

PANORAMA AMBIENTAL Y ENERGÉTICO DEL USO DE AIRE ACONDICIONADO EN EDIFICACIONES



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



UNIDAD TÉCNICA OZONO
Colombia



Al servicio
de las personas
y las naciones

SOSTENIBILIDAD DE LA ELIMINACIÓN DEL CONSUMO DE HCFC REDUCIENDO LAS REPERCUSIONES SOBRE EL CLIMA

En el marco de las metas que persigue el Protocolo de Montreal para proteger la capa de ozono mediante la eliminación gradual de la producción y el consumo de numerosas sustancias responsables de la destrucción de la capa de ozono (SAO), la Decisión XIX/6 aceleró significativamente el proceso de eliminación de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), lo que ha traído grandes retos para los países en desarrollo.

Actualmente los sistemas de refrigeración y aire acondicionado que usan como refrigerantes, sustancias agotadoras de ozono tales como hidroclorofluorocarbonos (HCFC), encuentran en el mercado opciones de sustitución principalmente hidrofluorocarbonos (HFC), que aunque no son SAO, son refrigerantes de alto potencial de calentamiento global. Así, la humanidad corre el riesgo de deshacer el enorme beneficio ambiental alcanzado por la eliminación gradual de los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) desde finales de los años 80.

" El reto es eliminar los HCFC y evitar los HFC de alto PCG y al mismo tiempo conseguir una alta eficiencia energética utilizando tecnologías que sean seguras y ambientalmente aceptables."

Dentro de los sectores de mayor consumo de SAO que presentan desafíos en la búsqueda de alternativas de sustitución y reconversión más adecuadas, se encuentra el sector de Aire Acondicionado tanto para viviendas como para edificaciones. Un análisis llevado a cabo por la Secretaría del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal de una muestra representativa de 65 planes de gestión de eliminación de HCFC, arrojó que por lo general, la mitad del consumo de HCFC-22 de un país se origina en el sector de climatización de viviendas y que aproximadamente el 70% de este consumo se usa en las tareas de servicio y mantenimiento de los sistemas de climatización!

A pesar de que la distribución del consumo de HCFC-22 entre los diversos subsectores presenta grandes variaciones de un país a otro, se observó que 47 países de bajo consumo analizados, en 34 de ellos (el 72 % de la muestra) la climatización de viviendas representa más del 30 por ciento del consumo, y en 17 de ellos representa más del 70%. En Colombia la situación no es muy distinta, ya que el 65% del uso de sustancias refrigerantes se encuentra en los sistemas de aire acondicionado de edificaciones públicas, edificaciones de servicios, hoteles, clínicas y uso residencial.

En la búsqueda de posibles alternativas para el sector de aire acondicionado, que puedan ser implementadas como soluciones a largo plazo por los usuarios finales, se considera importante explorar la posibilidad de realizar proyectos demostrativos

para el reemplazo de los HCFC por "refrigerantes naturales", en alguno de los sectores de usuarios finales identificados con las más altas cargas instaladas de HCFC-22. En los casos que las características lo permitan, llevar a cabo la implementación de un sistema centralizado frío, para áreas geográficas específicas, denominado "Distrito Térmico" con el fin de demostrar soluciones alternativas al uso de SAO, eficientes energéticamente y con menor impacto al clima.

Dentro de los primeros esfuerzos que se han canalizado en Colombia, se encuentra el proyecto de Distritos Térmicos en Colombia, con el cual se busca promover sistemas de aire acondicionado en edificaciones contiguas ubicadas en áreas estratégicas de desarrollo urbano. En este contexto, los Distritos Térmicos permiten centralizar la producción de enfriamiento haciendo posible el uso de tecnologías con refrigerantes naturales de menores impactos sobre el medio ambiente y optimizando el uso de la energía en relación a la demanda de frío de las edificaciones usuarias del servicio.

Dado que esto no es suficiente para el sector, estamos construyendo estrategias relacionadas con la protección de la capa de ozono y con el sistema climático mundial, en el marco de los compromisos asumidos por Colombia en la Convención de Viena y el Protocolo de Montreal y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, buscando orientar el desarrollo de los sectores productivos para que consideren alternativas que den respuesta a los procesos de eliminación del uso y emisión de refrigerantes que no sean Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono-SAO y/o Gases Efecto Invernadero- GEI, de manera coherente con la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y con el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales - PROURE

Este conjunto de acciones proveerá la línea base para la formulación de las acciones de mitigación apropiadas (NAMAs, por sus siglas en inglés), para el sector de aire acondicionado en Colombia. Esperamos que se adoptarán medidas de mitigación apropiadas para el país en el contexto del desarrollo sostenible, respaldadas y facilitadas mediante tecnología, financiación y actividades de fomento de la capacidad, con el fin de lograr una desviación de las emisiones con respecto a los niveles que se registrarían en 2020 si no se adoptara ninguna medida; y que contribuyan con los esfuerzos de Colombia para eliminar el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono, mejorar la eficiencia energética y ampliar el uso de energías renovables y hacer frente al cambio climático.

1. Estimación de la distribución del uso de HCFC-22 en el sector de servicio y mantenimiento en el marco de los Planes de gestión de eliminación de los HCFC. Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal. UNEP/OzL.Pro/ExCom/70/53, junio de 2013



EVALUACIONES AMBIENTALES Y ENERGÉTICAS APLICADAS AL SECTOR DE USUARIOS FINALES DE CHILLERS

Por: Cristina Mariaca Orozco - Consultora Unidad Técnica Ozono

La Unidad Técnica Ozono - UTO, ha desarrollado durante el año 2013 las "Evaluaciones de la aplicación de tecnologías alternativas ambientalmente seguras (libres de CFC) y eficientes en el uso de energía en el subsector de chillers en Colombia", a través de las cuales se beneficiaron 9 edificaciones en diferentes ciudades del país, quienes habían realizado la sustitución tecnológica de sus chillers con CFC. El resultado de estas evaluaciones permitió a cada edificación obtener un diagnóstico actual del uso de la energía en sus instalaciones y propuestas de mejoras clasificadas de acuerdo al tiempo de implementación y costos de inversión; pero principalmente, estas evaluaciones permitieron a la UTO evidenciar las reducciones en emisiones de Sustancias Agotadoras de Ozono y la reducción en consumos energéticos obtenidos por la sustitución tecnológica de los enfriadores que funcionaban con CFC.

