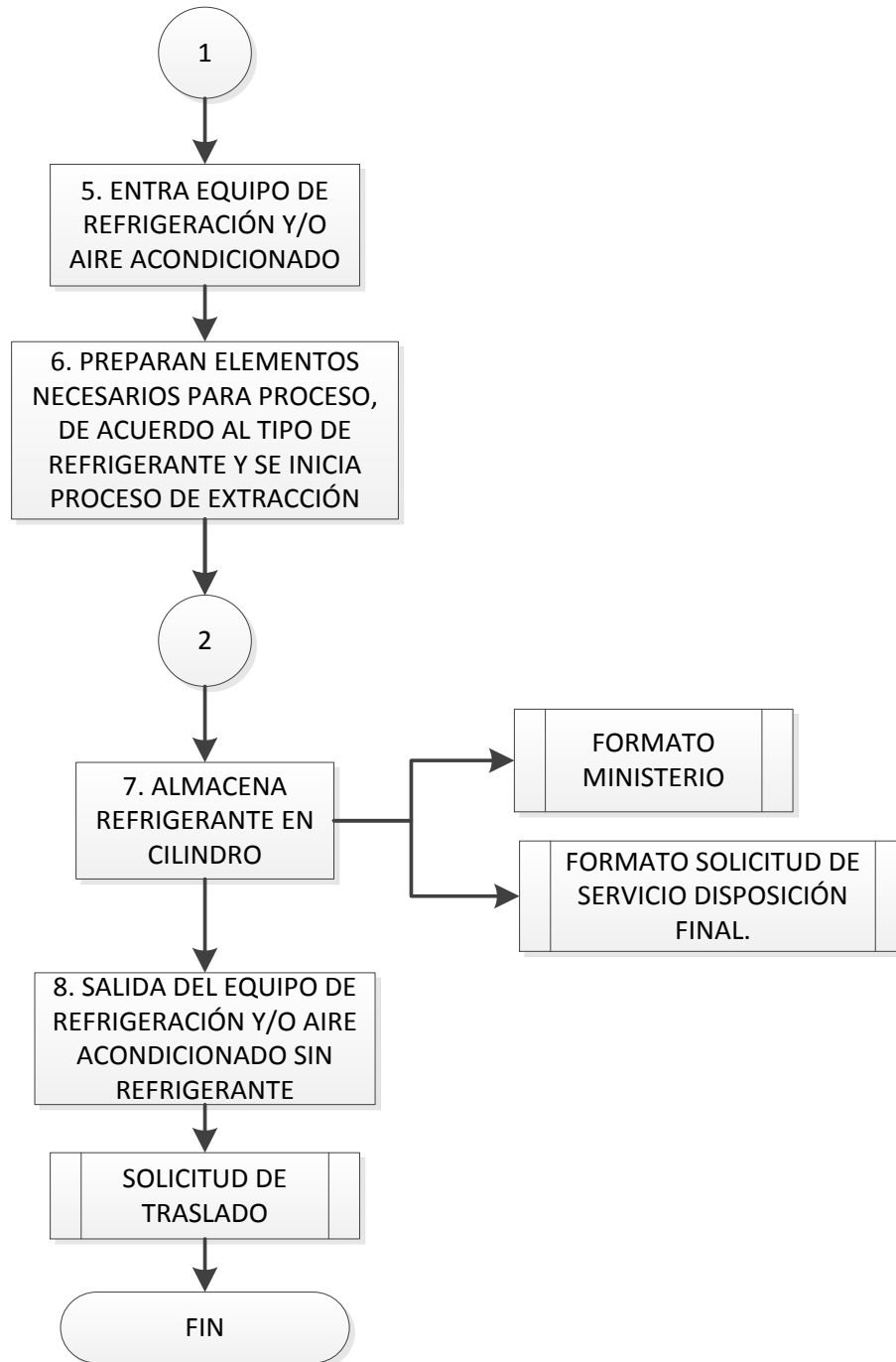
A continuación se muestra a detalle el proceso para la extracción del refrigerante contenido en los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad

Figura 69. Diagrama de flujo inicial para el proceso de extracción del refrigerante



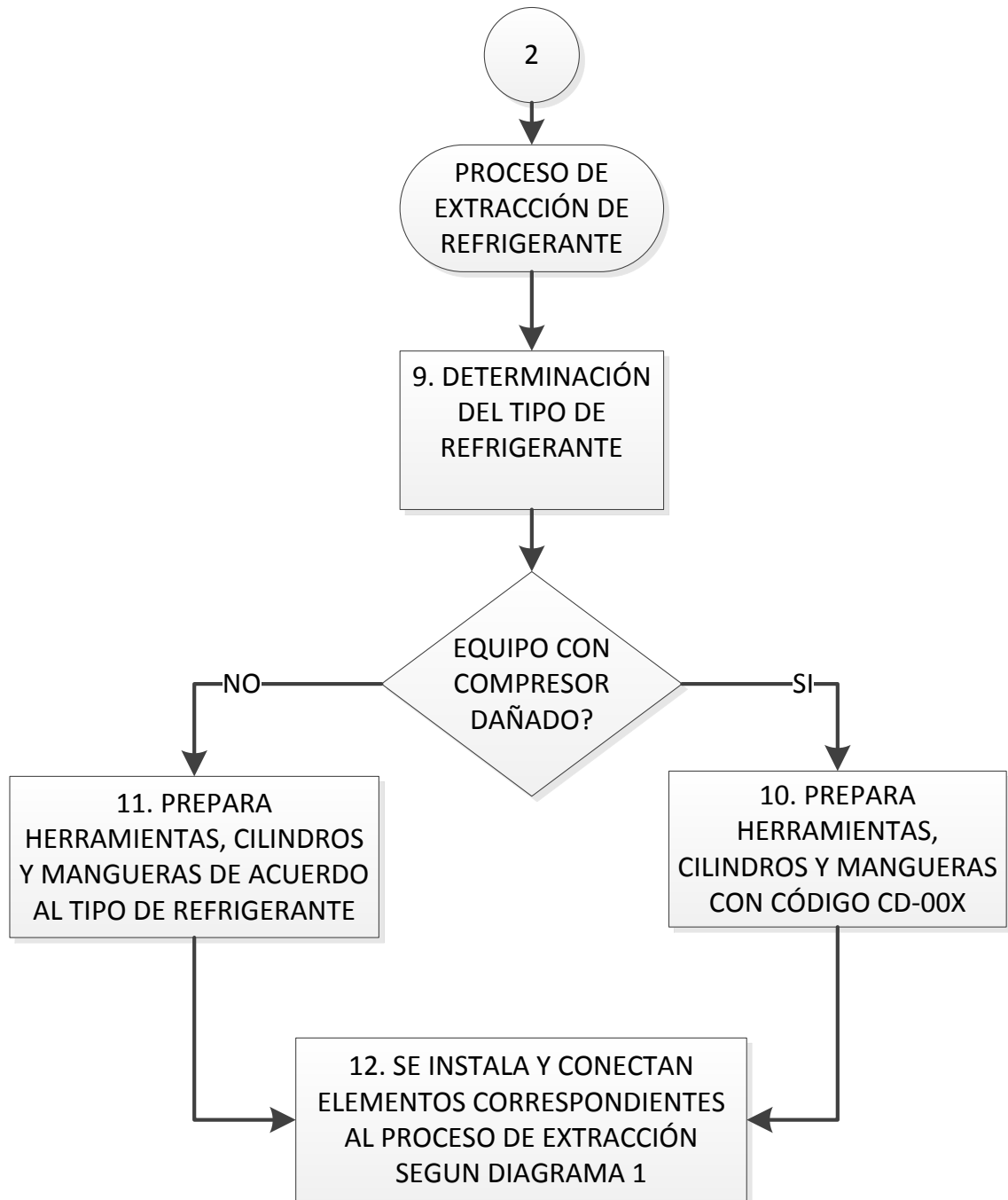
Fuente: Autores

Figura 70. Diagrama de Flujo para proceso de extracción de refrigerante



Fuente: Autores

Figura 71. Enlace Diagrama de Flujo



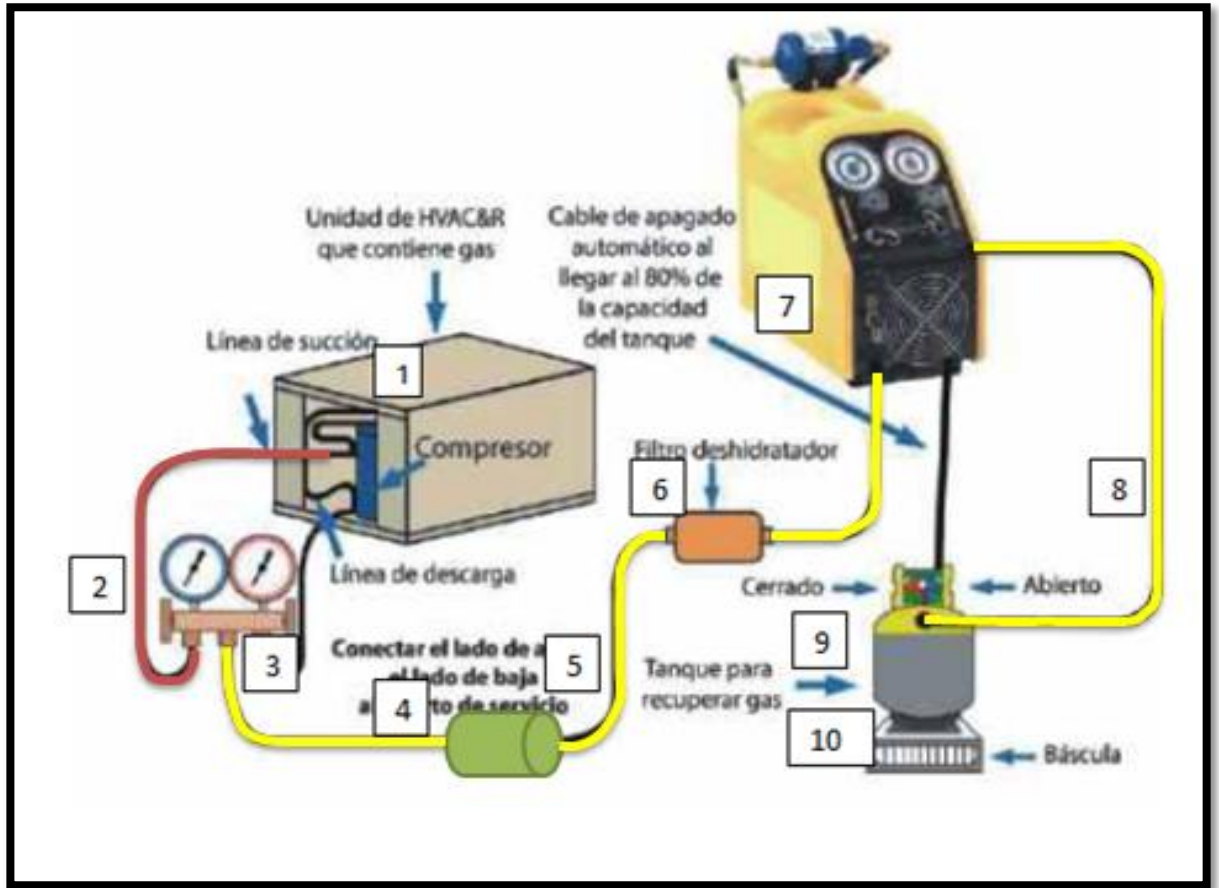
Fuente: Autores

Descripción:

5. Recibe equipo de refrigeración y/o aire acondicionado. Dentro de las instalaciones de DMT
6. Técnico de la DMT encargado del proceso de acuerdo al tipo de refrigerante y al estado del mismo, se preparan elementos tales como mangueras, cilindros, entre otros.
7. Refrigerante extraído de los equipos de refrigeración y aire acondicionado se almacena en cilindros debidamente marcados.
8. Equipo sin refrigerante, listo para chatarrizar.
9. Para iniciar el proceso hay que tener claro el tipo de refrigerante, para seleccionar correctamente los elementos a usar.
10. CD-00X, compresor dañado con consecutivo 00X.
11. no se deben mezclar diferentes tipos de refrigerantes para poder someterlos al siguiente proceso.
12. Auxiliar del LST encargado del proceso instala y conectan todos los elementos correspondientes para poder realizar correctamente el proceso, según diagrama en el que se muestra la correcta conexión de los elementos, D01

En la siguiente imagen se muestra la debida conexión de los elementos necesarios para el proceso de recuperación y reciclaje de refrigerante contenido en equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Figura 72. Conexión para el proceso de recuperación



Fuente: Autores

Tabla 37. Elementos utilizados durante la recuperación

1	Compresor del equipo refrigerante
2	Manguera manómetro de baja. Por donde se descarga el refrigerante hacia el sistema de recuperación y reciclaje.
3	Kit de manómetros
4	Separador de aceites. Este elemento separa el aceite mezclado con el refrigerante.
5	Manguera de conexión, que conecta al kit de manómetros con el separador de aceite y a éste con el filtro deshidratador.
6	Filtro deshidratador. Es el encargado de extraer la humedad contenida en el refrigerante.
7	Equipo recuperador de refrigerante
8	Manguera de conexión que conecta el equipo recuperador al cilindro.
9	Cilindro donde queda contenido el refrigerante, después de haber realizado el reciclaje y recuperación.
10	Báscula. Ayuda a llevar un control de la cantidad de refrigerante depositado en él.

Fuente: Autores

3.2.2.3 Procedimiento para la recuperación de refrigerante

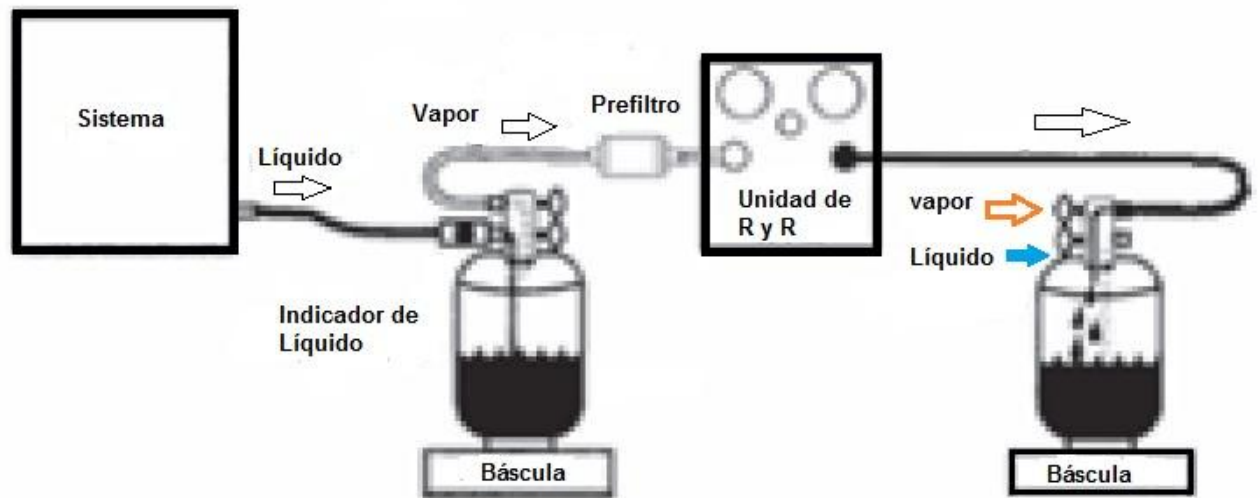
Para implementar un procedimiento de recuperación de refrigerante dentro de la división de mantenimiento tecnológico es necesario identificar y conocer los diferentes métodos de recuperación con equipos existentes (estos métodos requieren de un equipo o máquina capaz de generar la diferencia de presión requerida entre el sistema y el cilindro de recuperación)³⁶ ; a continuación se explica de modo simplificado cada uno de ellos.

Recuperación por transferencia de líquido: para llevar a cabo este método se emplean dos o más cilindros de recuperación, La recuperación por transferencia de líquido no permite extraer todo el refrigerante contenido en el sistema, haciendo necesario un proceso posterior de recuperación utilizando el método de transferencia de vapor³⁷ , que se explicará más adelante. La conexión se presenta en la siguiente figura 19

³⁶ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Recuperación y Reciclaje de los refrigerantes. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.63. ISBN 978-958-98263-2-4.

³⁷ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Recuperación y Reciclaje de los refrigerantes. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.64. ISBN 978-958-98263-2-4.