Mediante instrumentos de medición y herramientas de cálculo se pudo establecer el consumo energético de los sistemas de enfriamiento antiguos con CFC comparándolas con los sistemas de reemplazo actuales en cada edificación. De los resultados generales puede concluirse:

- El uso de los CFC en chillers centrífugos en Colombia se ha venido reemplazando en la última década gracias al esfuerzo de la UTO en la eliminación del uso de estas sustancias así como el esfuerzo propio de los usuarios ante la conciencia ambiental y de ahorro energético.

- El reemplazo de CFC ha migrado principalmente a los HCFC y los HFC como sustitutos que el mercado y las tecnologías presentes en el país ofrecen en la actualidad como alternativas.

- En todos los casos se presentan ahorros ambientales y energéticos, tanto en emisiones PAO y de CO₂ por la sustitución del refrigerante. Los ahorros varían considerablemente de un caso al otro ya que este es una relación directa del tamaño del equipo y la edificación.

- La sustitución del refrigerante en los casos estudiados se realizó a través del reemplazo de los equipos, la instalación de nuevas tecnologías de compresores también aportaron a los ahorros ambientales en CO₂ y consumo energético.

- Puede establecerse un promedio de ahorro energético entre el 20 % al 30 % de consumo energético para las sustituciones de sistemas de producción de enfriamiento.



EDIFICACIÓN	SUSTANCIA CFC REEMPLAZADA	SUSTANCIA REFRIGERANTE DE REEMPLAZO	REDUCCIÓN EN TON PAO* INSTALADAS	REDUCCIÓN EN EMISIONES EN TON CO ₂ /AÑO	AHORRO ENERGÉTICO
Edificio Vicente Uribe Rendón	CFC 11	HFC 410	100 %	606,8	37%
Edificio BBVA el Poblado	CFC 11	HFC 22	94,5 %	822,0	21,3%
DIAN sede La Alpujarra	CFC 11	Distrito Térmico	100 %	Distrito Térmico La Alpujarra	N.A
Hotel Intercontinental Las Palmas	CFC 11	HFC 134A	100 %	248	24,2%
Centro de Convenciones de Cartagena de Indias	CFC 11	HCFC 123 HFC 134A	98 %	835,4	9,8%
Edificio del Café	CFC 12	HFC 134A	100 %	29.906	29,5%
EDATEL	CFC 12	HFC 134A	100 %	10.588	17,2%
Teatro Amira de la Rosa	CFC 11	HFC 22	94,5 %	8.502	24%
Edificio Corficolombiana	CFC 12	HFC 134A	100 %	17.101	48%

*PAO: Potencial Agotamiento de Ozono.

DIAN MEDELLÍN RENOVARÁ SU SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y HARÁ PARTE DEL NUEVO “DISTRITO TÉRMICO LA ALPUJARRA” DE EPM



Por: Ing. John Andrés Rojas – Ingeniero Coordinación Infraestructura



La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN, como entidad pública del orden nacional, se ha comprometido con el cuidado del medio ambiente durante los últimos años. Dentro de sus actividades a favor del sostenimiento del ecosistema natural, ha establecido el Plan Institucional de Gestión Ambiental PIGA, para plantear programas, así como asignar recursos, dirigidos a alcanzar objetivos de eficiencia ecológica, orientando el compromiso de todos los funcionarios con las actividades del Plan al ser miembros activos desde cada puesto de trabajo.

Parte de la gestión ambiental de la DIAN, tiene que ver con la adecuada modernización de su infraestructura física, dentro de la cual se encuentra la renovación del sistema de aire acondicionado del edificio sede de las Direcciones Seccionales de Impuestos y de Aduanas de Medellín, ubicado en el Centro Administrativo La Alpujarra de la misma ciudad, en el departamento de Antioquia.

El proyecto, que se planeaba desde hace algunos años al interior de la institución recaudadora, encontró un aliado estratégico, cuando en el año 2011 la DIAN fue contactada directamente por la Unidad Técnica del Ozono – UTO del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de ofrecer apoyo para la sustitución de la unidad principal del sistema existente, por cuanto la tecnología del equipo se basa en el uso de uno de los gases clasificado dentro del tipo SAO (Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono), considerado altamente nocivo para la atmósfera terrestre. Desde entonces, se iniciaron conversaciones y acercamientos que con el

transcurso del tiempo permitieron darle forma definitiva al plan de restablecimiento del servicio de aire acondicionado en el edificio.

Durante los últimos meses, la DIAN se ha visto altamente beneficiada con la ayuda prestada por la UTO a favor del proyecto antes mencionado. Esta ayuda incluyó, entre otras actividades, un par de contrataciones de servicios: la primera, contrató a un asesor para determinar la mejor alternativa técnica, económica y ambiental para la modernización del sistema de aire acondicionado; la segunda, permitió una consultoría energética efectuada al predio, por parte de una firma reconocida internacionalmente, con las consiguientes recomendaciones para la optimización del uso de recursos en la sede. Gracias a los resultados de estos procesos, la DIAN contrató con recursos económicos propios “Las obras para la modernización, mantenimiento y adecuación del sistema de aire acondicionado del edificio La Alpujarra” y su correspondiente interventoría; estos contratos se ejecutan actualmente con éxito en el edificio que constituye la sede principal de la DIAN en la ciudad de Medellín.

Por otro lado, con relación al proyecto de la DIAN, es imprescindible mencionar el proyecto denominado “Distrito Térmico La Alpujarra (District Heating and Cooling - DHC)” adelantado por Empresas Públicas de Medellín E.S.P. - EPM y acompañado por la UTO. Este proyecto constituye la primera iniciativa de innovación en los sistemas ambientales y administrativos para América Latina, el cual pretende poner a la vanguardia al país y acreditar el desarrollo de la ciudad de Medellín con

respecto a las ciudades más importantes a nivel mundial, a través de un sistema de refrigeración urbano que produce de manera centralizada el frío y lo distribuye vía tuberías subterráneas a través de agua a baja temperatura, mediante un costo fijo proporcionada por EPM, para el abastecimiento de aire acondicionado de los edificios del centro administrativo de la ciudad.

Las empresas que hagan parte del proyecto transferirán obligaciones de operación y mantenimiento, permitiendo además la liberación de espacios en los edificios beneficiados. La participación en el proyecto por parte de la DIAN responde a la necesidad de optimizar costos ambientales, económicos y administrativos; adicionalmente, se identifica un elemento importante, como el reconocimiento de una participación en pro del beneficio común, mediante un plan que hace uso de tecnologías eficientes para la reducción de gases del tipo SAO.

La propuesta presentada por EPM, para la participación en la primera fase del programa por parte de la DIAN, expuso mediciones y cuantificaciones para el edificio ubicado en el centro administrativo de Medellín. A su vez, la DIAN estudió la posibilidad de adquirir un sistema propio de refrigeración, concluyendo que a partir de una reducción de la demanda mediante un programa de control y ahorro en el uso del sistema de aire acondicionado, la participación de la DIAN en el Distrito Térmico es rentable de acuerdo al costo fijo propuesto por EPM, comparativamente con la opción de adquirir un sistema propio de refrigeración. Se concluyeron también los siguientes beneficios adicionales:

- Reconocimiento de la participación de la DIAN en un proyecto que garantiza la rentabilidad a largo plazo, al mismo tiempo que asume un compromiso con el medio ambiente, ratificando los objetivos del PIGA.
- Respaldo de Organizaciones del sector eléctrico y financiero, consultorías de talla mundial y personal altamente capacitado para la prestación de un servicio integral.
- El pago del consumo a un costo menor o igual al precio de referencia del mercado se traduce en una mayor eficiencia energética (combinación de generación térmica y eléctrica) y un ahorro en el precio de la energía térmica generada.
- Aumento de la calidad y el valor del espacio urbano con respecto a la distribución óptima, en donde se destaca la reducción en la ocupación de espacios, mejora del paisaje urbano (eliminación de equipos en fachadas, torres, etc.) y reducción de vibraciones y ruidos.
- Reducción del efecto de isla térmica, es decir, el aumento de la temperatura dentro de los espacios urbanos debido a la falta de espacios verdes, modificación de las corrientes de aire por la forma de los edificios, calor disipado por los aparatos de aire acondicionado y el calor radiante del asfalto y de las emisiones de los vehículos.

El proyecto de EPM representa un reto en las iniciativas de innovación de los sistemas administrativos para la reducción de emisión de gases contaminantes y de este modo propone una transformación en el mercado global favoreciendo el cuidado del planeta.

Refri AMERICAS 2014 EL LUGAR PARA APRENDER DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Para inscribirse o solicitar más información, pueden contactarse con Albeiro Cortés L. en acortes@refriamericas.com o a los teléfonos (1) 381 9215 ó (4) 448 8864 extensión 44.

El congreso y muestra comercial especializado en la industria de la refrigeración y el aire acondicionado se realizará este año en el Centro de Convenciones Plaza Mayor de la ciudad de Medellín los días 4, 5 y 6 de junio.

El evento, que el año pasado celebró su décimo aniversario, se ha consolidado como uno de los más importantes de la región para la capacitación de técnicos de refrigeración y el escenario para conocer de primera mano los equipos y tecnologías ofrecidas por las grandes empresas de la industria en una muestra comercial de ingreso gratuito.

Por su parte, el congreso académico consta de dos días de conferencias y visitas guiadas a plantas para observar de cerca sus procesos de refrigeración.



Consulte los detalles del programa académico en www.refriamericas.com

DISTRITOS TÉRMICOS COMO ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DEL MERCADO DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO EN COLOMBIA

Por: Ing. Cristina Mariaca Orozco - Consultora Unidad Técnica Ozono



La ejecución del Proyecto Demostrativo de Chillers de la Unidad Técnica Ozono, ha permitido promover el Distrito Térmico de la Alpujarra (DT) como alternativa de transformación del mercado de sistemas de aire acondicionado y de la concepción de diseño en ingeniería para la sustitución de los sistemas de enfriamiento que usan sustancias de alto impacto ambiental. El DT la Alpujarra consistirá en una producción centralizada de agua helada para alimentar los sistemas de aire acondicionado de las edificaciones de la Gobernación de Antioquia, Alcaldía de Medellín, DIAN la Alpujarra, Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el futuro edificio de UNE.

Como punto de partida para el análisis de beneficios del DT en cada una de las entidades participantes, se cuenta con los informes de las auditorías energéticas realizadas en cada edificación en el marco del proyecto de *Eficiencia Energética en Edificaciones de la UPME*, estos resultados permiten determinar la línea base de consumos energéticos en cada entidad.

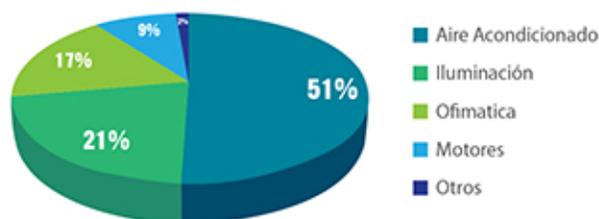
Respecto al uso de la energía pudo calcularse que del consumo total en las edificaciones, el 51% corresponde al consumo de electricidad en los sistemas de aire acondicionado en todas las entidades auditadas.

En relación al uso de sustancias refrigerantes pudo establecerse un uso de SAO del 82% del total de la carga instalada actualmente existente en las edificaciones auditadas.

Para el cálculo de los beneficios ambientales proyectados con la implementación del DT la Alpujarra se tuvo en cuenta un escenario de sustitución tecnológica convencional uno a uno de los sistemas de enfriamiento de cada edificación, con las alternativas que presenta actualmente el mercado hacia los refrigerantes del tipo HFC, si bien los nuevos sistemas son más eficientes el DT es más favorable en los aspectos energéticos y ambientales.

En este contexto los Distritos Térmicos permiten centralizar la producción de enfriamiento haciendo posible el uso de tecnologías con refrigerantes denominados naturales (ejemplo: Amoniaco, CO₂, Hidrocarburos) con menores impactos sobre el medio ambiente y optimizando el uso de la energía en relación a la demanda de frío de las edificaciones usuarias del servicio.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR USO FINAL EN EDIFICACIONES



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESCENARIO ACTUAL	REPLAZO CONVENCIONAL CON HFC	DISTRITO TÉRMICO (DT)	BENEFICIOS AMBIENTALES COMPARATIVOS ENTRE LA SUSTITUCIÓN CONVENCIONAL Y EL DT	
PAO** INSTALADAS (TON)	1,16	0,00	0,00	SE ELIMINA EL 100% DE LAS SAO*	
PCG *** REFRIGERANTE INSTALADO (TON)	6.800,00	7.037,69	6,90	99,90%	AHORRO DE TON DE PCG*** POR REFRIGERANTE INSTALADO
CONSUMO ENERGÍA (MWh)	9.711,50	10.297,01	7.104,01	31,01%	AHORRO EN KWh INSTALADOS
EMISIONES DE TON DE CO ₂ DIRECTOS E INDIRECTOS AL AÑO (TEWI)	2.253,36	1.800,36	1.407,08	21,84%	AHORRO EN EMISIONES DE CO ₂ ANUALES
AHORRO TOTAL DE EMISIONES DE TON DE CO₂ DIRECTOS E INDIRECTOS AL AÑO (TEWI) RESPECTO AL ESCENARIO ACTUAL				37,56%	* SAO - SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO ** PAO - POTENCIAL AGOTAMIENTO DE OZONO *** PCG - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL

La implementación del proyecto de DT la Alpujarra presenta beneficios específicos entre los cuales se destacan la reducción de consumo energético, la eliminación del uso de las SAO y de los gases de alto impacto ambiental en los sistemas de enfriamiento de las entidades.