Figura 73. Esquema de principio para la recuperación de líquido refrigerante

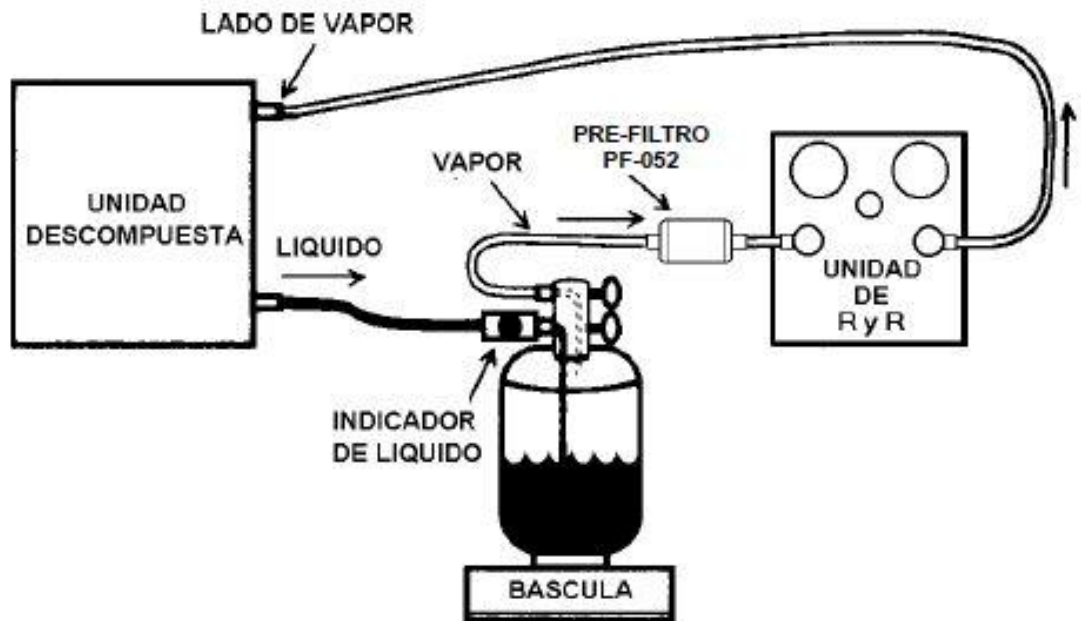


Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL

Para emplear éste método se necesita un indicador de líquido o mirilla, manómetros de servicio con mangueras, la unidad recuperadora, y dos cilindros de recuperación como mínimo. Se conecta en el puerto de líquido del equipo (es decir, a la salida del condensador) una manguera hacia la válvula de líquido del primer cilindro. Se conecta una manguera desde la válvula de vapor del primer cilindro hacia la unidad recuperadora. Finalmente se conecta una manguera del puerto de descarga de la unidad recuperadora hacia el lado del líquido del segundo cilindro. La unidad recuperadora genera un vacío en el primer cilindro, obligando el flujo del refrigerante líquido hacia éste, y empuja el vapor hacia el segundo cilindro donde finalmente se condensa. La mirilla se usa para verificar el paso constante del flujo refrigerante.

Recuperación mediante el método “push/pull”: éste método se denomina “push/pull”, ya que combina los efectos de “empuje/succión” para la transferencia del refrigerante en estado líquido con ayuda del vapor del cilindro recuperador. La conexión se presenta en la siguiente figura:

Figura 74. Diagrama para recuperar gas en conexión Push/Pull

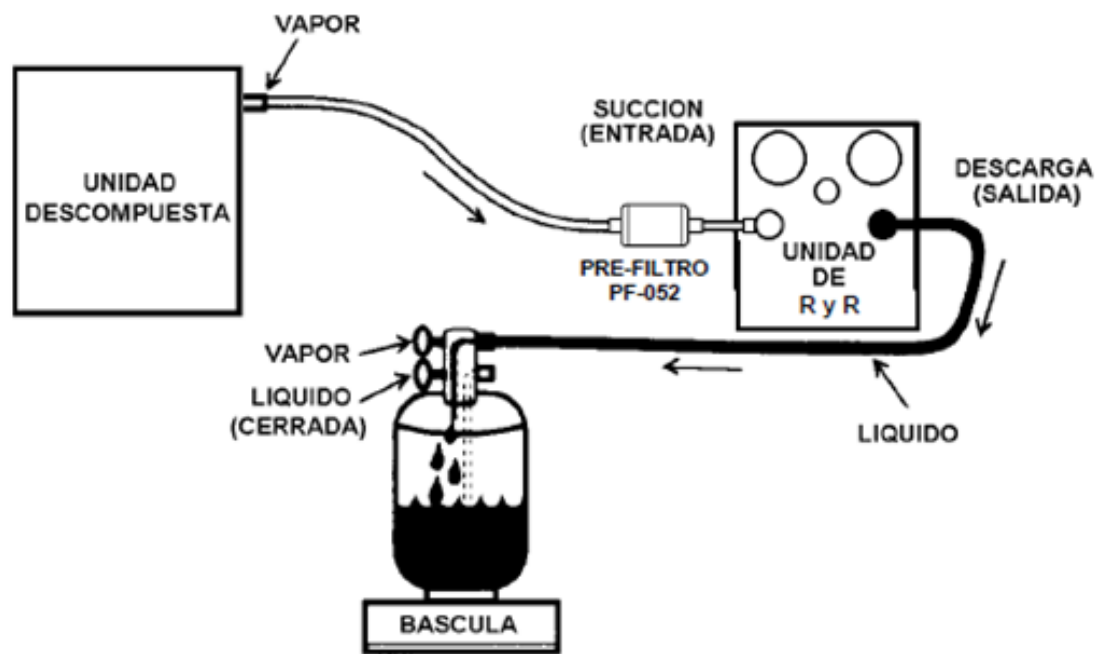


Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL

En primer lugar se debe conectar una manguera del lado del líquido de la unidad a la que se le va a recuperar el refrigerante hasta la válvula de líquido del cilindro recuperador identificada generalmente con el color azul; se conecta una manguera desde la válvula de vapor a la entrada de succión de la unidad de recuperación, por último se conecta una manguera de la descarga de la maquina recuperadora hacia el puerto de vapor del aire acondicionado. Cuando la unidad recuperadora genere un vacío dentro de tanque, éste succionará el refrigerante del equipo que posteriormente será enviado de vuelta hacia el lado del vapor del equipo que se está tratando.

Recuperación por transferencia de vapor: al igual que en los métodos anteriormente explicados, la transferencia de vapor se logra cuando la máquina recuperadora genere un vacío al interior del cilindro permitiendo el flujo del vapor hacia el mismo garantizando que todo el vapor sea retirado. La manguera del sistema se conecta en la línea de succión, es decir, entre el evaporador y el compresor³⁸. La máquina recuperadora condensa el vapor que se deposita finalmente en el cilindro de recuperación. La conexión se realiza como se observa en la siguiente figura:

Figura 75. Recuperación de vapor de refrigerante de un sistema



Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL

³⁸ COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Recuperación y Reciclaje de los refrigerantes. En: El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. p.65. ISBN 978-958-98263-2-4.

Para realizar el procedimiento de recuperación y reciclaje del refrigerante dentro de la Universidad Industrial de Santander es necesario aplicar unos pasos previos a la recuperación para garantizar la seguridad e integridad del operario encargado.

- Identificar el tipo de refrigerante que se desea extraer.
- Revisar el cilindro de recuperación, éste debe cumplir con las normas DOT³⁹, como ejemplo la capacidad de presión de trabajo, la fecha de construcción del envase.
- Realizar un vacío de 1000 micrones sobre el cilindro, en caso de que esté sin refrigerante para asegurar que no contenga humedad o contaminantes.
- Verificar que tipo de refrigerante posee el cilindro en caso de estar lleno, para realizar el proceso de recuperación sin mezcla de gases.
- Colocar el cilindro de recuperación dentro de una cubeta de hielo si se desea aumentar la rapidez del proceso.
- Utilizar gafas y guantes para la seguridad del operario.
- Asegurar que el espacio de trabajo se encuentre suficientemente ventilado.

Con los conocimientos y anotaciones hechas previamente se explicará el proceso a implementar en la división de mantenimiento tecnológico; el método a utilizar es la extracción del refrigerante por transferencia de gas, los pasos para llevar a cabo este procedimiento se dividieron en 4 fases como se explica a continuación:

FASE 1: PESO DEL CILINDRO

Para iniciar el proceso de recuperación es necesario pesar el cilindro para saber la cantidad de refrigerante que posee en su interior debido a que ya se ha utilizado previamente en otras recuperaciones. El objetivo es conocer la cantidad de refrigerante que se extrae del aire acondicionado. Recuerde que el cilindro no se debe llenar más de 80% de su capacidad.

FASE 2: CONEXIONES

³⁹ DEPARTMENT OF TRANSPORTATION [Departamento de Transporte de los Estados Unidos]

1. Con el aire acondicionado en “frío” es decir apagado, el refrigerante se encuentra estable en todas las tuberías, tanto en la de alta (salida), como en la de baja (retorno) en estado de gas. Conecte la válvula perforadora (conocida como válvula roba gas) a cualquier línea de la tubería del aire acondicionado cuyo diámetro se acomode al tamaño de la válvula perforadora.
2. Conecte la manguera a la válvula roba gas y llévela hasta la entrada del separador de aceite.
3. De la salida del separador de aceite conecte otra manguera hacia la entrada del manómetro de baja presión.
4. Del puerto de servicio del manifold de manómetros (puerto central) conecte una manguera y añada el filtro deshidratador.
5. Conecte una manguera entre el filtro deshidratador y la entrada de la unidad recuperadora.
6. De salida la unidad recuperadora conecte una manguera a la válvula de vapor del cilindro recuperador (válvula de color azul).
7. Conecte el cable al sensor que se encuentra en el cilindro recuperador.
8. Conecte la unidad de recuperación a la alimentación eléctrica.
9. Purgue todas las mangueras de servicio, Encienda el interruptor de la unidad recuperadora.

FASE 3: PURGA

La purga se realiza para eliminar el aire y los contaminantes de las mangueras. En primer lugar verifique que los manómetros estén cerrados. Perfore la válvula roba gas *(el refrigerante fluye hasta la manguera de entrada al manómetro de baja)*. Abra el manifold de manómetros *(el refrigerante fluye hasta la entrada de la unidad recuperadora)*. Purgue la manguera de la entrada a la unidad recuperadora girándola *(el refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir)*.

Abra la válvula de entrada de la unidad recuperadora. Abra la válvula de salida de la unidad recuperadora. *(El refrigerante fluye hasta la entrada del cilindro recuperador)*. Purgue la manguera de entrada al cilindro recuperador girándola. *(El refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir)*.

FASE 4: RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Encienda el interruptor de la unidad recuperadora. Finalizada la extracción retire las conexiones y proceda a pesar el cilindro para conocer la cantidad de refrigerante recuperada.

3.2.2.4 Disposición final de refrigerante

Para la disposición final del refrigerante extraído de los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad Industrial de Santander, este proceso se hará por medio de una empresa que cuente con los equipos, transporte y licencias ambientales necesarias, por lo que se cotizaron con algunas de ellas.

- ✓ **LITO S.A GESTIÓN INTEGRAL DE EXCEDENTES INDUSTRIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**

LITO S.A. es una empresa especializada en la gestión ambiental de excedentes industriales del sector eléctrico y telecomunicaciones, gestión de residuos peligrosos dentro del país y manejo de residuos peligrosos y tratamiento, eliminación de diferentes residuos en el exterior. Cuenta a nivel nacional con sedes en las principales ciudades de Colombia, tales como:

- Medellín
- Bogotá
- Cali
- Barranquilla
- Bucaramanga

Figura 76. Instalaciones Lito S.A



Fuente: Lito S.A

✓ **GAIA VITARE LTDA, INGENIEROS AMBIENTALES⁴⁰**

⁴⁰GAIA VITARE LTDA. [en línea]. Disponible en internet < <http://www.gaiavitare.com>>

La compañía GAIA VITARE LTDA, empresa de consultoría e ingeniería ambiental, líderes en Colombia en el manejo integral de RAEE's Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, con más de 10 años de experiencia presta el servicio de recolección, transporte, destrucción, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de RAEE's.

La compañía cuenta con licencia ambiental otorgada por la Secretaría Distrital de Ambiente a través de la resolución No 1634 de noviembre 4 de 2004, contamos con la certificación ISO 9001:2008, ISO 14001:2004.

Con el propósito de garantizar el desarrollo del servicio para el manejo integral de RAEE's Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, se presenta a continuación la metodología de los servicios a prestar por GAIA VITARE LTDA:

Desarrollo técnico:

RECOLECCIÓN

GAIA VITARE LTDA realiza el cargue de los residuos en el lugar de recolección. Igualmente llevará el registro de pesaje de los residuos para cada recolección. Para cantidades mayores a 500 Kg. el pesaje es realizado en básculas camioneras que cuentan con el certificado de calibración. Para recolecciones menores a 500 Kg. el pesaje de los residuos se realiza en la báscula digital calibrada, con que cuenta Gaia Vitare Ltda; y que se lleva el día de la recolección. El día de la recolección de los residuos se hará entrega del manifiesto de recolección, registrando la clase de residuo y las cantidades en peso y volumen; el cual queda al final del proceso firmado por ambas partes.

TRANSPORTE

Se incluirá el servicio de transporte de las diferentes instalaciones indicadas por el Cliente, hacia la planta de GAIA VITARE LTDA en Bogotá. Gaia Vitare Ltda cuenta

con servicio propio de transporte. El cual cumple con los requerimientos exigidos por el decreto Número 1609 de 2002 emitido por el Ministerio de Transporte, relacionado con el transporte de residuos peligrosos y especiales.

DESTRUCCIÓN

Para todos los RAEE's Gaia Vitare Ltda realiza la destrucción e inhabilitación, con el fin de que el aparato o sus partes y componentes no vuelvan a ser reutilizados ni re manufacturados. Así evitando que estos residuos sean comercializados en los mercados negros de partes. Igualmente realiza el retiro cuidadoso de las etiquetas, logos, marcas e identificaciones del cliente. Por lo anterior Gaia Vitare Ltda Certifica la destrucción de todo el material, garantizando una mayor seguridad y confiabilidad en la imagen corporativa del cliente.

TRATAMIENTO, APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

El proceso de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de cada uno de los aparatos o partes y componentes en desuso, comprenden todas las operaciones efectuadas para descontaminar, desmontar, desensamblar, triturar y disponer los RAEE's Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. El tratamiento de los RAEE incluye, la extracción de todos los componentes con contenido de sustancias peligrosas y su posterior tratamiento y disposición final selectiva. Lo cual se realiza en la planta de Gaia Vitare Ltda., en Bogotá.

Para efectos de la disposición final de los residuos peligrosos que no pudieran ser dispuestos en la planta, luego de que el material está destruido y pre acondicionado contrata a terceros, dentro o fuera del territorio nacional. En el caso de la disposición final de los residuos peligrosos fuera del territorio nacional, se desarrollan las labores de logística y transporte al exterior. Estos componentes con sustancias peligrosas, considerados como residuos peligrosos se definen de acuerdo a los términos establecidos en el Decreto 4741 de 2005 y Convenio de

Basilea- Ley 253 de 1995 que aprueba en Colombia el Convenio de Basilea. Para efectos del aprovechamiento, realiza el reciclaje de los residuos, obtenidos durante el tratamiento, cuyas características les permitirán ser utilizados como materia prima para procesos diferentes a la fabricación o ensamble de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

ENTREGA DE CERTIFICACIONES

GAIA VITARE LTDA hace entrega al cliente la respectiva ACTA DE DESTRUCCIÓN Y MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS. Dicha acta es el soporte Legal que certifica el manejo adecuado de los residuos y es avalada ante las autoridades ambientales.

3.2.3 Estudio de viabilidad económica

Para la implementación del sistema de recuperación y reciclaje de refrigerante dentro de la Universidad Industrial de Santander, es necesaria la adquisición de algunos elementos, equipos, personal capacitado. Esta alternativa es evaluada en dos formas, la primera una inversión inicial para la implementación y sostenibilidad del proyecto por su primer año y en la segunda están considerados los costos de sostenibilidad anual, después de su primer año, lo cual se muestra en las siguientes tablas:

3.2.3.1 Inversión Inicial

En Inversión inicial se consideran los costos que genera el proyecto pen su etapa de implementación, es decir todos aquellos gastos generados para poner en

marcha el proyecto y su sostenimiento en su primer año. Se tuvieron en cuenta equipos, insumos y costo de disposición final; los valores correspondientes a cada uno se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 38. Presupuesto alternativa 2

INVERSIÓN INICIAL PARA IMPLEMENTACIÓN DURANTE 1 AÑO			
	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
COSTO INICIAL			
MAQUINARIA			
Equipo recuperador de gas refrigerante	2	\$ 2.443.966,00	\$ 4.887.932,00
Equipo reciclador de gas refrigerante	2	\$ 1.400.000,00	\$ 2.800.000,00
INSUMOS			
Cilindro recuperador (50 libras)	15	\$ 268.966,00	\$ 4.034.490,00
Juego de manómetros para gas R-410	2	\$ 146.552,00	\$ 293.104,00
Juego de manómetros para gas R-22	2	\$ 86.207,00	\$ 172.414,00
Juego de mangueras R-410	5	\$ 56.034,00	\$ 280.170,00
Juego de mangueras R-22	5	\$ 47.414,00	\$ 237.070,00
Corta capilares	3	\$ 8.621,00	\$ 25.863,00
Válvulas perforadoras de servicio	20	\$ 8.621,00	\$ 172.420,00
Kit Destornillador multiusos	4	\$ 18.966,00	\$ 75.864,00
SUBTOTAL			\$ 12.979.327,00
IVA 16%			\$ 2.076.692,32
TOTAL			\$ 15.056.019,32
DISPOSICIÓN FINAL DEL REFRIGERANTE			
Para equipos en bodega		\$ 2.600.000,00	\$ 2.600.000,00
Para equipos a intervenir en el 2013	2	\$ 2.600.000,00	\$ 5.200.000,00
SUBTOTAL			\$ 22.856.019,32
IMPREVISTOS 3 %			\$ 685.680,58
TOTAL			\$ 23.541.700

Fuente: Autores

3.2.3.2 Sostenibilidad anual

Una vez puesto en marcha el proyecto y transcurrido su primer año, los costos disminuyen, debido a que no hay necesidad de comprar nuevos equipos, es decir ya está hecha la inversión inicial, por lo que el proyecto solo genera costos por insumos y disposición final de refrigerante, como se muestra en la tabla 36.