BENEFICIOS

INFRAESTRUCTUR/INVERSIÓN

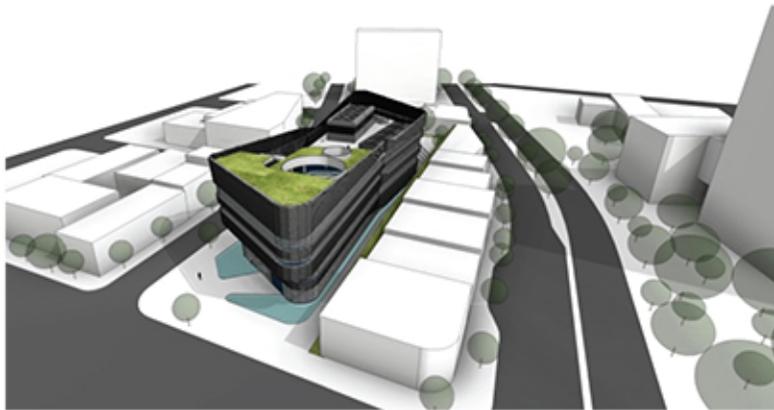
- Reducción de costos iniciales de inversión en la edificación
- Recuperación de espacios, aumenta el espacio útil de la edificación
- Reducción de costos de operación y mantenimiento
- Tercerización del servicio

TECNOLÓGICOS

- Optimización de la canasta energética de la edificación
- Aumento en el confort, eliminación de ruidos
- Aumento ante la confiabilidad y continuidad del suministro de enfriamiento
- Alto rendimiento

AMBIENTALES

- Reducción de las emisiones de CO₂ indirectas debidas al consumo energético
- Eliminación de soluciones individuales con sustancias agotadoras de la capa de ozono y/o gases efecto invernadero



Con la nueva concepción de tercerización del servicio de agua helada, la implementación del DT la Alpujarra presenta desafíos en los aspectos financieros, administrativos y comerciales, lo cual implica nuevas concepciones en los procedimientos administrativos para el nuevo suministro, tanto en entidades públicas como privadas, como contratos de servicios que contengan las debidas garantías, así como las proyecciones de inversiones y los planes de gastos de las entidades, los cuales tendrán que replantearse financieramente con la entrada en funcionamiento del nuevo sistema.

Es importante anotar, que con el DT la Alpujarra se desarrollarán criterios ambientales, técnicos, financieros e interinstitucionales para ser integrados en acciones de identificación y evaluación soluciones de eficiencia energética en los edificios y la industria para otras ciudades del país, proporcionando un referente práctico ante las acciones de toma de decisión, de las autoridades territoriales ante las potenciales oportunidades de implementación de distritos térmicos en su área de influencia.

En Colombia el 75% de la población habita en los centros urbanos, de los cuales más del 70% están localizados por debajo de los 1500 m.s.n.m, demandando el uso de sistemas de enfriamiento en acondicionamiento de aire. De acuerdo al inventario actualizado en 2013, del uso de sustancias refrigerantes el 65% se encuentra en los sistemas de aire acondicionado para edificaciones públicas, edificaciones de servicios, hoteles, clínicas y uso residencial. Por lo anterior, el DT promueve la reducción del uso de sustancias refrigerantes en los principales sectores usuarios de aire acondicionado a nivel nacional.

USO DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO POR SECTORES EN COLOMBIA



Frente a este contexto y a los retos urbanos, el DT presenta una opción tecnológica que crea condiciones favorables para la eliminación de las barreras tecnológicas y financieras en los procesos de reemplazo de los sistemas de enfriamiento basados en Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono (SAO), demostrando ahorros de energía y reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero, dando así, respuesta a los Objetivos del Milenio y específicamente a las premisas conceptuales de la "ciudad sostenible" que se vienen implementando con la Política de Gestión Ambiental Urbana, la cual busca armonizar la gestión, las políticas sectoriales y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir a la sostenibilidad ambiental urbana y a la calidad de vida de sus pobladores.

ANÁLISIS DEL IMPACTO GENERADO POR EL CAMBIO DE REFRIGERANTES AGOTADORES DE LA CAPA DE OZONO POR NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL CENTRO DE CONVENCIONES CARTAGENA DE INDIAS

Por: Ing. Hernán Portillo – Gerente de Infraestructura

El Centro de Convenciones Cartagena de Indias - CCCI cumple en marzo de 2014, 32 años ininterrumpidos de operación. Este edificio con más de 30.000m² ha sido la sede de los eventos gubernamentales más importantes del país, así como de los congresos de los principales gremios colombianos, anualmente desarrolla más de 300 eventos que convocan a cientos de miles de personas en sus instalaciones.