Tabla 39. Sostenibilidad anual alternativa 2

SOSTENIBILIDAD ANUAL			
	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
INSUMOS			
Cilindro recuperador (50 libras)	8	\$ 268.966,00	\$ 2.151.728,00
Válvulas perforadoras de servicio	12	\$ 8.621,00	\$ 103.452,00
Juego de manómetros para gas R-410	1	\$ 146.552,00	\$ 146.552,00
Juego de manómetros para gas R-22	1	\$ 86.207,00	\$ 86.207,00
DISPOSICIÓN FINAL DEL REFRIGERANTE			
Equipos a intervenir durante el año	2	\$ 2.600.000,00	\$ 5.200.000,00
SUBTOTAL			\$ 7.687.939,00
IMPREVISTOS 3%			\$ 230.638,17
TOTAL			\$ 7.918.577

Fuente: Autores

3.2.3.3 Descripción de la propuesta económica Lito S.A.S

El precio unitario ofrecido en esta cotización es por kilogramo de residuos entregada por el cliente, en este caso la Universidad Industrial de Santander, incluyendo dentro del peso el embalaje del residuo peligroso. El peso a facturar será el registrado en las básculas de LITO S.A, debidamente calibradas.

Tabla 40. Precios que LITO S.A cobra a la Universidad Industrial de Santander, por la disposición final de residuos

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND DE MEDIDA	\$ UNIT ANTES DEL IVA	DESTINO
1	LIQUIDOS Y GASES REFRIGERANTES tipo SAO – Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono (tipo R-11 y R-12) SOLO SE RECIBEN EMBALADOS EN CILINDROS CON VALVULA SELLADA.	KG	\$ 0	Proyecto Piloto de Incineración. Unidad Técnica de Ozono MADS
2	LIQUIDOS Y GASES REFRIGERANTES NO SAO (R-134A, R-404A, R-407C, entre otros) SOLO SE RECIBEN EMBALADOS EN CILINDROS CON VALVULA SELLADA.	KG	\$ 15.000	Aprovechamiento y/o Destrucción
3	Transporte que cumple con el DECRETO 1609 para transporte de sustancias / materiales y residuos peligrosos.	X VIAJE **	\$ 200.000	Dentro del perímetro urbano de Bucaramanga y Área Metropolitana
TOTAL + (IVA 16%)				

Fuente: Lito S.A

- Forma de entrega del residuo de refrigerante por parte de la Universidad Industrial de Santander:

El material se recibirá en las condiciones de empaque establecidas a continuación:

- ✓ Se deben entregar por separado las diferentes categorías de residuos; es decir, diferentes tipos de residuos peligrosos no deben ir mezclados dentro del mismo embalaje.

- ✓ Los cilindros con sustancias agotadoras de la capa de ozono – gases refrigerantes, deberán ser entregados con válvula cerrada y sellada.
- ✓ Cada caja y/o guacal se deben entregar debidamente identificado con un rotulo que detalle la siguiente información:

- Nombre del Residuo
- Nombre de la empresa dueña del residuo

- Lito se compromete a entregar CERTIFICACIÓN DE SERVICIO:

Se entregará el certificado de almacenamiento en bodega de seguridad de los residuos entregados por la empresa UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER junto con la factura del cobro del servicio, con previa verificación del cumplimiento de las condiciones del alcance del servicio y el estado de entrega de los residuos por parte del generador del residuo.

El certificado de disposición final será entregado en el momento en que se haga efectiva dicha disposición con previa verificación del pago de la factura.

3.2.3.4 Descripción de la Propuesta económica de Gaia vitare Ltda

El costo por el servicio de manejo, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los RAEE´s residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se determina de acuerdo a la cantidad en Kilogramos (Kg), y la clase de residuos. A continuación se presentan las tarifas:

Tabla 41. Propuesta económica GAIA VITARE LTDA

Residuo	Rango peso	Costo	Condiciones
Refrigerantes	Menos de 71 Kg	Tarifa única \$180.000	El precio incluye el tratamiento y disposición final de los residuos.
	72 kg –En Adelante	\$ 2.530 / Kg.	

A los precios anteriores se les adicionará el IVA del 16%.

Recolección y Transporte	Costo	Condiciones
Bucaramanga - Bogotá	Hasta 500 Kg	El precio incluye la recolección y transporte de los residuos peligrosos dando cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2002.
	\$ 1.000.000	

Fuente: GAIA VITARE LTDA

3.2.4 Conclusión

- ✓ Esta alternativa permite a la universidad ser partícipe de una parte del proceso, sin llegar a la necesidad de implementar toda una planta ya que la parte de disposición final de los residuos se realizará por contratación externa, ahorrándole a la universidad espacio físico, certificaciones, dinero en el montaje y sostenibilidad de dicha planta, entre otros.
- ✓ Para la disposición final de los residuos de refrigerantes la empresa LITO S.A, es tanto por economía, ubicación de la empresa, flexibilidad, entre otras cosas la que se encuentra más acorde a las necesidades de la universidad, por tanto se recomienda a esta empresa para la adquisición de tal servicio.

3.3 ALTERNATIVA 3. CONTRATACIÓN EXTERNA ENCARGADA DEL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS DE REFRIGERANTE A EXTRAER DE LOS EQUIPOS DADOS DE BAJA DENTRO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.

3.3.1 Descripción

Esta alternativa busca dar cumplimiento a las buenas prácticas de refrigeración y aire acondicionado mediante la adquisición de servicios por parte de una empresa externa para los procesos de recuperación, reciclaje y disposición final del refrigerante contenido en los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad.

se busca una desconexión total del proceso para buenas prácticas de refrigeración y aire acondicionado, sin dejar a un lado la responsabilidad ambiental, darle un buen manejo a los residuos generados dentro de la universidad; por tanto el objetivo de esta alternativa es aliarse con una empresa, esta se encargaría de realizar el proceso completo: *recuperación, reciclaje y regeneración*. Para lo que se estudiarán tres empresas prestadoras de servicio en el país con el fin de seleccionar la más conveniente.

Las empresas consideradas fueron las siguientes:

- Lito S.A Bucaramanga, Colombia.
Gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos.
- Gaia Vitare Ltda, Ingenieros Ambientales Bogotá, Colombia.

3.3.2 Aspectos técnicos

3.3.2.1 Lito s.a gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos⁴¹

LITO S.A. es una empresa especializada en la gestión ambiental de excedentes industriales del sector eléctrico y telecomunicaciones, gestión de residuos peligrosos dentro del país y manejo de residuos peligrosos y tratamiento, eliminación de diferentes residuos en el exterior. Cuenta a nivel nacional con sedes en las principales ciudades de Colombia, tales como:

- Medellín
- Bogotá
- Cali
- Barranquilla
- Bucaramanga

Misión

Trabajar en la recuperación y aprovechamiento de excedentes industriales, contribuyendo al ahorro de los recursos naturales y a la preservación del medio ambiente, generando empleo y aportando en la solución de la problemática social.

Servicios

Están dirigidos a empresas que producen diferentes tipos de residuos industriales, especialmente las del sector eléctrico y de telecomunicaciones, lo que nos ha

⁴¹ LITO S.A GESTIÓN INTEGRAL DE EXCEDENTES INDUSTRIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS. [en línea]. Disponible en internet: < <http://www.litoltda.com> >

permitido adquirir la experiencia necesaria en el manejo de una amplia gama de materiales. Dentro de estos servicios se cuenta con:

Servicios técnicos:

- Compra
 - Equipos obsoletos
 - Equipos eléctricos

- Venta
 - Chatarra

- Recuperación y aprovechamiento
 - Materiales cerámicos, metálicos y poliméricos.
 - Metales y no metales a partir de residuos electrónicos.
 - Aparatos eléctricos.

- Destrucción
 - Elementos de seguridad sellos, medidores, placas, etc.

- Fabricación
 - Semielaborados metálicos.
 - Aluminio en lingotes.

Servicios ambientales:

- Estudios ambientales
 - Contaminación por bifenilos policlorados- PCB (agua, suelos, sedimentos).
 - Inventarios de PCB y diseño de planes de gestión.

- Laboratorio ambiental
 - Servicios de toma y muestra.

- Análisis de PCB semicualitativo y/o cuantitativo en equipos de y/o aceites.
- Transporte
 - Residuos Materiales.
 - Residuos peligrosos.
- Exportación
 - Residuos peligrosos para su aprovechamiento y/o tratamiento en el exterior.
 - Cadmio, Mercurio, Litio, Níquel, SAO (Sustancias agotadoras de la capa de ozono).

Alianzas estratégicas para la eliminación de residuos peligrosos

Para realizar aprovechamiento, reciclaje, tratamiento físico-químico y/o eliminación de los residuos peligrosos, LITO S.A. cuenta con las siguientes alianzas estratégicas:

A NIVEL NACIONAL

- ECOPROCESAMIENTO / HOLCIM – planta nacional especializada en coprocesamiento de residuos peligrosos en el horno cementero, tales como residuos de hidrocarburos, materiales contaminados con estos, plásticos, cauchos, embalajes contaminados; localizada en Boyacá – Nobsa
- GRUPO DIACO – planta de fundición de chatarra ferrosa con sistemas de alta eficiencia para control de polución, localizada en Tocancipá - Cundinamarca. Aprovechamiento de cilindros vacíos de gas SAO y de pilas alcalinas seleccionadas (proyecto – piloto)

- PROSARC S.A. ESP – planta de incineración especializada en la destrucción térmica de diferentes tipos de residuos peligrosos de origen orgánico, con altos poderes caloríficos y no clorados; localizada en Mosquera, Cundinamarca.
- TECNIAMSA S.A. E.S.P. – empresa de incineración especializada en la destrucción térmica de diferentes tipos de residuos peligrosos, localizada en Mosquera, Cundinamarca.
- MAC S.A. – empresa especializada en el Reciclaje y Aprovechamiento de plomo, localizada en Yumbo – Valle del Cauca.

A NIVEL INTERNACIONAL

- GEEP International-Empresa especializada en el manejo de Activos Electrónicos y de Telecomunicaciones dados de baja por medio de un proceso de destrucción/reciclaje, desensamble y aprovechamiento de los materiales
- SNAM Francia- empresa especializada en el manejo de pilas y baterías
- EKOKEM Finlandia –empresa especializada en el manejo de residuos mercuriales y PCBs.

3.3.2.2 Gaia vitare Ltda, ingenieros ambientales⁴²

La compañía GAIA VITARE LTDA, empresa de consultoría e ingeniería ambiental, líderes en Colombia en el manejo integral de RAEE´s Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, con más de 10 años de experiencia presta el servicio de recolección, transporte, destrucción, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de RAEE´s.

⁴² GAIA VITARE LTDA. [en línea]. Disponible en internet < <http://www.gaiavitare.com>>

La compañía cuenta con licencia ambiental otorgada por la Secretaria Distrital de Ambiente a través de la resolución No 1634 de noviembre 4 de 2004, contamos con la certificación ISO 9001:2008, ISO 14001:2004.

Con el propósito de garantizar el desarrollo del servicio para el manejo integral de RAEE´s Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, se presenta a continuación la metodología de los servicios a prestar por GAIA VITARE LTDA:

Misión

Gaia Vitare, Es una compañía dedicada al manejo integral de residuos especiales y peligrosos entre ellos los eléctricos y electrónicos (RAEE´S), trabajando con esfuerzo y profesionalismo, buscando siempre una excelente calidad y eficiencia en los servicios, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, las expectativas de la comunidad y entes de control dentro del concepto de desarrollo sostenible.

Servicios

Según la necesidad que se presenta en este proyecto, la compañía dentro de esta rama maneja ciertos residuos. Bajo la Licencia Ambiental otorgada por la secretaria Ambiental de Bogotá abarca la gestión de todos los residuos de aparatos Eléctricos, Electrónicos y de Telecomunicaciones.

Esto significa que Gaia Vitare Ltda, cuenta con la licencia para la Gestión de todas las Categorías de los RAEE que son:

- Electrodomésticos grandes. (Línea Blanca como Aires Acondicionados, Neveras, Lavadoras, entre otros.)
- Electrodomésticos pequeños. (Como hornos microondas, aspiradoras, licuadoras, cafeteras, entre otros)

- Aparatos de tecnología informática y telecomunicación. (Como equipos de cómputo, impresoras y sus consumibles tóner y cartuchos, celulares, aparatos de oficina, entre otros)
- Aparatos de Audio y video. (Línea Marrón)
- Maquinaria Industrial.
- Herramientas Eléctricas y electrónicas.
- Juguetes eléctricos.
- Equipos médicos (con previa verificación de hoja de seguridad).
- Instrumentos y equipos de medición y control
- Máquinas automáticas dispensadoras. (Cajeros Automáticos, Dispensadoras de Gaseosas, entre otros)
- Pilas y Baterías en sus diferentes composiciones químicas.
- Lámparas y luminarias.

Desarrollo técnico

- Recolección.

GAIA VITARE LTDA realiza el cargue de los residuos en el lugar de recolección. Igualmente llevará el registro de pesaje de los residuos para cada recolección. Para cantidades mayores a 500 Kg el pesaje es realizado en básculas camioneras que cuentan con el certificado de calibración.

Para recolecciones menores a 500 Kg el pesaje de los residuos se realiza en la báscula digital calibrada, con que cuenta Gaia Vitare Ltda, y que se lleva el día de la recolección.

El día de la recolección de los residuos se hará entrega del manifiesto de recolección, registrando la clase de residuo y las cantidades en peso y volumen; el cual queda al final del proceso firmado por ambas partes.

- **Transporte.**
Se incluirá el servicio de transporte de las diferentes instalaciones en Bogotá indicadas por el Cliente, hacia la planta de GAIA VITARE LTDA en Bogotá.
Gaia Vitare Ltda cuenta con servicio propio de transporte. El cual cumple con los requerimientos exigidos por el decreto Número 1609 de 2002 emitido por el Ministerio de Transporte, relacionado con el transporte de residuos peligrosos y especiales.
- **Destrucción.**
Para todos los RAEE´s Gaia Vitare Ltda. realiza la destrucción e inhabilitación, con el fin de que el aparato o sus partes y componentes no vuelvan a ser reutilizados ni re manufacturados. Así evitando que estos residuos sean comercializados en los mercados negros de partes. Igualmente realiza el retiro cuidadoso de las etiquetas, logos, marcas e identificaciones del cliente. Por lo anterior Gaia Vitare Ltda. Certifica la destrucción de todo el material, garantizando una mayor seguridad y confiabilidad en la imagen corporativa del cliente.
- **Tratamiento, aprovechamiento y disposición final.**
El proceso de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de cada uno de los aparatos o partes y componentes en des uso, comprenden todas las operaciones efectuadas para descontaminar, desmontar, desensamblar, triturar y disponer los RAEE´s Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. El tratamiento de los RAEE incluye, la extracción de todos los componentes con contenido de sustancias peligrosas y su posterior tratamiento y disposición final selectiva. Lo cual se realiza en la planta de Gaia Vitare Ltda., en Bogotá.

Para efectos de la disposición final de los residuos peligrosos que no pudieran ser dispuestos en la planta, luego de que el material está destruido y pre acondicionado contrata a terceros, dentro o fuera del territorio nacional. En el

caso de la disposición final de los residuos peligrosos fuera del territorio nacional, se desarrollan las labores de logística y transporte al exterior. Estos componentes con sustancias peligrosas, considerados como residuos peligrosos se definen de acuerdo a los términos establecidos en el Decreto 4741 de 2005 y Convenio de Basilea, Ley 253 de 1995 que aprueba en Colombia el Convenio de Basilea.

- Entrega de certificados.

Gaia Vitare Ltda. hace entrega al cliente la respectiva ACTA DE DESTRUCCIÓN Y MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS. Dicha acta es el soporte Legal que certifica el manejo adecuado de los residuos y es avalada ante las autoridades ambientales.

3.3.3 Estudio de viabilidad económica

Debido a la gran cantidad de equipos de refrigeración y aire acondicionado que actualmente se encuentran acumulados en la bodega de la División de Mantenimiento Tecnológico a la espera de extracción de refrigerante, para darle así un buen uso y cumplimiento a la normativa ambiental; los costos iniciales varían de los costos mensuales debido a la diferencia de equipos a intervenir, ya que una vez desocupada la bodega se espera realizar el proceso mensualmente y así optimizar el proceso de dada de baja de los equipos de refrigeración y aire acondicionado y liberar espacios. Por lo tanto se realizó el estudio de la siguiente manera:

3.3.3.1 Inversión inicial

En Inversión inicial se consideran los costos para la implementación durante su primer año.

Tabla 42. Estudio costos iniciales

		Costo Inicial				
Empresa	Residuo	Número de Equipos Iniciales que requieren servicio	Cantidad (Kg/ por equipo)	Tratamiento y disposición final	Recolección y Transporte	Costo TOTAL
Lito S.A	Refrigerante	40	1	\$ 600,000.00	\$1,000,000.00	\$ 1,600,000.00
Gaia Vitade Ltda	Refrigerante	40	1	\$ 180,000.00	\$1,000,000.00	\$ 1,180,000.00

Fuente: Autores

Al elegir la empresa Gaia Vitare Ltda, se está generando un ahorro de \$420,000.00 respecto a Lito S.A. lo que nos lleva a seleccionar por criterio económico a Gaia Vitade Ltda como empresa como prestadora del servicio a la universidad para los equipos que se encuentran actualmente en bodega de DMT.

- Costo Mensual.

Tabla 43. Estudio costo mensual.

Costo Mensual							
Empresa	Residuo	Número de Equipos dados de baja /mes	Cantidad (Kg/ por equipo)	Tratamiento y disposición final	Recolección y Transporte	Gastos Administrativos por cantidades menores a 50Kg	Costo TOTAL
Gaia Vitade Ltda	Refrigerante	8	1	\$ 180,000.00	\$1,000,000.00	\$ -	\$1,180,000.00
Lito S.A	Refrigerante	8	1	\$ 200,000.00	\$1,000,000.00	\$ 70,000.00	\$1,270,000.00

Fuente: Autores

Al elegir la empresa Gaia Vitare Ltda, se está generando un ahorro anual de \$1'080.000 respecto a Lito S.A. lo que nos lleva a seleccionar por criterio económico a esta empresa como prestadora del servicio a la universidad para los equipos que se darán de baja en el transcurso del año por la DMT.

NOTA: los datos utilizados para el estudio de las necesidades mensuales de la Universidad Industrial de Santander, pueden estar sometidos a cambios ya que no dependen directamente de la voluntad de la División de Mantenimiento Tecnológico, sino del usuario directamente.

3.3.3.2 Descripción de la propuesta económica Lito S.A.S

El precio unitario ofrecido en esta cotización es por kilogramo de residuos entregada por el cliente, en este caso la Universidad Industrial de Santander,

incluyendo dentro del peso el embalaje del residuo peligroso. El peso a facturar será el registrado en las básculas de LITO S.A., debidamente calibradas.

Tabla 44. Precios que LITO S. A cobra a la Universidad Industrial de Santander por la disposición final de residuos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND DE MEDIDA	\$ UNIT ANTES DEL IVA	DESTINO
1	Refrigeradores, Neveras y Aires Acondicionados	UNIDAD - EQUIPO	\$ 15.000	Despiece, Segregación, Extracción del gas refrigerante, clasificación de materiales y residuos, embalaje, Comercialización de residuos aprovechables, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos
2	Transporte que cumple con el DECRETO 1609 para transporte de sustancias / materiales y residuos peligrosos.	X VIAJE **	\$ 180.000	Dentro del perímetro urbano de Bogotá
TOTAL + (IVA 16%)				

Fuente: Lito S. A

La cantidad mínima para recepción en planta de LITO S.A. es de 50 Kilogramos en total de residuos, si la cantidad es inferior se cobrará una tarifa adicional de gastos administrativos por \$ 70.000.

- Servicio de transporte.

Lito S. A dispone de un parque automotor propio que cumple con los requisitos del decreto 1609 para transporte de sustancias materiales y residuos peligrosos.

- Servicio de Recolección y Transporte SIN costo.

Se incluye como valor agregado al servicio siempre y cuando la carga supere los 300 Kg. y el punto de recolección del cliente se encuentre dentro del perímetro urbano donde LITO S.A. tiene sedes licenciadas, es decir Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín.

- Servicio de Recolección y Transporte CON costo.

Si el cliente no cumple las condiciones citadas en el anterior punto, el servicio será cobrado. Es decir: si la carga no supera los 300 Kg. y si los sitios donde se debe realizar la recolección se encuentra fuera del perímetro urbano de las ciudades donde LITO S.A. tiene sedes. Para tal caso el costo del flete o transporte será estimado de acuerdo a la distancia y a la cantidad a recolectar especificado por viajes.

- Forma de entrega.

Una vez el material sea recogido o entregado en las instalaciones de LITO S.A. se realizará la facturación correspondiente en un lapso de 8 días después de prestado el servicio; se cobra el 100% del costo del servicio. Las facturas se deben cancelar dentro de los 30 días calendario fecha factura. Una vez se realice la cancelación de la misma se debe hacer llegar copia del recibo de cancelación, ya sea por fax o vía mail.

- Certificado de servicio.

La empresa entregará el certificado de almacenamiento en bodega de seguridad de los residuos entregados por la empresa UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER junto con la factura del cobro del servicio, con previa verificación del cumplimiento de las condiciones del alcance del servicio y el estado de entrega de los residuos por parte del generador del residuo.

El certificado de disposición final será entregado en el momento en que se haga efectiva dicha disposición con previa verificación del pago de la factura. (Los certificados finales se entregarán en las instalaciones de LITO S.A., previa confirmación de su expedición).

3.3.3.3 Descripción de propuesta económica, Gaia Vitae Ltda.

El costo por el servicio de manejo, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los RAEE´s residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se determina de acuerdo a la cantidad en Kilogramos (Kg), y la clase de residuos. A continuación se presentan las tarifas:

Tabla 45. Propuesta económica, Gaia Vitae Ltda. a la Universidad Industrial de Santander.

Residuo	Rango peso	Costo	Observación
RAEE's Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Aparatos de tecnología informática y telecomunicación (equipos de computo y sus periféricos), Equipos de Oficina, Electrodomésticos, Aparatos de Audio y Video, Maquinaria y herramienta industrial.	Menos de 180 Kg	Tarifa única \$180.000	El precio incluye el tratamiento y disposición final del residuo.
	181 kg En Adelante	\$ 1.000 / Kg.	

Residuo	Rango peso	Costo	Condiciones
Refrigerantes	Menos de 71 Kg	Tarifa única \$180.000	El precio incluye el tratamiento y disposición final de los residuos.
	72 kg –En Adelante	\$ 2.530 / Kg.	

A los precios anteriores se les adicionará el IVA 16%

Recolección y Transporte	Costo	Condiciones
Bucaramanga - Bogotá	Hasta 500 Kg	El precio incluye la recolección y transporte de los residuos peligrosos dando cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2002.
	\$ 1.000.000	

Fuente: Gaia Vitae Ltda.

- Condiciones para el servicio prestado por Gaia Vitare Ltda.
 - Los residuos deben estar debidamente empacados, embalados y clasificados; especialmente los residuos como Tóner, Pilas y Baterías y Lámparas (estas últimas evitando que se rompan durante el transporte).
 - El cliente que requiera su facturación soportada en la báscula de sus instalaciones deberá suministrar a Gaia Vitare Ltda. la calibración de

báscula correspondiente con el sello de aprobación de la Superintendencia de Industria y Comercio, de lo contrario se factura el servicio con la báscula indicada por Gaia Vitare Ltda.

- Gaia Vitare Ltda. confirmará al cliente a más tardar el día anterior la realización de la recolección de los residuos. En caso de una cancelación del servicio el mismo día del cargue, se cobrará el *Standby* del vehículo por un valor de \$100.000, \$ 150.000 o \$ 300.000, dependiendo del tipo de vehículo asignado.

3.3.4 Selección de empresa

Para determinar cuál de las empresas mencionadas anteriormente para la prestación de servicio de recuperación, reciclaje y disposición final de residuos de refrigerante generados dentro de la universidad por los equipos de refrigeración y aire acondicionado, se usaron criterios económicos, confiabilidad del servicio, licencias ambientales y la experiencia de la empresa; para lo cual se obtuvo:

Tabla 46. Selección de empresa

Empresas Prestadoras de

	Críticidad	Servicio			
		Gaia Vitare		Lito S.A	
		Puntos	Total	Puntos	Total
Alianzas Nacionales e internacionales	10	3	30	3	30
Licencia Ambiental	10	5	50	5	50
Manejo de Residuos SAO	10	5	50	5	50
Recolección de Residuos	10	5	50	5	50
Transporte Nacional de Residuos	10	5	50	3	30
Destrucción de Residuos	10	5	50	3	30
Tratamiento, Aprovechamiento y disposición final	10	5	50	5	50
Entrega certificado a la Universidad	10	5	50	5	50
Costos económicos	20	5	100	3	60
TOTAL	100		480		400
			4.8		4.0

Fuente: Autores

Nota: Los datos utilizados en cada una de las empresas fueron suministrados por ellas mismas.

Gaia Vitare Ltda., cumple con la totalidad de los requisitos necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos para este proyecto. En las siguientes tablas se explican el puntaje dado a cada una de las empresas respecto a los costos económicos

3.3.5 Conclusión

Proyectando la implementación de esta alternativa, en la que todos los procesos recuperación, reciclaje, regeneración y destrucción de los residuos de refrigerante generados por la Universidad Industrial de Santander, tenemos:

Tabla 47. Costos generados a 10 años con incremento del 5%

Tiempo	Costo
año 1	\$ 15,340,000
año 2	\$ 16,107,000
año 3	\$ 16,912,350
año 4	\$ 17,757,968
año 5	\$ 18,645,866
año 6	\$ 19,578,159
año 7	\$ 20,557,067
año 8	\$ 21,584,920
año 9	\$ 22,664,167
año 10	\$ 23,797,375

Fuente: Autores

Podemos ver los costos generados durante los primeros 10 años, suponiendo constante la cantidad de equipos de refrigeración y aire acondicionado a dar de baja, y un incremento del 5% anual en los costos, se tiene que para el año 2023 la Universidad deberá pagar una cantidad de \$23'797.375 millones de pesos anuales a la empresa prestadora del servicio.

4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA A IMPLEMENTAR

El presente proyecto nace con los objetivos de realizar un análisis de viabilidad sobre los diferentes escenarios para la implementación de un sistema en buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado, establecidas por el ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial. Para ello se evalúan las siguientes alternativas:

1. Implementar un sistema para la recuperación, reciclaje y reproceso y/o destrucción de refrigerante en la Universidad Industrial de Santander.
2. Implementar un sistema para la recuperación y reciclaje de refrigerante en la Universidad Industrial de Santander.
3. Adquirir servicios externos para manejo del refrigerante contenido en equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad Industrial de Santander.

Una vez realizado el estudio a fondo de cada una de las alternativas anteriormente nombradas, la elección realizada en cuanto al proceso, manejo de residuos de refrigerante y su economía, se hará evaluando los pros y contra de cada una de ellas, obteniendo:

4.1 SELECCIÓN POR CRITERIO ECONÓMICO

- En la siguiente tabla se resume la inversión inicial y los costos anuales para cada una de las alternativas mencionadas anteriormente.

Tabla 49. Valores presentes Netos a 10 años para cada alternativa

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Valor Presente Neto	\$1.934'000.000	\$109'500.000	\$150'600.000

Fuente: Autores

4.2 SELECCIÓN POR CRITERIOS INTANGIBLES

Respecto a los valores obtenidos se puede concluir que la alternativa que genera menos gastos, refiriéndonos solo de una manera económica es la número dos. Con unos costos durante diez años de 109'500.000, generando un ahorro respecto a la alternativa 3, la siguiente menos costosa de \$41'100.000

- En el siguiente cuadro se muestra y estudia cada alternativa en una forma intangible, es decir los pros y contras no relacionados a costos económicos.

Tabla 50. Ventajas y Desventajas de la evaluación de alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Ventajas	Incursión de la Universidad dentro del Mercado Nacional de tratamiento de residuos refrigerantes	No hay necesidad de adaptar una planta bajo responsabilidad de la Universidad.	Cumplimiento de la normativa ambiental, sin participación directa en el proceso.
Desventajas	Falta de apropiación del proyecto por los entes encargados.	Participación parcial de la Universidad.	Falta de participación de la Universidad dentro de los procesos de recuperación, reciclaje y regeneración en el mercado Nacional.

Fuente: Autores

El estudio realizado muestra que todas las alternativas son viables, ya que si unas generan más que otras, cada una trae con ellas sus propios beneficios.

4.3 CONCLUSIÓN

Para poder seleccionar cuál de las alternativas es la más viable, considerando tanto los factores económicos como intangibles, para llevar a cabo el proyecto de implementar en la Universidad Industrial de Santander un programa para la recuperación, reciclaje y regeneración de refrigerante contenido en los equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Se resumieron los criterios más importantes en la siguiente tabla:

Tabla 51. Conclusión selección de alternativas

	Criticidad	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Puntos	Total	Puntos	Total	Puntos	Total
Compromiso con el proyecto por parte de la Universidad	20	1	20	5	100	5	100
Cumplimiento con la normativa ambiental	10	5	50	5	50	5	50
Participación de la UIS dentro de los procesos	10	5	50	3	30	1	10
Tiempos de inicio de proyecto	10	1	10	5	50	5	50
Costo de inversión inicial	25	1	25	5	125	3	75
Costo de sostenibilidad anual	25	1	25	5	125	3	75
TOTAL	100		180		480		360

Fuente: Autores

De la tabla anterior se puede observar que la alternativa 2, resulta ser la más conveniente, por tanto es la alternativa que se implementará para el desarrollo de este proyecto.

5. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

5.1 PROCEDIMIENTOS PARA EMISIÓN DE CONCEPTO TÉCNICO DE BAJA

La finalidad de crear estos procedimientos es garantizar que la División de Mantenimiento Tecnológico no solo tiene la responsabilidad sino la obligación de cumplir a cabalidad los procesos correspondientes a la alternativa 2, que para este caso serán aplicados a los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la universidad, dichos procesos son los siguientes:

- Recuperación y reciclaje del refrigerante, esta actividad será realizada por técnicos especialistas en el tema y bajo labor de la División de Mantenimiento Tecnológico y supervisión del PGIR.
- Regeneración y destrucción de refrigerante, esta actividad se llevará a cabo por medio de contratación externa, para este caso y bajo condiciones de

negociación, la empresa encargada será LITO S.A. la solicitud de este servicio será realizada directamente por el PGIR.

NOTA: la selección de la empresa que se encargará de la disposición final de los residuos de refrigerante, está bajo criterio del PGIR. y DMT de la Universidad, y esta podrá ser cambiada de acuerdo a las necesidades de los mismos entes.

El objetivo de los procedimientos para emisión de concepto técnico de baja es establecer las actividades necesarias para generar concepto técnico de baja de equipos, basados en su estado y condiciones de acuerdo a las solicitudes realizadas por las Unidades Académico y/o Administrativas de la Universidad Industrial de Santander.

5.2 CONSIDERACIONES

Para el desarrollo del procedimiento para emisión de concepto técnico de baja por parte de la DMT, se deben considerar los siguientes aspectos:

- La baja de equipos la recomienda el técnico, el concepto técnico de baja requiere el visto bueno del jefe o profesional de la DMT, y el responsable del equipo se encarga de informar al grupo de inventario de la División Financiera la necesidad de dar baja el equipo.
- El concepto técnico de baja se emite solo en respuesta a una solicitud realizada por la Unidad responsable del equipo.

- La División de Mantenimiento Tecnológico revisará el equipo para poder así emitir concepto técnico de baja, a través de personal técnico idóneo para la actividad, con personal propio o a través de proveedores de servicio.
- La supervisión de las actividades para la emisión de concepto técnico de baja en las sedes regionales estará a cargo del coordinador respectivo. Los equipos deberán ser trasladados hasta la bodega de la División de Mantenimiento Tecnológico.

Nota: Si el número de equipos a trasladar hasta la sede principal es mayor, se considerará dar de baja al equipo en la sede correspondiente.

- Los residuos extraídos los equipos serán tratados bajo normativas ambientales vigentes, con la supervisión y colaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos.
- La disposición final del residuo se hará por contratación externa solicitada por su directo responsable.
- El concepto técnico de baja del equipo es recibido por el responsable, quien debe hacerlo llegar a la división de Inventarios para su respectiva acción.