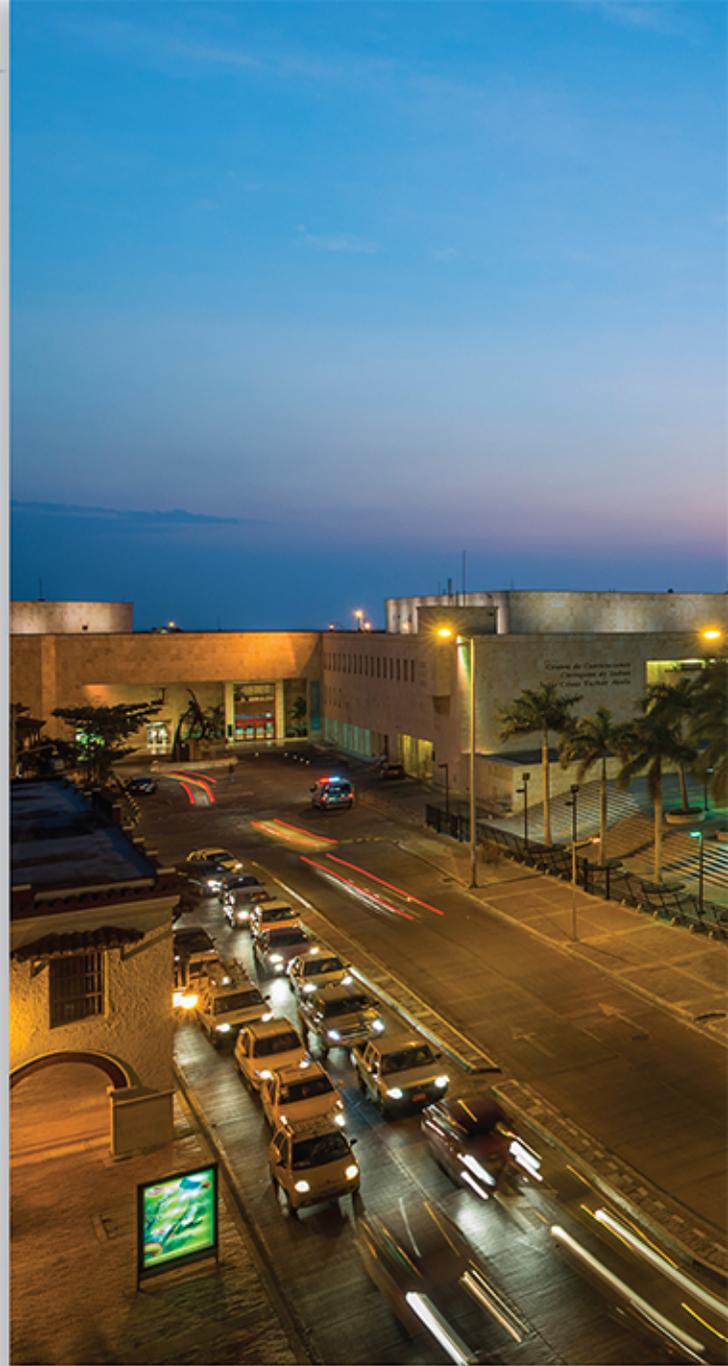
Para el cumplimiento de sus altos estándares de operación y la prestación de servicios integrales, maneja unos complejos sistemas de ingeniería que comprenden:

- Sistemas de Aire acondicionado
- Sistemas hidráulicos
- Sistemas de generación de vapor
- Sistemas de generación de energía eléctrica que garantiza independencia de las redes eléctricas externas por efectos de alteraciones de ésta.
- Sistemas de Audiovisuales y telecomunicaciones.
- Equipos industriales de proceso y manipulación de alimentos.

Conscientes de su compromiso medioambiental, el CCCI participó en el *Proyecto demostrativo para el manejo integrado del sector de chillers centrífugos en Colombia* y *Proyecto piloto demostrativo en Colombia para la Gestión Integral de los residuos de sustancias agotadoras de la capa de ozono – SAO*, a través de la Unidad Técnica de Ozono - UTO de la Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el objetivo de evaluar los resultados obtenidos con la aplicación de tecnologías alternativas ambientalmente seguras a los Chillers con sustancias Clorofluorocarbonadas - CFC, y al mismo tiempo recopilar datos documentales y técnicos confiables que permitan proponer medidas de mejora del comportamiento térmico y reducción del consumo energético, manteniendo calidades óptimas en el servicio.

El sistema de aire acondicionado instalado inicialmente en el CCCI (1980), consistía en 3 unidades centrífugas de 256 toneladas efectivas de refrigeración, equipadas con refrigerante CFC 11.

Cada máquina contenía una carga de refrigerante CFC 11 de 665 libras, para un total de 1.995 libras, con el riesgo de



tener fugas de esta Sustancia Agotadora de Ozono a la atmósfera. Este refrigerante, basado en compuestos Clorofluorocarbonados (CFC), fue eliminado de acuerdo a los compromisos del país con el Protocolo de Montreal.

En el año 2006, con el ánimo de reducir el impacto ambiental de sus equipos, y en cumplimiento del Protocolo de Montreal, el Centro de Convenciones Cartagena de Indias efectuó el reemplazo de las tres (3) unidades centrífugas originales, instalando dos unidades con compresor tipo tornillo y refrigerante HFC 134A de 275 toneladas de refrigeración cada una, y una unidad con compresor tipo centrífuga equipado con refrigerante HCFC 123 y capacidad de 325 toneladas de refrigeración.



CENTRO DE CONVENCIONES
CARTAGENA DE INDIAS



El cambio en el Sistema de Aire Acondicionado instalado originalmente, en adición al beneficio de contar con tecnología moderna, generó entre otros, los siguientes beneficios:

- Reducción de riesgo de agotamiento de la capa de ozono así como al calentamiento global debido a que los refrigerantes empleados por los nuevos equipos generan menor impacto ambiental.
- Optimización en el consumo de energía, tema relevante tanto económico como ambiental ya que disminuir el consumo energético lo cual impacta positivamente sobre el medio ambiente.

Continuando con las intervenciones tendientes a mejorar la prestación de servicios y a la optimización energética gracias a los avances tecnológicos,

en el año 2011 el CCCI efectuó un cambio de uno de los Chiller tipo tornillo de 275 toneladas de refrigeración por uno de tipo centrífugo de 400 toneladas, con refrigerante HCFC 123.

La UTO prestó su asistencia técnica al Centro de Convenciones Cartagena de Indias para efectuar una auditoría energética con el fin de establecer los ahorros ambientales generados por la reconversión tecnológica de los chillers. Se empleó para estos fines el cálculo de Total Equivalent Warning Impact – TEWI el cual es la medida por la masa total equivalente de CO₂ resultante de la suma del impacto directo generado por un escape de refrigerante en el sistema, y por el impacto indirecto generado por el CO₂ emitido en la producción de energía eléctrica

necesaria para alimentar equipos, de estos cálculos se pudo concluir que:

- El cambio de tecnología y refrigerante de los Chiller del Centro de convenciones Cartagena de Indias, ha significado una disminución del 42% sobre el impacto total de calentamiento atmosférico representado en las diferentes variables.
- Desde el punto de vista energético, se puede observar que la eficiencia comparativa entre la tecnología actual respecto a la sustituida aumentó en un 20%, cifra bastante significativa considerando las grandes capacidades de los equipos y la demanda de climatización en los diferentes ambientes. Como ejemplo de la diferencia en toneladas de refrigeración contra consumo eléctrico, tenemos que la antigua tecnología para producir 825 toneladas de refrigeración demandaba 825 kwh. La nueva tecnología, genera 1.000 toneladas de refrigeración con una demanda energética de 800 kwh, mostrando que se obtiene mayor eficiencia en climatización con menor consumo eléctrico.

Considerando los resultados de la Auditoría Energética y los registros técnicos del Centro de Convenciones Cartagena de Indias, se observa que los esfuerzos en las mejoras tecnológicas, efectivamente han generado cifras concretas de disminución en el impacto en el ambiente. Esto nos compromete a seguir trabajando en el tema, basados en este estudio energético, teniendo en cuenta las inversiones calculadas a corto y mediano plazo en busca de una continua optimización de servicios a partir de obras y sistemas tecnológicos amigables con el ambiente.

Los estudios sugieren entre otras intervenciones, la mejora de la envolvente del edificio para minimizar el impacto calorífico y la optimización y actualización de sistemas eléctricos en general. El esfuerzo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de la UTO ha dado fruto y nos deja un gran compromiso en materia de inversión para continuar generando disminuciones, que nos lleven al mínimo impacto ambiental posible, por parte de una operación de altos estándares y máxima eficiencia.

CALCULO DEL TEWI* (TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT)

	UNIDAD	NUEVOS CHILLER			CHILLERS SUSTITUIDOS		
		CHILLER 1	CHILLER 2	CHILLER 3	CHILLER 1	CHILLER 2	CHILLER 3
Emisiones por refrigerante		HCFC-123	HCFC-134a	HCFC-123	CFC-11	CFC-11	CFC-11
Carga promedio de refrigerante	Kg	400	400	400	300	300	300
Potencial de agotamiento de la capa de ozono del refrigerante	PAO/Kg refrigerante	0.02	-	0.02	1	1	1
Potencial de calentamiento global del refrigerante	PCG/Kg refrigerante	93	1300	93	4000	4000	4000
Emisiones Directas equivalentes de CO ₂	tCO ₂	9.3	130	9.3	6000	6000	6000
Eficiencia del equipo	Kw/TR	0.8	0.8	0.8	1	1	1
Factor de emisiones por uso de electricidad	kgCO ₂ /KWh	0.2849	0.2849	0.2849	0.2849	0.2849	0.2849
Emisiones por uso de energía del total de vida útil	tCO ₂	19.932	3.134	4.787	10.295	10.295	10.295
Impacto Total de calentamiento equivalente (TEWI)	tCO ₂	19.941	3.264	4.796	16.295	16.295	16.295
				Total nuevos Chillers 28.001		Total Chiller sustituidos 48.885	

Nota: el presente artículo, se basó registros internos y en información suministrada por la Compañía CREA INTERNACIONAL; de su informe de Auditoría Energética efectuado a las instalaciones del Centro de Convenciones Cartagena de Indias.

LOS AHORROS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA SUSTITUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS ENFRIADORES EN LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
1803



La Ciudad Universitaria de la Universidad de Antioquia se compone de un conjunto de edificios repartidos en la superficie del campus, donde se desarrolla la actividad de servicio público de educación superior.

En un total de 29 edificios o bloques se encuentran las diferentes facultades, laboratorios y dependencias administrativas, donde se desarrollan las actividades de docencia, programas académicos, laboratorios de investigación, espacios deportivos, y otro tipo de actividades de tipo cultural y educativo.

El campus tiene una superficie total de 287.461 m², de la cual el área construida es de 133.942 m² con un número de usuarios de 31.107 estudiantes, 1.325 docentes, 1.500 en personal administrativo y alrededor de 1.427.000 visitantes por año.

La Universidad de Antioquia cuenta con una red de enfriamiento con agua helada la cual alimenta todos los edificios con necesidades de climatización. Este sistema de enfriamiento funcionaba antes del año 2009 con dos chillers centrífugos (enfriadores de agua) instalados en 1966, con una capacidad total de 620 Toneladas de Refrigeración (TR) que usaban CFC 11, Sustancia Agotadora de Ozono (SAO) cuyo uso ha sido eliminado dando cumplimiento a los compromisos de Colombia ante el protocolo de Montreal.

La sustitución de estos chillers con CFC 11, usados en el sistema de aire acondicionado central de la Universidad de Antioquia, se realizó mediante la inversión de recursos propios buscando la selección y adquisición de equipos de tecnología ambientalmente segura, con ahorros energéticos y reducción en la emisión de SAO y gases de efecto invernadero (GEI).

La Unidad Técnica Ozono – UTO, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, brindó durante el año 2013 el acompañamiento para la valoración de los ahorros ambientales y energéticos alcanzados gracias a la sustitución de los enfriadores con cloro-fluorocarbonos - CFC en la ciudadela universitaria. Las mejoras realizadas a través de esta sustitución tecnológica, se evaluaron tanto en lo referente a su aspecto ambiental, energético así como al beneficio económico. El resultado del ahorro establecido se obtuvo a través de mediciones, encuestas y cálculos matemáticos acordes con la metodología de evaluación energética de las instalaciones.

Con la evaluación energética se estableció que los consumidores principales de energía en la ciudadela son los chillers, los cuales tiene un régimen de uso de 10 horas al día durante los siete días de la semana, cuyos sistemas asociados, es decir, bombas, torres de enfriamiento, etc, suelen funcionar en el mismo periodo que los equipos de producción de frío. El agua fría distribuida a una temperatura media de unos 7 °C mediante una red de tuberías a los diversos edificios climatizados, alimenta los fancoils y las manejadoras de aire, controladas a través de termostatos, por otra parte, el control de los equipos se realiza manual o automáticamente según el régimen de utilización de los mismos.

Adicionalmente, en la Ciudad Universitaria de Antioquia existen otros sistemas generación de frío para climatización mediante equipos de poca potencia, de tipo individual por expansión directa, sin embargo la generación principal se basa en el sistema centralizado de chillers que se compone de dos equipos.

Chiller 1. El chiller 1 es una máquina enfriadora con compresor tipo tornillo. Se usa todos los lunes del año, con un régimen de uso estándar de 10 horas/día. Tiene su propia torre de enfriamiento de tres ventiladores con variador de frecuencia. El gas refrigerante de uso es el HFC 134A, el cual no tiene impacto sobre la capa de ozono, tiene una gran estabilidad térmica y química, baja toxicidad, no es inflamable y tiene alto impacto sobre el cambio climático.