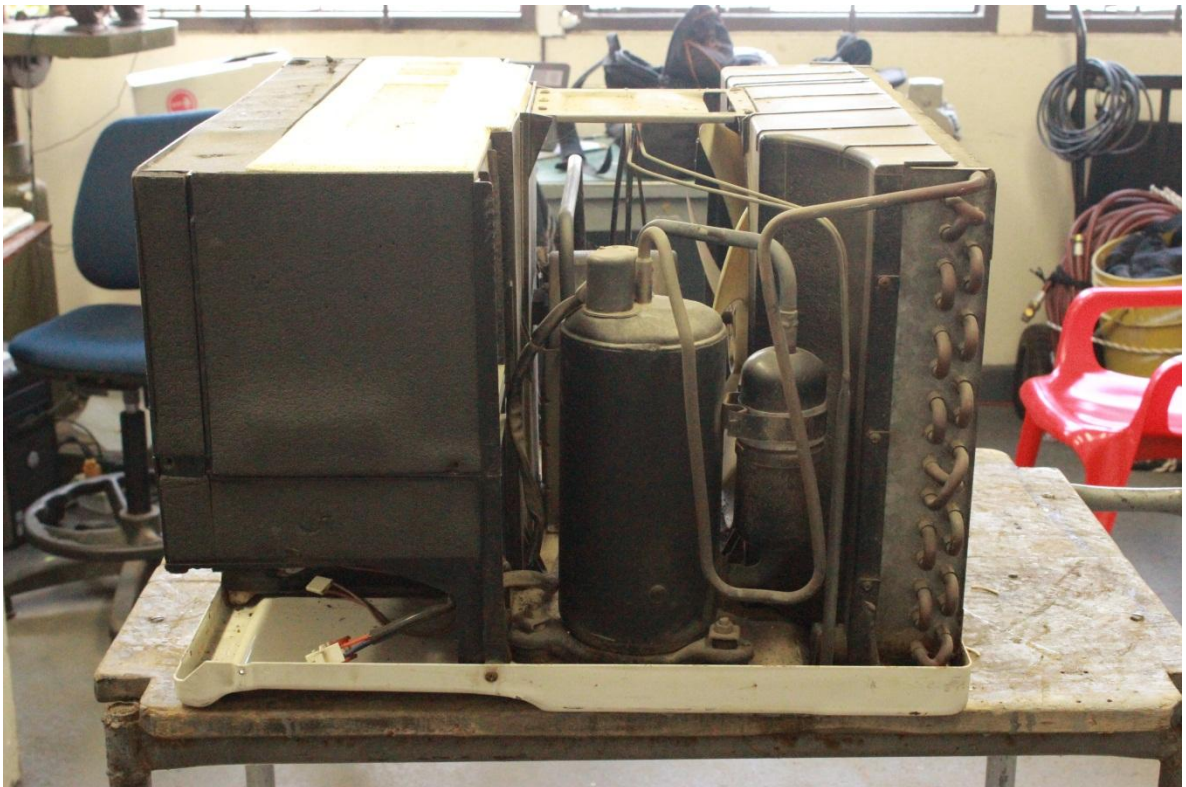
5.3 PRUEBAS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Se realizaron pruebas de recuperación y reciclaje del refrigerante R-22 registradas en video como material de soporte al proyecto, en las cuales se evidenciaron los equipos y herramientas a utilizar; También las medidas y normas de seguridad a la hora de realizar este tipo de procedimiento. La filmación de este video también sirve como material de aprendizaje y conocimiento para los estudiantes de la materia refrigeración y aire acondicionado.

5.3.1 Herramientas y equipos

Para el desarrollo de la prueba se utilizó un aire acondicionado tipo ventana marca LG modelo LW-D1833CL con 1Kg de gas refrigerante tipo R-22 como se muestra en la Figura 76:

Figura 77. Aire LG modelo LW-D1833CL



Fuente: Autores

Dicho aire se encuentra en la bodega de la división de mantenimiento tecnológico.

Para llevar a cabo la extracción se utilizó un equipo de recuperación denominado “refrigerant recovery unit” modelo VRR 12 O.F.P-LV Figura 77 con motor de $\frac{1}{2}$ hp.

El principio básico de funcionamiento de dicha máquina consiste en generar un diferencial de presión entre el sistema y el cilindro de recuperación para que el refrigerante fluya en la dirección determinada independientemente del método a utilizar.

Figura 78. Unidad de recuperación



Fuente: Autores

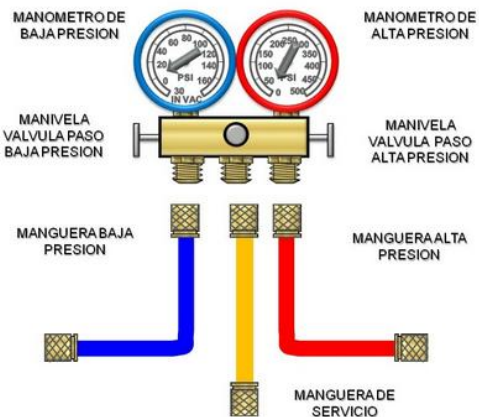
Se dispusieron en la prueba un kit de reciclaje Figura 78 utilizado para disminuir los contaminantes que se hallan en el refrigerante mediante la separación de aceite, remoción de sustancias no condensables y el uso de filtros para reducir la acidez, humedad, etc. y un conjunto de manómetros para seguir el comportamiento de la presión durante la extracción.

Figura 79. Kit de reciclaje y manómetros



Fuente: Autores

Figura 80. Descripción de manómetros

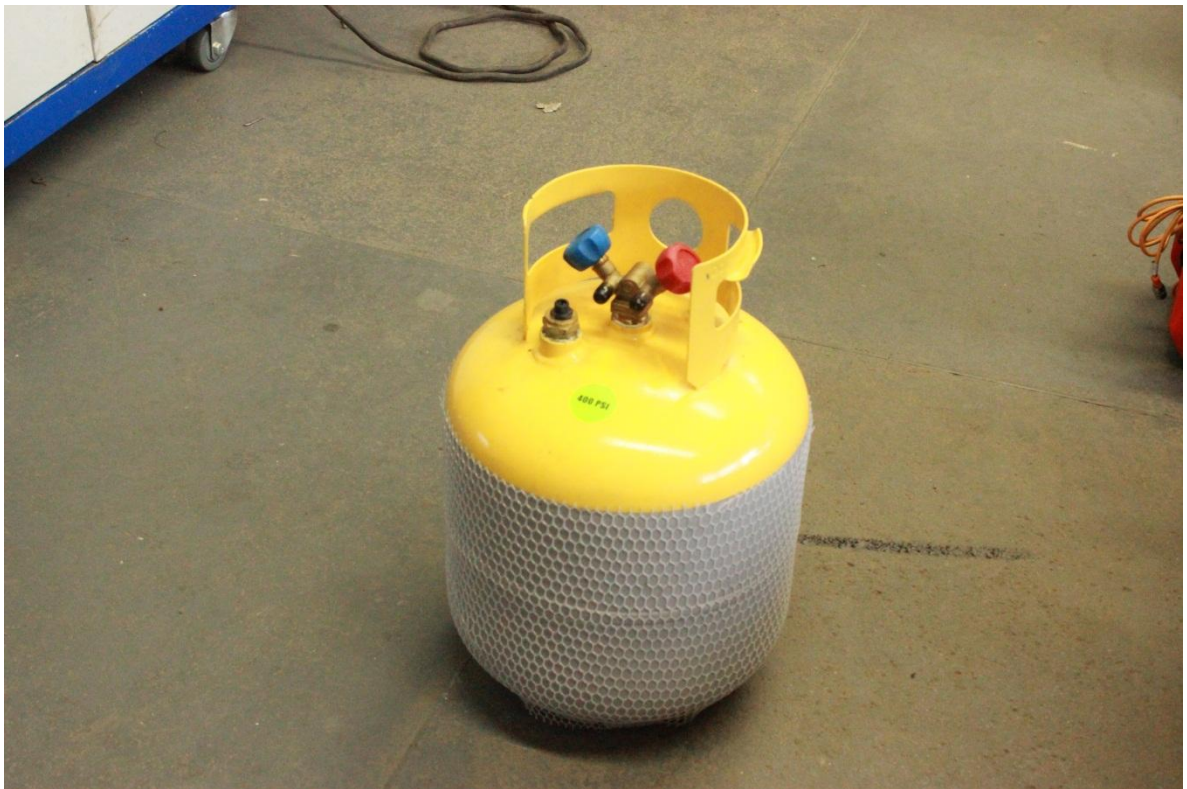


Fuente: Autores

Como se observa en la Figura 79 el manómetro de color azul se utilizó para medir la presión de baja.

Se utilizó un cilindro de recuperación de 50 lb Figura 80 con el sello de certificación del departamento de transporte para el almacenamiento del refrigerante:

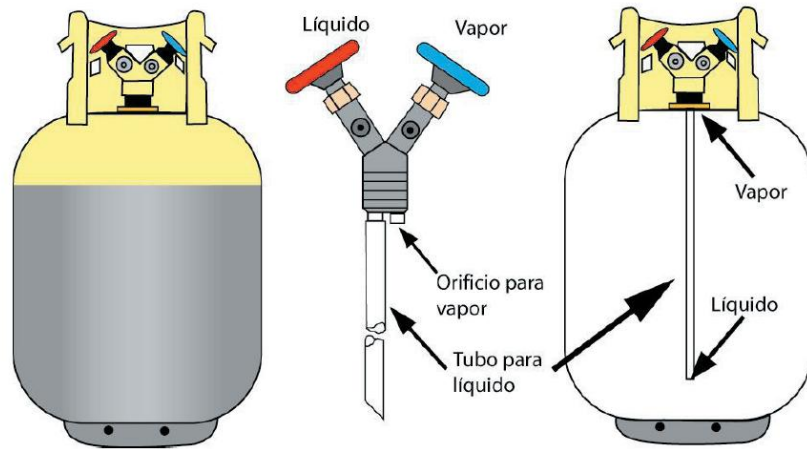
Figura 81. Cilindro de recuperación 50 lb



Fuente: Autores

Para realizar la extracción de refrigerante mediante el método de transferencia de vapor se requiere conocer los componentes del cilindro Figura 81.

Figura 82. Componentes del cilindro de recuperación



Fuente: buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado SEMARNAT

La válvula de la izquierda de color rojo es la conexión para líquido y la válvula de la derecha color azul es la conexión para vapor.

Finalmente se utilizaron diferentes mangueras de servicio, con diversas longitudes para el flujo del refrigerante. (Mientras más cortas sean las mangueras y mayor sea el diámetro de las mismas, la transferencia es más rápida).

5.3.2 Descripción

Lugar y montaje de la prueba:

Para llevar a cabo la extracción del refrigerante era necesario contar con un espacio amplio y de gran ventilación para evitar la inhalación excesiva y las consecuencias que esto conlleva, de tal manera que se realizó en uno de los talleres de la división de mantenimiento tecnológico Figura 82, con participación del técnico Adalberto Polo Peña el cual está certificado en el mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Figura 83. Taller de Mantenimiento



Fuente: Autores

Tiempo estimado de prueba: aproximadamente 1 hora de transferencia de refrigerante.

Condiciones iniciales: El refrigerante R-22 se encuentra en estado de gas, a temperatura ambiente de aproximadamente °C, 126 psi. El peso del cilindro es: 23 Kg.

Método a utilizar: Recuperación por transferencia de vapor.

Descripción de la prueba:

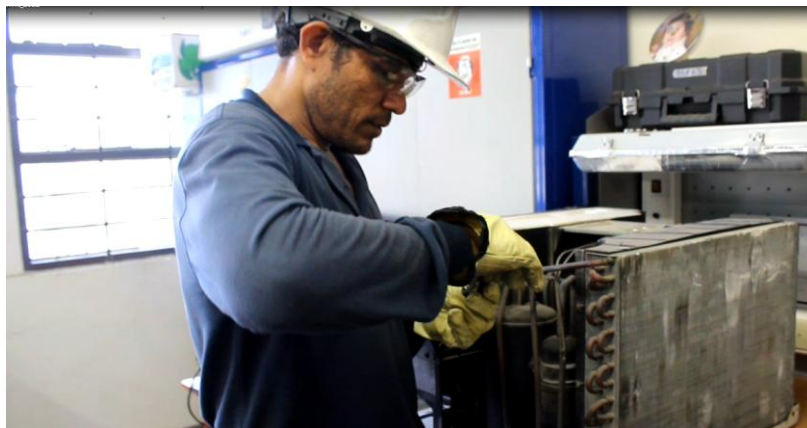
La prueba se llevó a cabo en taller de mantenimiento tecnológico con el montaje que se muestra en las siguientes figuras:

Figura 84. Pruebas de recuperación 1



Fuente: Autores

Figura 85. Pruebas de recuperación 2



Fuente: Autores

Como se evidencia en las fotos, fue necesario el uso de bases metálicas para soportar el aire acondicionado y la unidad de recuperación. El cilindro siempre se debe apoyar sobre el suelo para evitar accidentes.

Para la realización del proceso de recuperación se llevaron a cabo 4 fases descritas a continuación:

FASE 1: PESO DEL CILINDRO

Para iniciar el proceso de recuperación es necesario pesar el cilindro para saber la cantidad de refrigerante que posee en su interior Figura 83 debido a que ya se ha utilizado previamente en otras recuperaciones. El objetivo es conocer la cantidad de refrigerante que se extrae del aire acondicionado. Recordar que el cilindro no se debe llenar más de 80% de su capacidad.

Figura 86. Peso del cilindro



Fuente: Autores

FASE 2: CONEXIONES

Figura 87. Conexiones en el proceso de recuperación de refrigerante



Fuente: Autores

- Con el aire acondicionado en “frío” es decir apagado, el refrigerante se encuentra estable en todas las tuberías, tanto en la de alta (salida), como en la de baja (retorno) en estado de gas. Conecte la válvula perforadora (conocida como válvula roba gas) a cualquier línea de la tubería del aire acondicionado cuyo diámetro se acomode al tamaño de la válvula perforadora.
- Conecte una manguera a la válvula roba gas y llévela hasta la entrada del separador de aceite.
- De la salida del separador de aceite conecte otra manguera hacia la entrada del manómetro de baja presión.

- Del puerto de servicio del manifold de manómetros (puerto central) conecte una manguera y añada el filtro deshidratador.
- Conecte una manguera entre el filtro deshidratador y la entrada de la unidad recuperadora.
- De salida la unidad recuperadora conecte una manguera a la válvula de vapor del cilindro recuperador (Válvula de color azul). Conecte el cable al sensor que se encuentra en el cilindro recuperador.
- Conecte la unidad de recuperación a la alimentación eléctrica.

FASE 3: PURGA

- La purga se realiza para eliminar el aire y los contaminantes de las mangueras. En primer lugar verifique que los manómetros estén cerrados. Perfore la válvula roba gas (*el refrigerante fluye hasta la manguera de entrada al manómetro de baja*). Abra el manifold de manómetros (*el refrigerante fluye hasta la entrada de la unidad recuperadora*). Purgue la manguera de la entrada a la unidad recuperadora girándola (*el refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir*).
Abra la válvula de entrada de la unidad recuperadora. Abra la válvula de salida de la unidad recuperadora. (*El refrigerante fluye hasta la entrada del cilindro recuperador*). Purgue la manguera de entrada al cilindro recuperador girándola. (*El refrigerante desplaza al aire haciéndolo salir*).

FASE 4: RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

- Encienda el interruptor de la unidad recuperadora. Finalizada la extracción retire las conexiones y proceda a pesar el cilindro para conocer la cantidad de refrigerante recuperada.

Resultados:

Al final de la prueba se registró una extracción de 1kg de R-22 según la báscula que marcó un peso final del cilindro de 24 Kg.

6. MULTIMEDIA

6.1 ESTRUCTURA Y NAVEGACIÓN DE LA MULTIMEDIA

El objetivo principal de la creación de una multimedia fue estructurar una guía interactiva mediante el Software Adobe Flash Professional, de procedimientos para extracción y disposición de las sustancias agotadoras del ozono, provenientes de los equipos de aire acondicionado dentro del complejo universitario, de acuerdo a la normativa acogida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y UTO; con respecto al manejo y control de SAO. Esta guía interactiva se constituye por 9 módulos diseñados con una interfaz gráfica amigable y de fácil acceso que permiten la interacción al usuario, en este caso el estudiante que tendrá acceso a la información de manera sencilla y divertida complementando su formación académica en el tema de buenas prácticas de refrigeración y aire acondicionado. Se diseñó con los colores institucionales, que representan a la Universidad Industrial de Santander mediante el software ADOBE FLASH PROFESSIONAL CS5.

6.2 VENTAJAS DEL USO DE UNA MULTIMEDIA⁴³

- ✓ Mejora las interfaces basadas solo en texto.
- ✓ Mantiene la atención y el interés.
- ✓ Mejora la retención de la información presentada.
- ✓ Es enormemente divertida.
- ✓ La información se muestra de un modo completo e impactante, debido al desarrollo de los diversos medios de comunicación, en soporte digital.

⁴³Ventajas del uso de multimedia. [en línea]. Disponible en internet: <
<http://tproduccionmultimedia.wordpress.com/3-enumere-algunas-ventajas-de-la-multimedia-con-respecto-a-otros-medios-informativos>>

- ✓ La información está disponible las 24 horas del día.
- ✓ Reducción de los costos. Los costos de las actualizaciones se reducen considerablemente gracias al bajo costo del soporte digital y a la flexibilidad del mismo.
- ✓ Información fácilmente actualizable.
- ✓ La información se personaliza en función de las características y necesidades del usuario final.
- ✓ Gracias a la interactividad, le receptor participa activamente en el proceso Multimedia, teniendo en todo momento el control del mismo.
- ✓ Posibilidad de diversos idiomas en un mismo soporte.
- ✓ Gran capacidad de almacenamiento.
- ✓ Calidad digital de imagen y sonido.
- ✓ La posibilidad de crear aplicaciones en soportes multiplataforma, permite llegar al mayor número de usuarios potenciales, independientemente de la plataforma utilizada.