Chiller 2. El chiller 2 es una máquina enfriadora con compresor tipo centrífugo. Su año de fabricación es de 2010, y se usa de martes a domingo, con un régimen de uso estándar de 10 horas/día. Tiene su propia torre de enfriamiento, de dos ventiladores con variador de frecuencia. El gas refrigerante de uso es el HCFC123, el cual tiene un bajo impacto sobre la capa de ozono. Tiene una gran estabilidad térmica y química, baja toxicidad, no es inflamable y tiene alto impacto sobre el cambio climático.

La Universidad de Antioquia ha comenzado por optimizar los equipos productores de agua fría para la climatización de sus instalaciones y ahora se encuentran en los proyectos de adecuación de los diferentes bloques o edificios. Esta red se está

ampliando con el fin de alimentar todos los edificios con necesidades de climatización y reducir paulatinamente el uso de los equipos de expansión directa, por unos nuevos equipos alimentados con agua fría.

Características de los chillers actuales:

CHILLER	No.1	No.2
Fabricante	York	Trane
Modelo	YRXCXDT3-46C	CVHF485
Número de unidades	1	1
Capacidad frigorífica (TR)	430	400
Potencia frigorífica (kW)	1512	1407
Potencia eléctrica (kW)	275,1	206
EER	5,50	6,83
Año fabricación		2010
Tipo de compresores	tornillo	centrífugo
Gas refrigerante	HCFC 134 A	HCFC 123
Funcionamiento	lunes	martes a domingo
Régimen de funcionamiento (h/año)	891	
Consumo (kWh/año)	450.068	



El sistema de distribución de agua dispone de tres bombas primarias, posteriormente en el circuito secundario comprende dos bombas de 100 HP, donde una se encuentra a modo de reserva. Las bombas del anillo secundario poseen un variador de velocidad con el fin de adecuar el caudal de impulsión a las necesidades específicas de los bloques conectados al circuito de distribución de agua fría.

Dentro del estudio realizado se llevaron a cabo mediciones de las variables térmicas y eléctricas del sistema los cuales arrojaron los siguientes resultados:

CHILLER 1

Consumo Chiller: 603,5 kWh
 Consumo bombas primario: 76 kWh
 Consumo bombas condensación: 89 kWh
 Consumo ventiladores torre condensación: 60 kWh
 Consumo total en periodo: 819,5 kWh
 Demanda térmica: 3.274 kWh

CHILLER 2

Consumo Chiller: 1.536Wh
 Consumo bombas primario: 76 kWh
 Consumo bombas condensación: 225 kWh
 Consumo ventiladores torre condensación: 56 kWh
 Consumo total en periodo: 1.893 kWh
 Demanda térmica: 10.204 kWh

Con estas mediciones se calcula que el actual consumo de la instalación frigorífica de los chillers es:

- Energía térmica generada: 3.836.939 kWh/año
- EER según medición 5,27
- Consumo actual (ee): 728.072 kWh/año

Estos datos, comparados nominalmente con los datos de los chiller sustituidos (chillers centrífugos con refrigerante CFC11), dan como resultado:

- Energía térmica generada: 3.836.939 kWh/año
- EER según medición 4,12
- Consumo eléctrico estimado: 931.296 kWh/año

De esta manera, con la evaluación ambiental y energética se puede demostrar que ante la sustitución tecnológica de los chillers antiguos que usaban CFC 11 se logró un ahorro energético de 203.224 kWh/año.

AMORTIZACIÓN INVERSIÓN REALIZADA

La inversión realizada en el año 2009 en el cambio de chiller ascendió a 320.000.000 \$COP. En el caso de la inversión realizada en el año 2011 en el cambio del otro chiller ascendió a 370.000.000 \$COP, lo que representa un total en cambio de chillers de 690.000.000 \$COP dando como resultado un cálculo de retorno de inversión así:

- Costo kWh eléctrico (\$COP): 321,88 \$COP
- Ahorro económico anual: 65.414.561,7 \$COP/año
- Amortización inversión: 10,55 años

Debe tenerse en cuenta que con los chillers a una carga superior, es decir, a medida que se vayan conectando más edificios al sistema, la inversión realizada resultará más rentable.

CÁLCULO DE EMISIONES DE CO₂

El estudio ha permitido a la Ciudadela Universitaria de Antioquia calcular el ahorro en emisiones de CO₂ generado por el cambio de los chillers, lo cual se muestra en el cuadro a continuación:

	Chillers con CFC11	Chillers Actuales
Consumo valorado (kWh/año)	496.000	387.980
Ahorro en consumo energético (kWh/año)	0	108.020
Ahorro en consumo energético (%)	0	21,8%
Emisiones CO ₂ (kg año/kW)	87.296	68.285
Ahorro en emisiones CO ₂ (kg año/kW)	0	19.011

De los resultados del estudio acompañado por la UTO, la Universidad de Antioquia se planteó los siguientes objetivos que pretende alcanzar ante el reto del ahorro energético:

- Detectar y evaluar las posibilidades de mejora en las instalaciones para introducir medidas y criterios de uso racional y de ahorro de energía.
- Detectar y evaluar las posibilidades de introducir tecnologías energéticamente más eficientes.
- Determinar y promocionar inversiones en el ámbito del ahorro y de las tecnologías energéticamente más eficientes.



Para la implementación de los compromisos del Protocolo de Montreal el Gobierno Nacional, con el apoyo de Fondo Multilateral de este Protocolo, constituyeron la Unidad Técnica Ozono - UTO, a cargo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Desde entonces se ha logrado con éxito el desarrollo de diferentes proyectos y programas orientados a cumplir con la eliminación del consumo de sustancias agotadoras de ozono - SAO, la preservación y recuperación de la capa de ozono.

UNIDAD TÉCNICA OZONO • MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE • Teléfono: (57-1) 3323400 Ext.1241, 1808 • www.minambiente.gov.co



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



Al servicio
de las personas
y las naciones

1994 - 2014



Colombia contará con el primer centro de regeneración de refrigerantes: Como una importante contribución a la preservación de la capa de ozono, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana – Unidad Técnica Ozono (UTO), y la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (UPB), inauguraron el 19 de marzo de 2014, el primer Centro de Regeneración de Refrigerantes con licencia ambiental del país.

El centro funcionará en la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y hace parte esencial de la Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración de gases refrigerantes. Con la operación de este centro, el país dejará de emitir a la atmósfera el equivalente 0.06 Ton PAO (Potencial de Agotamiento de la capa Ozono) de CFC-11 mensualmente.

El propósito del centro es extraer las impurezas de los gases o sustancias refrigerantes usadas en equipos de refrigeración y en aires acondicionados, obteniendo un gas apto para ser reutilizado.