6.3 REQUERIMIENTOS

6.3.1 Requerimientos de uso

La multimedia tendrá un tipo de usuario normal, ya sea el estudiante o un profesional en modo de consulta. La forma de interacción será a través del mouse desplazándose libremente en cada módulo, el contenido de la multimedia se muestra a través de la pantalla con una resolución mínima de 980x720 pixeles que garantiza la calidad en imagen e información pero se recomienda visualizar con una resolución de 1024x768.

6.3.2 Requerimientos en función

- Se resalta el nombre de cada módulo en el cual se encuentra el usuario, esto mediante un recuadro negro que se forma cuando se pasa el mouse sobre el nombre del módulo.
- Se muestra la ruta de acceso a los contenidos de los módulos en todo momento para la fácil ubicación y retorno.
- Los gráficos, las animaciones y los videos poseen buena resolución lo que los hace llamativos y entendibles para los usuarios. Se implementó un control interactivo sobre el proceso de recuperación de refrigerante por transferencia de vapor que facilita el entendimiento y la captación del mismo.
- Se tienen enlaces para retornar al cualquier contenido de cualquier módulo dentro de todo el espacio de navegación.
- Existe un enlace para mostrar a los integrantes de la multimedia ahorrando espacio en la pantalla de visualización.
- La información de archivos formato pdf se abre en el mismo espacio de contenidos, sin tener que abandonar la multimedia.
- El proceso de destrucción de la capa de ozono se presenta de forma didáctica mediante una animación en el módulo SAO.

6.3.3 Requerimientos estructurales

Se utilizaron estructuras de navegación jerárquicas pues el contenido era extenso y no cabía en la pantalla, de esta manera se puede acceder a cualquier contenido sin obstrucciones lineales o secuenciales que impiden acceder hasta los inicios del primer contenido.

Se crean iconos con enlaces internos que permiten cargar archivos pdf cuando se da clic sobre éste.

Los títulos y el contenido de los módulos se realizaron de la manera más legible posible

6.3.4 Requerimientos del sistema

La elaboración de la multimedia se realizó con ayuda del software ADOBE FLASH PROFESSIONAL CS5 porque permite hacer animaciones, diseños vistosos y gráficos interactivos. También posee herramientas simplificadas que logran mejores efectos con menos esfuerzo.

Para el uso y navegación de la multimedia se explorará en un archivo de extensión .exe (ejecutable); se debe contar con un computador con sistema operativo Windows y unos requisitos mínimos de hardware y software:

Hardware:

- 512 MB de RAM
- Procesador mínimo 1 Ghz
- 50 MB de disco duro
- Resolución de pantalla de 1024 x 768
- Unidad de CD-ROM/DVD-ROM

Software:

- Sistema operativo XP/vista/7/8
- Adobe Reader
- Flash Player

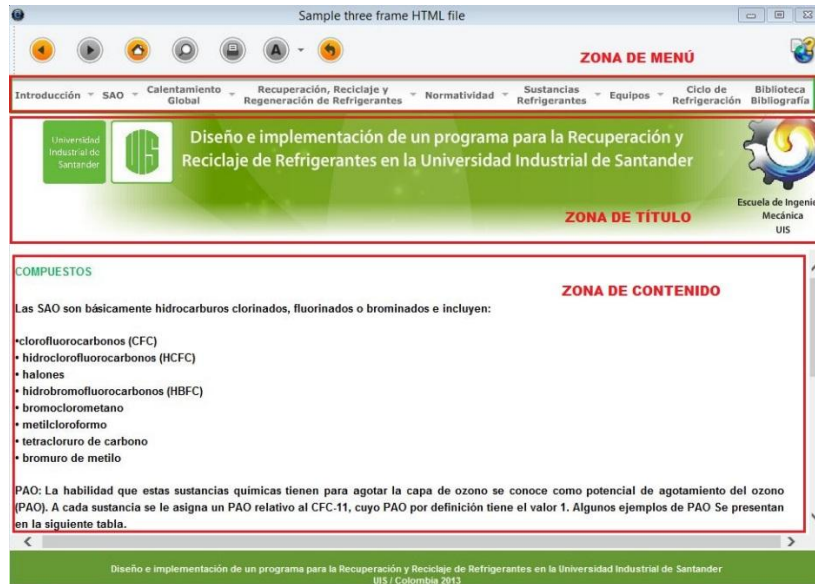
Como se observa no se requiere de conexión a internet ni de ningún software sofisticado para su uso, se diseñó de tal manera que pueda ser accesible en cualquier computador.

6.4 DIAGRAMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La multimedia se diseñó con una resolución mínima de 980x720 pixeles para aprovechar mejor el espacio de trabajo. Se distribuyó en tres zonas: zona de título, zona de menú, zona de contenido.

La zona de título es la zona de identificación de proyecto, como aparece “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTE EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER”. La zona de menú posee el acceso a los 9 módulos implementados en la multimedia: Introducción, SAO, calentamiento global, normatividad, sustancias refrigerantes, recuperación reciclaje y regeneración de refrigerantes, equipos, ciclo de refrigeración, biblioteca/bibliografía. Estas dos zonas se mantienen visibles durante toda la navegación dentro de la multimedia, diseño adecuado para la visión global de todo el contenido y para el retorno y acceso en cualquier instante. Finalmente se presenta la zona de contenidos que abarca la mayoría del espacio para garantizar la legibilidad de las letras y gráficos mostrados.

Figura 88. Distribución de los elementos de la multimedia



Fuente: Autores

Realizada la distribución de los elementos de la multimedia, se procedió a escoger los colores, la tipografía y los efectos a utilizar en cada sección.

6.4.1 Manejo del color

Para la creación de la multimedia se decidió implementar el color de la identidad institucional de la Universidad Industrial de Santander que es el VERDE, un llamativo color que simboliza la esperanza, y un signo cromático que evoca la idea de la apertura del hombre hacia todo aquello que es posible construir, hacia la utopía, hacia lo mejor para la sociedad que es lo que está implícito en la tarea educativa. Los fondos son de color blanco, y las pestañas y menús con sus contenidos poseen letras negras y grises para dar contraste.

6.4.2 Menú y submenús

El menú principal se encuentra en la parte superior sobre la zona de título, visible en todo momento lo que permite al usuario mayor orientación y ahorro de tiempo en búsqueda de la sección deseada. El menú se compone de 9 módulos abarcando todos los temas en cuanto a buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado se trata. Los submenús se despliegan al pasar el mouse sobre cada título del menú principal, y se mantienen hasta acceder a alguno de ellos. La ruta siempre se mantiene visible para facilitar la navegación.

Figura 89. Menú equipos



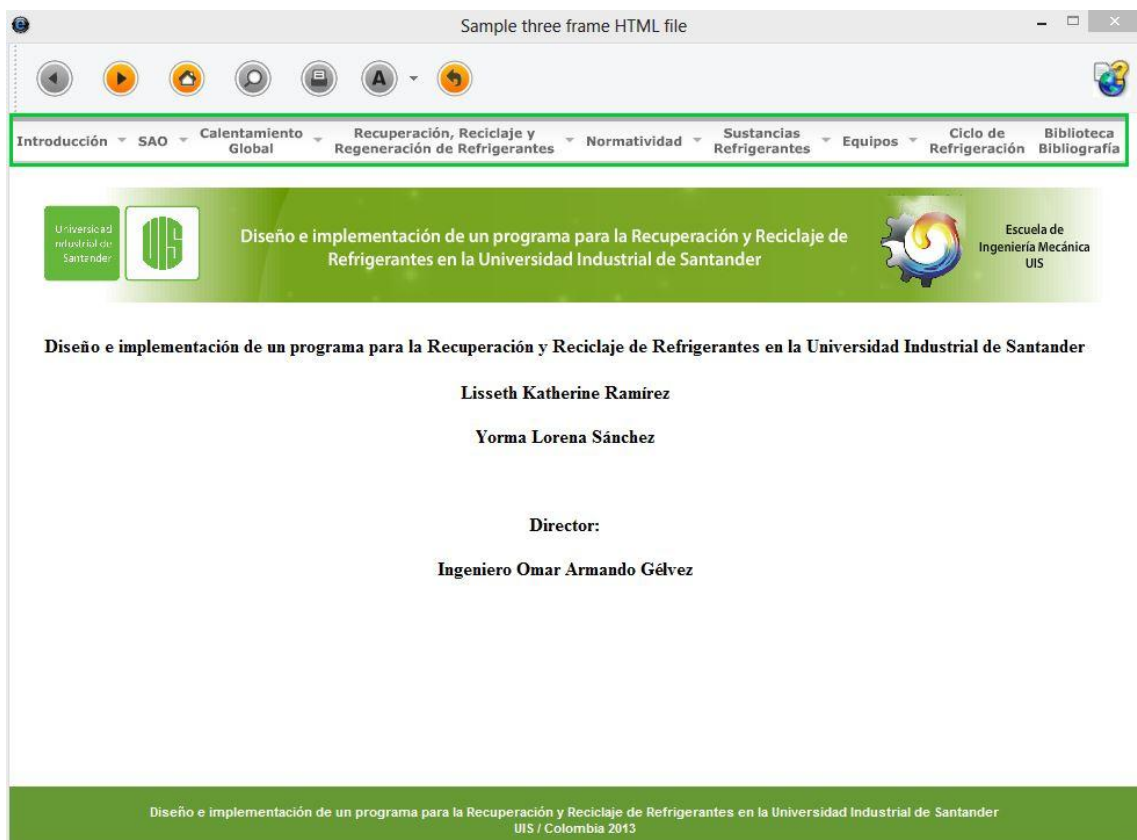
Fuente: Autores

6.5 NAVEGACIÓN

Según lo descrito anteriormente, la multimedia cuenta con zonas bien definidas e identificables por el usuario, la navegación posee una estructura jerárquica que permite mostrar cualquier contenido con la opción de volver o cambiar de sección en cualquier momento.

Dentro de ésta estructura de navegación, la multimedia inicia con la presentación del nombre del proyecto, y al dar clic sobre el botón de acceso se entra al menú principal con los 9 módulos donde se puede acceder a cualquiera de ellos. Esta estructura de navegación impide navegar entre los módulos para evitar la confusión al usuario.

Figura 90. Introducción multimedia



Fuente: Autores

Figura 91. Módulo 1. Introducción



Fuente: Autores

Figura 92. Módulo 2. SAO

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

UVR

la energía UV remueve el átomo de cloro de la molécula de CFC

● Molécula de oxígeno
● Átomo de Cloro
● Átomo de Carbono

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 93. Módulo 3. Calentamiento Global

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

nivel de los océanos, ya que el calentamiento mayor se da en las latitudes altas.

1. Radiación solar recibida 100%.

2. Un 30% es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre.

3. Un 19% es absorbida por las nubes y otros componentes

6. Parte de la radiación infrarroja es absorbida por los gases efecto invernadero y emitida de nuevo a la superficie.

7. Parte de la radiación infrarroja atraviesa la atmósfera y se disipa en el espacio exterior.

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 94. Módulo 4. Recuperación, Reciclaje y Regeneración de refrigerantes

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 95. Módulo 5. Normatividad

Sample three frame HTML file

Introducción SAO Calentamiento Global Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes Normatividad Sustancias Refrigerantes Equipos Ciclo de Refrigeración Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

LEGISLACIÓN NACIONAL

- [Ley 29 de 1992](#)

Objetivo: con esta ley se adoptó en nuestro país el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987 con su enmienda adoptada en Londres -en 1990- y ajuste de Nairobi -en 1991-. Esta ley fue aprobada por el Congreso de la República.

Alcance: la participación de Colombia en el Protocolo de Montreal es ley de la República y como tal, obliga al país y a todos los colombianos a cumplir con los compromisos adquiridos bajo las directrices del Protocolo. Esta ley se constituye en el marco general para implementar las estrategias nacionales para eliminar el consumo de SAO.

- [Resolución 528 de 1997](#)

Objetivo: esta resolución prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinación de refrigerador - congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación clorofluorocarbonos (CFC), y fija requisitos para la importación de los mismos equipos. Aprobada conjuntamente por el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Comercio Exterior.

Alcance: aplica para todos aquellos fabricantes nacionales de equipos de refrigeración y congelación de uso doméstico y para las empresas importadoras de estos equipos.

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 96. Módulo 6. Sustancias Refrigerantes

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

DEFINICIÓN

Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el punto de vista de refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y a compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.

Figura. Refrigerantes



Fuente: <http://thermokingdelbajio.com.mx>

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 97. Módulo 7. Equipos

The screenshot shows a web browser window titled "Sample three frame HTML file". The browser's address bar and navigation icons are visible at the top. Below the browser window is a navigation menu with the following items: "Introducción", "SAO", "Calentamiento Global", "Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes", "Normatividad", "Sustancias Refrigerantes", "Equipos", "Ciclo de Refrigeración", and "Biblioteca Bibliografía".

The main content area features a green header with the text "Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander" and the logo of the "Escuela de Ingeniería Mecánica UIS".

Below the header, there is a list of links: [Unidad recuperadora](#) - [Manómetros](#) - [Bomba de vacío](#) - [Detector electrónico de fugas](#) - [Válvula perforadora](#) - [Multímetro](#) - [Cilindro de recuperación](#) - [Báscula](#) - [Separador de aceite](#) - [Filtro deshidratador](#) - [Fichas de seguridad](#)

The section is titled "RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES". The text describes the principle of the recovery unit: "Unidad recuperadora: El principio básico de funcionamiento de dicha máquina consiste en generar un diferencial de presión entre el sistema y el cilindro de recuperación para que el refrigerante fluya en la dirección determinada independientemente del método a utilizar. Las unidades pequeñas, como la mostrada en la siguiente figura, funcionan con un compresor rotativo que permite realizar autopurga, después de cada proceso de recuperación y antes de ejecutar el siguiente y no requiere aceite, haciendo posible su uso con diferentes refrigerantes sin peligro de contaminación o mezcla de aceites."

The caption reads: "Figura. Unidad de recuperación ROTHENBERGER". Below the text is a partial image of a red and silver recovery unit.

The footer of the page contains the text: "Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander UIS / Colombia 2013".

Fuente: Autores

Figura 98. Módulo 8. Ciclo de Refrigeración

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

Figura. Componentes básicos ciclo de refrigeración

El diagrama ilustra el ciclo de refrigeración básico con los siguientes componentes y flujos:

- COMPRESOR:** Recibe el vapor sobrecalentado y lo comprime.
- CONDENSADOR:** Recibe el vapor saturado y lo condensa en líquido sub-enfriado.
- VÁLVULA DE EXPANSIÓN:** Reduce la presión del líquido sub-enfriado.
- EVAPORADOR:** Recibe el líquido sub-enfriado y lo evapora en vapor saturado.

Los flujos de refrigerante se muestran en las tuberías con flechas que indican la dirección del ciclo: Vapor Sobrecalentado → COMPRESOR → Vapor Saturado → CONDENSADOR → Líquido Sub-Enfriado → VÁLVULA DE EXPANSIÓN → Vapor Saturado → EVAPORADOR → Vapor Sobrecalentado.

Fuente: <http://www.slideshare.net/marisolmendozaf>

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

Figura 99. Módulo 9. Biblioteca/Bibliografía

Sample three frame HTML file

Introducción ▾ SAO ▾ Calentamiento Global ▾ Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Refrigerantes ▾ Normatividad ▾ Sustancias Refrigerantes ▾ Equipos ▾ Ciclo de Refrigeración ▾ Biblioteca Bibliografía

Universidad Industrial de Santander

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica UIS

BIBLIOTECA/ BIBLIOGRAFÍA

1. [BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN, RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES MINAMBIENTE. UTO](#)
2. [PROTOTIPO DE RECUPERACION DE REFRIGERANTES.](#)
3. [GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LOS CÓDIGOS DE BUENOS PROCEDIMIENTOS. Sector de la refrigeración](#)
4. [Gráficos vitales sobre el ozono 2.0 enlace clima](#)
5. [Libro de refrigeración VALYCONTROL](#)
6. [Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. SEMARNAT.](#)
7. [El mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado y la certificación por competencias laborales.](#)
8. [Manual Buenas Prácticas en Refrigeración SEAM/PNUD/PNUMA – Paraguay.](#)
9. [Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia.](#)
10. [Acción Ozono abril 2000](#)
11. [Acción Ozono diciembre 2002](#)
12. [Acción Ozono enero 2001](#)
13. [Acción Ozono mayo 2004](#)
14. [Acción Ozono tráfico ilícito](#)

Diseño e implementación de un programa para la Recuperación y Reciclaje de Refrigerantes en la Universidad Industrial de Santander
UIS / Colombia 2013

Fuente: Autores

6.6 ELEMENTOS IDENTIFICATIVOS DE LA MULTIMEDIA

6.6.1 Layout de las páginas

El título del proyecto se presenta en todo momento dando importancia a la creación de la multimedia.

La zona de menú esta espaciada de manera horizontal, que permite que la zona de contenidos sea lo más amplia posible para aprovechar todo el espacio de trabajo y mejor la legibilidad de la información.