A través de los recursos del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal y gestionados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD, se apoyó la dotación de los equipos que componen el novedoso centro.

Por medio de este centro, la industria y las empresas de mantenimiento podrán reutilizar dichas sustancias, disminuyendo el uso de gas refrigerante virgen o nuevo y así contribuir a que Colombia disminuya el consumo de Sustancia Agotadoras de Ozono (SAO), cumpliendo los objetivos propuestos ante el Protocolo de Montreal.

Otra beneficio del centro es abastecer refrigerante regenerado garantizado para suplir parte del consumo del gas refrigerante requerido por el País, a medida que se restrinja la comercialización de éste.

Asimismo, el Centro de Regeneración de Gases Refrigerantes permitirá profundizar en el conocimiento científico tanto de estudiantes y maestros a través del Centro de Investigación, Desarrollo y Calidad en Refrigeración y Climatización, el Semillero de Investigación en Refrigeración y Climatización, el Grupo de Investigación en Energía y Termodinámica y el Grupo de Investigaciones Ambientales, de la Escuela de Ingeniería.

Participación de la Unidad Técnica Ozono en Tecnolacteos y Tecocarnicos Andina 2014: El evento de Tecnolacteos y Tecocarnicos, se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá los días 17 y 18 de marzo de 2014, este evento estaba dirigido a profesionales de la producción de lácteos y cárnicos del país y del extranjero. La UTO participó en el programa académico para tratar temas relacionados con la Gestión ambiental de los Refrigerantes utilizados en la Cadena de Frío de los Productos Lácteos y Cárnicos. La intervención se llevó a cabo el día 18 de marzo de 2014 en el Hotel Sheraton.

Participación en el VIII Encuentro Nacional de Jefes de Mantenimiento en la ciudad de Ibagué: Este encuentro realizado por la ANDI se llevó a cabo los días 13 y 14 de marzo de 2014. Estuvo dirigido a los profesionales en la industria responsables de la gestión del mantenimiento. La UTO tuvo espacio en el programa académico para tratar temas relacionados con la Gestión ambiental de los Refrigerantes utilizados los sistemas de enfriamiento. La intervención se llevó a cabo el día 14 de marzo de 2014 en el Hotel Estelar de Ibagué.

Curso teórico-práctico de entrenamiento a capacitadores, sobre diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado con hidrocarburos: Como parte de las actividades de eliminación de Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) en Colombia, la Unidad Técnica Ozono (UTO), desarrolló un curso teórico-práctico de entrenamiento a capacitadores, sobre diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado con hidrocarburos. El curso se realizó en la ciudad de Bogotá D.C. del 18 al 26 de marzo de 2014, con la colaboración del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) del SENA, y fue impartido por el Dr. Daniel Colbourne, experto internacional en el manejo de los hidrocarburos como refrigerantes y miembro del Comité de Opciones Técnicas sobre Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor del Protocolo de Montreal.

Los hidrocarburos son una excelente opción para la sustitución de los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC) e hidroclofluorocarbonados (HCFC), en equipos de refrigeración doméstica y comercial de bajo porte, debido a que no afectan la capa de ozono, su bajo potencial de calentamiento global (<30) y en la mayoría de los casos se obtiene una mejor eficiencia térmica de los sistemas que los utilizan. Sin embargo, los hidrocarburos, por ser gases inflamables, requieren que los servicios de instalación y mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado sean realizados por personal calificado, cumpliendo con las Buenas Prácticas de Refrigeración y las precauciones de seguridad industrial para manejo de sustancias inflamables.

Por lo anterior, ésta capacitación estuvo dirigida a instructores e ingenieros, tanto de instituciones de formación como de empresas del área de refrigeración y climatización del país, con el objetivo de formar un grupo de capacitadores en el manejo de los hidrocarburos como refrigerantes, quienes posteriormente contribuirán a la formación de técnicos especializados en el país.



AGENDA EVENTOS UTO

Participación en la Feria Internacional del Medio Ambiente - FIMA:

Corferias - Bogotá D.C - 4 al 6 de junio de 2014

Acto protocolario para conmemorar los 20 años de la Unidad Técnica Ozono de Colombia:

Este acto conmemorativo se realizará en el marco de FIMA - Corferias, salón VIP - Bogotá D.C - 5 de junio de 2014

Participación en ferias dirigidas a usuarios finales de sustancias agotadoras de ozono y gremio de la refrigeración y climatización:

Refriamericas 2014 - expo y conferencias para la refrigeración y aire acondicionado - Plaza Mayor - Medellín - 4 al 6 de junio. Participación muestra comercial 10:00 a.m. a 6:00 p.m.

Tecnoedificios 2014 - expo y congreso para la operación de edificios modernos - Plaza Mayor - Medellín - 4 al 6 de junio.

VIII Alimentec 2014 - feria internacional de la alimentación - Corferias - Bogotá D.C. - 3 al 7 de junio de 2014

Unidad Técnica Ozono - UTO

Carrera 13 No. 37 - 38 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Teléfono: 3323400 ext. 1608 - 1241
www.minambiente.gov.co
Bogotá D.C. - Colombia



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Juan Manuel Santos Calderón

MINISTRA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Luz Helena Sarmiento Villamizar

VICEMINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Pablo Vieira Samper

DIRECTOR DE ASUNTOS AMBIENTALES SECTORIAL Y URBANA

Francisco Gómez Montes

UNIDAD TÉCNICA OZONO - UTO

COORDINADORA NACIONAL

Leydy María Suárez Orozco

EQUIPO TÉCNICO

Nidia Mercedes Pabón Tello
Hilda Cristina Mariaca Orozco
Angélica Nataly Antolínez Esquivel
Amparo Luisa Leyva Mejía
Claudia Milena Caicedo Caicedo
Omarly Acevedo
Xiomara Ibeth Stavro Tirado
Edwin Mauricio Dickson Barrera
Camilo Andrés León Redondo

EQUIPO ADMINISTRATIVO

Myriam Cristina Jiménez Moreno
Oscar Mauricio Jaimes González

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN

María Antonia Alzate Londoño

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - PNUD

REPRESENTANTE RESIDENTE

Fabrizio Hochschild

DIRECTORA DE PAÍS PNUD COLOMBIA

Silvia Rucks

OFICIAL DE PROGRAMA

Jimena Puyana

FOTOGRAFÍAS

Archivo UTO

FOTOGRAFÍA PORTADA

Cortesía Alcaldía de Medellín

IMPRESIÓN

Contacto Gráfico Ltda.

ISSN: 2382- 4107