6.6.2 Accesibilidad

El tamaño de letra fue de 12 pixeles para título, para menús y submenús fue de 11 pixeles, el de contenidos fue 10 pixeles que permite la legibilidad y el tipo de letra fue arial en negrilla que al ser una fuente del sistema garantiza que todos los usuarios verán la misma versión.

El color de contenido es color negro, para dar contraste con el fondo blanco y facilitar la lectura y el entendimiento y los títulos son verdes. Como se mencionó en los requerimientos del sistema, todos los usuarios pueden disfrutar de los contenidos sin tener que descargar e instalar programas adicionales.

El bajo peso de los contenidos es un factor importante en la navegación por eso se hizo de forma que fuera portable en un DVD-ROM.

6.6.3 Elementos multimedia

Se buscó la mejor calidad de las imágenes para agrandar la navegación de usuario con imágenes en formato JPEG.

Se utilizaron animaciones de flash en el módulo de SAO para comprender el proceso de destrucción del Ozono; también existe una animación tipo flash para entender el calentamiento global y finalmente se cuenta con una animación para simular el proceso de recuperación de refrigerante R-22 de un aire acondicionado tipo ventana.

La multimedia cuenta con videos en la sección de calentamiento global en la cual se ven los efectos del mismo en el planeta tierra; en la sección de refrigerantes se presenta un video con las características de los gases y finalmente se evidencian

las pruebas de recuperación y reciclaje de refrigerante R-22 realizadas en la universidad. Se adicionó un video de carga de refrigerante a un sistema.

6.7 CONTENIDOS DE LA MULTIMEDIA DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN, RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN

MÓDULO 2: SAO

- ✓ Definición
- ✓ Compuestos
- ✓ Usos más comunes de las sao

MÓDULO 3: CALENTAMIENTO GLOBAL

- ✓ Definición
- ✓ Relación entre calentamiento global y el agotamiento de la capa de ozono
- ✓ Consecuencias

MÓDULO 4: RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE REFRIGERANTES

RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES

- ✓ Definición Recuperación
- ✓ Métodos de recuperación
 - Sin Equipos
 - ✚ Recuperación por migración de carga

- ✚ Recuperación pasiva acelerada
 - Con Equipos
 - ✚ Equipo de Recuperación manual
 - ✚ Equipo de accionamiento eléctrico
 - ❖ Recuperación por transferencia de líquido
 - ❖ Recuperación por compresión y aspiración (push/pull)
 - ❖ Recuperación por transferencia de vapor
- ✓ Pruebas recuperación de refrigerantes en la UIS

RECICLAJE DE REFRIGERANTES

- ✓ Definición Reciclaje
- ✓ Máquinas recicladoras de paso simple
- ✓ Máquinas de pasos múltiples

RECICLAJE DE REFRIGERANTES

- ✓ Definición Regeneración o reproceso
- ✓ tecnología de destrucción de refrigerantes CFCS y HCFCs
- ✓ Tecnología para la incineración de residuos peligrosos
- ✓ Cámara de inyección de líquidos
- ✓ Incinerador de horno rotatorio
- ✓ Incineración por plasma
- ✓ Hornos de cemento
- ✓ Oxidación húmeda

MÓDULO 5: NORMATIVIDAD

TRATADOS INTERNACIONALES

- ✓ Protocolo de Montreal
- ✓ Protocolo de Kyoto

LEGISLACIÓN NACIONAL

- ✓ Ley 29 de 1992
- ✓ Resolución 528 de 1997
- ✓ Resolución 304 de 2001 y Resolución 734 de 2004
- ✓ Decreto 4741 de 2005

NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES

- ✓ ANSI/ASHRAE 34
- ✓ ISO: 7, 10, 22, 32, 68, 220
- ✓ ARI 740 , ISO 11650
- ✓ Guía Q – ARI
- ✓ Guía K – ARI
- ✓ Guía N – ARI

MÓDULO 6: SUSTANCIAS REFRIGERANTES

- ✓ Definición
- ✓ Clasificación de los refrigerantes
- ✓ Identificación de los refrigerantes
- ✓ Denominación simbólica numérica
- ✓ Ejemplo denominación simbólica numérica
- ✓ Unidades de medida ambiental
- ✓ Código de colores para cilindros de refrigerantes

MÓDULO 7: EQUIPOS

- ✓ Elementos de protección personal
 - Gafas
 - Camisa Mangalarga
 - Guantes
 - Tapabocas
 - Zapatos punta de acero

- ✓ Recuperación de refrigerantes
 - Unidad recuperadora
 - Manómetros
 - Bomba de vacío
 - Detector electrónico de fugas
 - válvula perforadora
 - Multímetro
 - Cilindro de recuperación
 - Báscula
 - Separador de aceite
 - Filtro deshidratador
 - Fichas de seguridad

- ✓ Reciclaje, Regeneración y eliminación
 - Kit de reciclaje
 - Unidad de reciclaje
 - Unidad de regeneración
 - Equipo para determinar humedad
 - Cromatógrafo de gases
 - Horno de cemento

MÓDULO 8: CICLO DE REFRIGERACIÓN

- ✓ Acondicionamiento de aire
- ✓ Componentes de un ciclo de refrigeración
- ✓ Ciclo de refrigeración
- ✓ Diagrama P-V ciclo de refrigeración por compresión de vapor

MÓDULO 9: BIBLIOTECA/BIBLIOGRAFÍA

1. BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN, RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES MINAMBIENTE, UTO
2. PROTOTIPO DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES.
3. GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LOS CÓDIGOS DE BUENOS PROCEDIMIENTOS. Sector de la refrigeración
4. Gráficos vitales sobre el ozono 2.0 enlace clima
5. Libro de refrigeración VALYCONTROL
6. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. SEMARNAT.
7. El mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado y la certificación por competencias laborales.
8. Manual Buenas Prácticas en Refrigeración SEAM/PNUD/PNUMA – Paraguay.
9. Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia.
10. Acción ozono abril de 2000.
11. Acción ozono diciembre de 2002.
12. Acción ozono enero de 2001.
13. Acción ozono mayo de 2004.
14. Acción ozono tráfico ilícito.

7. CONCLUSIONES

La Universidad Industrial de Santander tiene como objetivo implementar una planta para el tratamiento de residuos de refrigerantes. Para poder darle vía a este proyecto es necesario gestionar recursos y personal, haciendo de este un proyecto a largo plazo. Por el momento la división de Mantenimiento tecnológico con el apoyo de Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR) de la Universidad desarrollarán la alternativa 2; consiste en realizar parte del proceso recuperación y reciclaje del refrigerante dejando establecidos su tratamiento final con alguna empresa responsable de la disposición final, externa a la universidad; esta alternativa fue seleccionada bajo criterios de aceptación, compromiso y factores económicos, por parte de los entes involucrados.

- Se analizaron las diferentes alternativas para el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y sus implicaciones según condiciones específicas; así mismo se determinó la procedimientos adecuados para cada alternativa según las normas Nacionales e Internacionales para nuestro caso y se realizó el proceso de selección de la mejor alternativa teniendo en cuenta los parámetros comerciales e institucionales.
- Al realizar el análisis financiero del proyecto se encontró al calcular el valor presente neto frente a una tasa de oportunidad del 20% para cada una de las alternativas estudiadas, se obtuvo para la número 2 que VPN = \$109'500.000 para un periodo de tiempo a 10 años, siendo este el más económico respecto a las otras alternativas, ya que se obtuvieron para la

número 1 VPN=\$1.934'000.000 y para la número 3 VPN =\$150'600.000 para el mismo periodo de tiempo.

- Se estableció un listado del personal operativo y administrativo, equipos, insumos y elementos de protección personal para cada alternativa con base en las tecnologías implementadas y aprobadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial.
- Se realizó una multimedia mediante el software Adobe Flash Professional en la que se muestran los conceptos y procedimientos para las buenas prácticas en refrigeración y aire acondicionado, contando con 9 módulos que brindan la información, guías y videos de manera interactiva y se simuló el proceso de recuperación por transferencia de vapor de manera animada.
- Se realizaron pruebas para la recuperación y reciclaje de refrigerante, por el método por transferencia de vapor, con los equipos seleccionados y procedimientos establecidos; con lo que se concluyó que satisfacen las necesidades requeridas por el presente proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

CALDERÓN HERNÁNDEZ, Marco Antonio. Manual de buenas prácticas en refrigeración. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 89 p.

COLOMBIA. UNIDAD TÉCNICA OZONO. Boletín de Ozono No. 20. Lanzamiento del proyecto de la estrategia nacional de eliminación de HCFCs en Colombia. [s.l.] [s.n.], Abril de 2009. 12p.

----- . Buenas prácticas en refrigeración, recuperación y reciclaje de refrigerantes [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.], Agosto de 2005. 21 p.

----- . El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales [Cartilla didáctica]. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 120 p. ISBN 978-958-98263-2-4.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Eliminación del consumo de HCFC en la fabricación de refrigeradores domésticos en Colombia. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 33 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Assessment of alternatives to HCFC's and HFC's and update of the teap 2005 supplement report data. Nairobi: [s.n.] ,2009. 139 p.

VALYCONTROL. Manual técnico valycontrol. [s.l.] [s.n.] [s.f.]. 284 p.

WIGAM. Manual de uso equipo para recuperación y reciclaje de refrigerante de sistemas A/C. Italia: WIGAM S.r.l, 2002. 15 p.


YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Naucalpan, Estado de México: Edicrom, S.A, 2006. 192 p.

ANEXOS

Anexo A. Procedimientos


1. Para la extensión del programa de DMT y PGIR hacia el manejo de Sustancias Agotadoras de Ozono SAO, se crean formatos para el CONTROL DEL PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES, en los que se muestra detalladamente el proceso a realizar:

Tabla 52. Diagramas dada de baja pág. 1

 <p>Universidad Industrial de Santander</p>	<p style="text-align: center;">RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO</p>		<p>Código :</p>
<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS</p>			<p>Versión : 01 Página 1 de 6</p>
<p>Revisó: Jefe División de Mantenimiento Tecnológico Profesional División de Mantenimiento Tecnológico</p>	<p>Aprobó:</p>	<p>Fecha de aprobación:</p>	
<p>OBJETIVO</p> <p>Establecer las actividades necesarias para generar concepto técnico de baja de equipos, basados en su estado y condiciones de acuerdo a las solicitudes realizadas por las Unidades Académico y/o Administrativas de la Universidad Industrial de Santander.</p>		<p>ALCANCE</p> <p>Aplica a todos los equipos eléctricos electrónicos y/o electromecánicos relacionados como elementos devolutivos mayores y/o menores.</p>	
<p style="text-align: center;">NORMATIVIDAD</p> <p>Decreto 4741 de 2005</p>			
<p style="text-align: center;">DEFINICIONES Y/O ABBREVIATURAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementos dados de Baja: Corresponde a elementos descargados de los inventarios de la Universidad y que ninguna unidad los requiera o no sean indispensables para la Universidad. • Concepto Técnico de Baja: Concepto emitido por la División de Mantenimiento Tecnológico, en donde se justifica la baja de elementos. Este documento es firmado por el Jefe o Profesional de la División de Mantenimiento Tecnológico. • Reasignación: Acciones a través del SIMAT para indicar que el equipo conserva sus funciones básicas, por lo que puede ser puesto en funcionamiento nuevamente. • Residuo Peligroso: Residuo considerado peligroso por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos en la salud. Las propiedades peligrosas son toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, explosividad, radioactividad o de cualquier otra naturaleza que provoque daño a la salud humana y al medio ambiente. • Riesgo Biológico: Presencia de un organismo, o la sustancia derivada de un organismo, que plantea, sobre todo, una amenaza a la salud humana. Esto puede incluir los residuos sanitarios, muestras de un microorganismo, virus o toxina de una fuente biológica que puede resultar patógena. • UAA: Unidad Académico Administrativa. • DMT: División de Mantenimiento Tecnológico. • DPF: División de Planta Física. • PGIR: Plan de Gestión Integral de Residuos. 			

Fuente: Autores

Tabla 53. Diagramas dada de baja pág. 2

	<p style="text-align: center;">RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO</p> <p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS</p>	<p>Código :</p> <p>Versión : 01</p> <p>Página 2 de 6</p>
<p>CONSIDERACIONES</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • La baja de equipos la recomienda el técnico, el concepto técnico de baja requiere el visto bueno del jefe o profesional de la DMT, y el responsable de bodega se encarga de informar al grupo de inventario de la División Financiera la necesidad de dar baja el equipo. • El concepto técnico de baja se emite solo en respuesta a una solicitud realizada por la Unidad responsable del equipo. • La División de Mantenimiento Tecnológico revisará el equipo para poder así emitir concepto técnico de baja, a través de personal técnico idóneo para la actividad, con personal propio o a través de proveedores de servicio. • La supervisión de las actividades para la emisión de concepto técnico de baja en las sedes regionales estará a cargo del coordinador respectivo. Los equipos deberán ser trasladados hasta la bodega de la División de Mantenimiento Tecnológico. Nota: Si el número de equipos a trasladar hasta la sede principal es mayor, se considerará dar de baja al equipo en la sede correspondiente. • Los residuos extraídos los equipos serán tratados bajo normativas ambientales vigentes con la supervisión y colaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos. • La disposición final del residuo se hará por contratación externa solicitada por su directo responsable. • El concepto técnico de baja del equipo es recibido por el responsable, quien debe hacerlo llegar a la división de Inventarios para su respectiva acción. 		


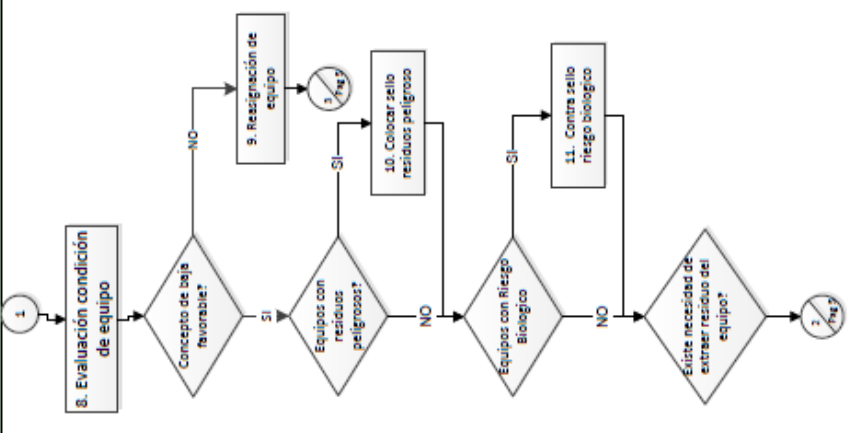
Fuente: Autores

Tabla 54. Diagramas dada de baja pág. 3

<p>Ampliar (Ctrl+0)</p> <p>Universidad Industrial de Santander</p>	<p>RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO</p>					<p>Código :</p>	
	<p>PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS</p>					<p>Versión : 01</p> <p>Página 3 de 6</p>	
<p>Inicio/fin</p>	<p>Actividad</p>	<p>Decisión</p>	<p>Documento</p>	<p>Procesamiento en S.I. o Internet</p>	<p>Procedimiento predefinido</p>	<p>Conector</p>	<p>Conector de página</p>
<p>DIAGRAMA DE FLUJO</p>			<p>DESCRIPCIÓN</p>		<p>RESPONSABLE</p>	<p>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p>	
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> S1[1. Elabora solicitud de Evaluación y concepto técnico] S1 --> S2[2. Recibe la solicitud de concepto técnico de baja] S2 --> S3[3. Estudia la solicitud] S3 --> S4[4. Asigna la orden de trabajo] S4 --> S5[5. Evaluación de la solicitud] S5 --> S6[6. PRF 05] S6 --> S7[7. Verificar código de inventario] S7 --> FIN((1/75)) </pre>			<p>1. Elabora la solicitud de Evaluación y concepto técnico de equipos via SIMAT.</p> <p>2. Recibe la solicitud de servicio via SIMAT</p> <p>3. Estudia la solicitud teniendo en cuenta la especialidad requerida.</p> <p>4. Asigna la orden de trabajo, la asignación de la orden de trabajo se realiza en el sistema via SIMAT.</p> <p>5. Evalúa la descripción para establecer el procedimiento a seguir y el sitio para la atención del servicio.</p> <p>6. Solicita el servicio de transporte del personal</p> <p>7. Constanta Que el equipo cuenta con numero de inventario y corresponde al relacionado en la solicitud.</p>		<p>Unidad Académica Y/o Administrativa</p> <p>Jefe DMT Profesional DMT Auxiliar administrativa</p> <p>Profesional DMT</p> <p>Jefe DMT Profesional DMT</p> <p>Profesional DMT Técnico DMT</p> <p>Secretaría DMT Auxiliar Admin. DMT</p> <p>Técnico DMT</p>	<p>Manual Normativo y Procedimental para la administración y control de los Bienes muebles de la UIS MFI. 02. Art. 27</p> <p>Guía de uso del SIMAT GRT.06</p> <p>Procedimiento de servicio de transporte PRF 05</p> <p>Concepto Técnico de Baja de Equipos FRT. 06</p> <p>Manual Normativo y Procedimental para la administración y control de los bienes muebles de la UIS MFI. 02 Art. 44; 59 Baja de Equipos.</p>	


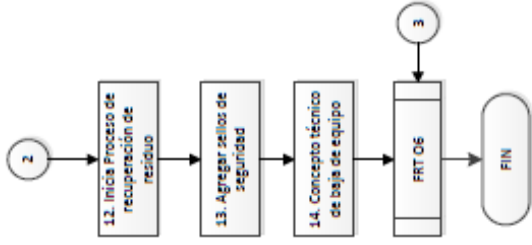
Fuente: Autores

Tabla 55. Diagramas dada de baja pág. 4

		RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS		Código : Versión : 01 Página 4 de 6	
DIAGRAMA DE FLUJO				DESCRIPCIÓN		RESPONSABLE	
				<p>8. Constatar que su estado se puede calificar como en desuso, obsolescencia, daño o deterioro, no existen repuestos u otros.</p> <p>9. Si el equipo se encuentra en buenas condiciones se evalúa la necesidad de intervención del equipo y se recomienda la reasignación del mismo.</p> <p>10. Sellos que indican que el equipo tiene residuos peligrosos</p> <p>11. Sellos que indican que el equipo tiene residuos peligrosos</p>		<p>Técnico DMT Profesional DMT</p> <p>Técnico DMT Profesional DMT</p> <p>Técnico DMT Profesional DMT</p>	
						DOCUMENTOS DE REFERENCIA	


Fuente: Autores

Tabla 56. Diagramas dada de baja pág. 5

		RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		Código :
PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS		RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
DIAGRAMA DE FLUJO		DESCRIPCIÓN	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
 <pre> graph TD Start((2)) --> Step12[12. Inicia Proceso de recuperación de residuo] Step12 --> Step13[13. Agregar sellos de seguridad] Step13 --> Step14[14. Concepto técnico de baja de equipo] Step14 --> FRT06[FRT 06] FRT06 --> FIN([FIN]) </pre>		<p>12. Dependiendo del tipo de residuo, se toman medidas correspondientes a favor de las normas ambientales.</p> <p>13. Se agregaran la estampillas necesarias para garantizar que la integridad del equipo se conservara hasta que el usuario realice la disposición final con al Sección de Inventario de la universidad Industrial de Santander</p> <p>14. Se emite concepto técnico de baja de equipo. Donde se incluire si el equipo esta libre de rresiduo peligrosos y riesgo biológico, ademas del consecutivo de estampillas colocadas</p>	<p>Técnico DMT Profesional DMT</p> <p>Técnico DMT Proveedor de servicios</p> <p>Jefe DMT Profesional DMT Técnico DMT</p>	<p>Versión : 01 Página 4 de 6</p>

Fuente: Autores

Tabla 57. Diagramas dada de baja pág. 6

	RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		Código :
	PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CONCEPTO TECNICO DE EQUIPOS		Versión : 01 Página 6 de 6
CONTROL DE CAMBIOS			
VERSIÓN	FECHA DE APROBACIÓN	DESCRIPCIÓN DE CAMBIOS REALIZADOS	
01		Creación del Documento	

Fuente: Autores

2. Para la implementación de la primera etapa de este proyecto (recuperación y reciclaje de refrigerante para los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad Industrial de Santander), alternativa 2; se gestionaron fondos por parte de la División de Mantenimiento Tecnológico solicitándole a la División Financiera su apoyo económico. Se anexan las peticiones realizadas:

Bucaramanga, 03 de abril de 2013

Ingeniero
LUIS EDUARDO BECERRA ARDILA
Jefe división financiera
UIS Presente



Respetado ingeniero Becerra,

Actualmente la división de mantenimiento presenta acumulación de equipos de refrigeración y aire acondicionado que contienen sustancias perjudiciales para la capa de ozono como los clorofluorocarbonos (CFC) y no se han enviado a chatarrizar porque La Universidad Industrial de Santander no cuenta con un procedimiento adecuado que regule y garantice el buen manejo y disposición final de dichas sustancias y tampoco posee un equipo propio de extracción para realizar la recuperación del refrigerante.

Teniendo conciencia de la importancia de la conservación del medio ambiente y con el objetivo de evitar la destrucción de la capa de ozono el Plan de Gestión Integral de Residuos PGIR, la escuela de Ingeniería Mecánica y la División de Mantenimiento de la Universidad unen esfuerzos y buscan promover la implementación de un programa de buenas prácticas de recuperación y reciclado de refrigerantes.

En el marco del desarrollo del proyecto **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER"**, de manera atenta nos permitimos solicitar muy respetuosamente a la división financiera que se vincule con el desarrollo del proceso para la recuperación y reciclaje de refrigerante contenido en los aires acondicionados dentro de todas las UNIDADES

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co



*real. por R.M.
d.b.m. 17/2013. 9:55 am*



ACADÉMICO ADMINISTRATIVAS, esta vinculación se solicita con un aporte de \$23'541.699, los cuales serán utilizados en insumos, maquinaria y disposición final del refrigerante; además recordamos que en reunión realizada con la división de mantenimiento tecnológico, división de inventarios, PGIR, y la escuela de ingeniería mecánica, se adquirió por parte de la división de Mantenimiento tecnológico la responsabilidad en el manejo de estos recursos.

Agradecemos su gestión y apoyo para llevar a cabo este proyecto que va en beneficio del medio ambiente y legislación ambiental al cumplir las normativas asumidas por Colombia mediante la aprobación de la ley 29 de 1992 y el decreto 4741 de 2005.

Nota: Adjunto presupuesto.

Atentamente,

JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ
Jefe División de Mantenimiento Tecnológico

SERGIO ARMANDO RIVERO GEREDA
Profesional División de Mantenimiento Tecnológico

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 – calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co- www.uis.edu.co





PRESUPUESTO

Implementar dentro de la Universidad los procesos de *recuperación y reciclaje* de refrigerante, dejando el proceso de regeneración y/o destrucción a cargo de una empresa especializada en la gestión ambiental de residuos peligrosos.

- Presupuesto.

Inversión inicial:

\$23.541.699 Incluye el costo inicial más el costo operacional por un año con IVA incluido.

INVERSIÓN INICIAL PARA IMPLEMENTACIÓN DURANTE 1 AÑO

	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
COSTO INICIAL			
MAQUINARIA			
Equipo recuperador de gas refrigerante	2	\$ 2,443,966.00	\$ 4,887,932.00
Equipo reciclador de gas refrigerante	2	\$ 1,400,000.00	\$ 2,800,000.00
INSUMOS			
Cilindro recuperador (50 libras)	15	\$ 268,966.00	\$ 4,034,490.00
Juego de manómetros para gas R-410	2	\$ 146,552.00	\$ 293,104.00
Juego de manómetros para gas R-22	2	\$ 86,207.00	\$ 172,414.00
Juego de mangueras R-410	5	\$ 56,034.00	\$ 280,170.00
Juego de mangueras R-22	5	\$ 47,414.00	\$ 237,070.00
Corta capilares	3	\$ 8,621.00	\$ 25,863.00
Válvulas perforadoras de servicio	20	\$ 8,621.00	\$ 172,420.00
Kit Destornillador multiusos	4	\$ 18,966.00	\$ 75,864.00
SUBTOTAL			\$ 12,979,327.00
IVA 16%			\$ 2,076,692.32
TOTAL			\$ 15,056,019.32
DISPOSICIÓN FINAL DEL REFRIGERANTE			
Para equipos en bodega		\$ 2,600,000.00	\$ 2,600,000.00
Para equipos a intervenir en el 2013	2	\$ 2,600,000.00	\$ 5,200,000.00
SUBTOTAL			\$ 22,856,019.32
IMPREVISTOS 3 %			\$ 685,680.58
TOTAL			\$ 23,541,699.90

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co





Gastos anuales:

Los costos generados para la sostenibilidad anual una vez montado el proyecto. (junio del 2014) , serán los siguientes:

SOSTENIBILIDAD ANUAL			
	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
INSUMOS			
Cilindro recuperador (50 libras)	8	\$ 268,966.00	\$ 2,151,728.00
Válvulas perforadoras de servicio	12	\$ 8,621.00	\$ 103,452.00
Juego de manómetros para gas R-410	1	\$ 146,552.00	\$ 146,552.00
Juego de manómetros para gas R-22	1	\$ 86,207.00	\$ 86,207.00
DISPOSICIÓN FINAL DEL REFRIGERANTE			
Equipos a intervenir durante el año	2	\$ 2,600,000.00	\$ 5,200,000.00
SUBTOTAL			\$ 7,687,939.00
IMPREVISTOS 3%			\$ 230,638.17
TOTAL			\$ 7,918,577.17

JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ
Jefe División de Mantenimiento Tecnológico

SERGIO ARMANDO RIVERO GEREDA
Profesional División de Mantenimiento Tecnológico

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co



**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**

INTRODUCCIÓN

Actualmente la división de mantenimiento presenta acumulación de equipos de refrigeración y aire acondicionado que contienen sustancias perjudiciales para la capa de ozono como los clorofluorocarbonos (CFC) y no se han enviado a chatarrizar porque La Universidad Industrial de Santander no cuenta con un procedimiento adecuado que regule y garantice el buen manejo y disposición final de dichas sustancias y tampoco posee un equipo propio de extracción para realizar la recuperación del refrigerante.

Teniendo conciencia de la importancia de la conservación del medio ambiente y con el objetivo de evitar la destrucción de la capa de ozono el Plan de Gestión Integral de Residuos PGIR, la escuela de Ingeniería Mecánica y la División de Mantenimiento de la Universidad unen esfuerzos y buscan promover la implementación de un programa de buenas prácticas de recuperación y reciclado de refrigerantes.

NOMBRE DEL PROYECTO

Implementación de un sistema para el control y manejo de sustancias agotadoras de ozono (SAO), almacenadas en los equipos de refrigeración y aire acondicionado de la Universidad Industrial de Santander, acogiendo la LEY 29 DE 1992 (en la cual se adopta en Colombia el Protocolo de Montreal cuyo principal objetivo es eliminar el consumo de las sustancias SAO), y el Decreto 4741 del 2005 (donde se busca prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados con el fin de proteger la salud humana y el ambiente).

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co- www.uis.edu.co



**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**



DESCRIPCIÓN

Mediante este proyecto se pretende incorporar a la universidad dentro del plan de eliminación nacional donde se trata el manejo y disposición adecuada a los residuos procedentes de los equipos que contienen refrigerantes establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y UTO. Para lograr este objetivo se requiere la compra de maquinaria, insumos y capacitación de personal.

OBJETIVOS

- Diseño, adquisición y montaje de un sistema para la recuperación y reciclaje del refrigerante, para el servicio del PGIR a cargo del laboratorio de sistemas térmicos de la escuela de ingeniería mecánica y con el apoyo de la división de mantenimiento.
- Promover la concientización a los estudiantes mediante prácticas en las que se llevará a cabo la de recuperación y reciclaje de dichas sustancias, proceso que estará a cargo del laboratorio de sistemas térmicos de la escuela de ingeniería mecánica.
- Aportarle a la división de mantenimiento de la universidad un apoyo respecto al mantenimiento de equipos de refrigeración, ya que presentan acumulación de estos, debido a la falta de un adecuado proceso a los peligrosos residuos contenidos en ellos.
- Cumplir las normativas asumidas por Colombia mediante la aprobación de la ley 29 de 1992 y el decreto 4741 de 2005.

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.
PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139
E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co



**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**



PRESUPUESTO

\$24'620.313 (Veinticuatro millones seiscientos veinte mil trescientos trece de pesos) Incluye el costo inicial más el costo operacional por un año con IVA incluido.

INDICADORES

INDICE DE ELEMENTOS INTERVENIDOS:

SE MEDIRÁ: número de sistemas intervenidos sobre número de sistemas programados.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- ⚡ Realización de los procedimientos para la recuperación y reciclaje del refrigerante. 30 %
- ⚡ Capacitar al estudiante (s), encargado (s) del procedimiento de recuperación y reciclaje del refrigerante. 20 %
- ⚡ Realización de la recuperación y reciclaje del refrigerante . 50 %

Rubro	Monto
Asistencia técnica especializada	\$ 2.000.000
Maquinaria	\$8'904.801
Herramientas	\$ 3'882.012
Auxiliares estudiantiles	\$ 2'833.500
Capacitación personal administrativo	\$ 3'000.000
Reparación y mantenimiento de máquinas	\$ 4'000.000
TOTAL	\$24'620.313

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 – calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co



Universidad
del
Santander 

**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**

DESCRIPCIÓN DE RUBROS

- Asistencia técnica especializada: se contempla la contratación de un profesional (les) con experiencia en el área de refrigeración y aire acondicionado que brinde charlas de capacitación y prácticas en el procedimiento de extracción y almacenamiento de residuos de refrigerante.
- Maquinaria: Consta de la compra de uno ó dos equipos para la recuperación y reciclaje de refrigerante, así como de los cilindros de almacenamiento, con un promedio de 4 anuales.
- Herramientas: Incluye los elementos que se utilizan para medición y verificación de la correcta extracción del refrigerante: Kit de manómetros, cortafíos, destornilladores, juego de llaves, multímetro, mangueras, entre otros.
- Auxiliares estudiantiles: Hace referencia a la capacitación de la persona responsable del laboratorio de sistemas térmicos y al respectivo pago que se desembolsa por el proceso de reciclaje (se estima en medio salario mínimo cada mes)
- Capacitación personal administrativo: Incluye la adquisición de normas, contratación de conferencistas, realización de experiencias de laboratorio, salidas de campo, que permitan adquirir el conocimiento necesario para llevar a cabo la extracción de refrigerante.
- Reparación y mantenimiento de máquinas: Hace referencia al capital necesario para el funcionamiento y sostenimiento del laboratorio de sistemas térmicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Cuando se solicita visita e intervención del vendedor, asistencia técnica y mantenimiento preventivo.

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.

PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139

E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co

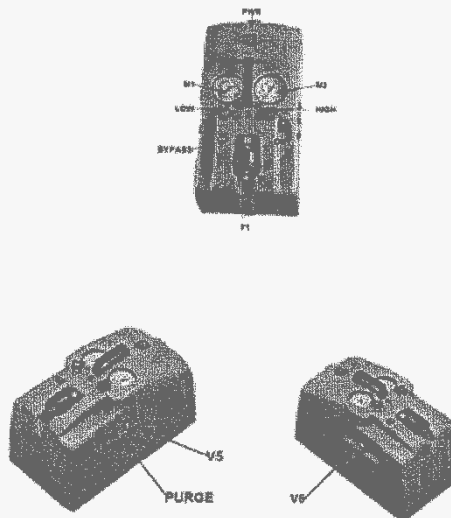


**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**



DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Figura 1. Unidad de recuperación EASYREC45R15



Fuente: Wigam

Tabla 1. Mandos unidad EASYREC45R15

PWR	Interruptor general	OUT	Conexión de impulsión 1/4" sae
M1	Manómetro de aspiración	IN	Conexión de aspiración 1/4" sae
M2	Manómetro de impulsión	F1	Filtro deshidratador
LOW	Válvula línea de baja presión	V5	Válvula descarga PURGE
HIGH	Válvula línea de alta presión	PURGE	Válvula función PURGE
BYPASS	válvula selección recuperación- reciclado	V6	Válvula descarga aceite

Fuente: Wigam

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
 Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.
 PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139
 E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co



**PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SAO
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO**



Tabla 2. Datos técnicos unidad recuperadora EASYREC45R15

Modelo	EASYREC45R15
Refrigerante	CFC-HCFC-HFC
Compresor	en seco
Velocidad de recuperación	Vapor 15 kg/h
	Líquido 45 kg/h
	Push-Pull 200 kg/h
Velocidad de reciclaje	Hasta 15 kg/h
Nivel de ruidos	dB(A) <70
Temperatura de empleo(°C)	0 ÷ +40
Temperatura de almacenamiento(°C)	- 10 ÷ +50
Grado de protección	IP20
Potencia instalada	525W
Alimentación eléctrica	230/1/50-60
Dimensiones (mm)	410 x 390 x 260
Peso (Kg)	17.7

Fuente: Wigam

Cordialmente,

JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ
Profesional División de Mantenimiento Tecnológico

ADRIANA I. ARENAS

Coordinadora Sistema Gestión Ambiental

LUZ MARINA DUARTE GARCÍAS
Jefe Sección de Inventarios

OMAR ARMANDO GELVEZ
Docente Ingeniería Mecánica
Director Proyecto

SERGIO ARMANDO RIVERO GEREDA
Jefe División de Mantenimiento Tecnológico
Codirector Proyecto

YORMA LORENA SÁNCHEZ
Estudiante de Ingeniería Mecánica

LISSETH KATHERINE RAMÍREZ
Estudiante de Ingeniería Mecánica

DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO
Ciudad universitaria, Carrera 27 - calle 9, A.A 678 Bucaramanga, Colombia.
PBX: (7) 6344000 Ext. 2440, TELEFAX: (7) 6346139
E-mail: divmnt@uis.edu.co - www.uis.edu.co

