

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA LA PREPARACIÓN DE MEDICAMENTOS ESPECIALES PARA UNA EMPRESA FARMACEUTICA.

John Andrés García Therán

Ing. Mecánico (Estudiante de Pregrado).
Universidad Autónoma del Caribe.

RESUMEN

En un laboratorio de fabricación de productos médicos especiales incluyendo los fármacos denominados citostáticos, usados en la lucha contra varios tipos de cáncer humano, se necesita definir cuáles son las características técnicas del equipo a usar, de tal manera que se garantice que el mismo pueda cumplir con los requerimientos que impone la norma ISO 14644, referente al control de contaminantes en espacios acondicionados de aplicación especial, específicamente los que son clasificados como las llamadas áreas limpias. Con el desarrollo de esta propuesta se espera establecer la información técnico – económica que ayude a disponer del conocimiento necesario, para que se tome la mejor decisión en la selección de aquel equipo que ofrezca las mejores ventajas para operar durante el ciclo de vida de la aplicación. El diseño y montaje de equipos de acondicionamiento de aire en este tipo de áreas es un proceso complicado, porque además de la temperatura, deben controlarse variables como: presiones, humedad, tasas de renovación de aire, microorganismos, polvo, gases, sustancias odoríferas y otros factores. Lo que justifica trabajar en este proyecto, es asegurar que se cumple con lo que requiere la norma en las áreas limpias, lo que garantiza la seguridad sanitaria, aspecto crítico en los laboratorios clínicos, para evitar la diseminación de virus, bacterias y otros agentes patógenos, causante de enfermedades de variada afectación a la salud humana y animal, entre otros.

La metodología empleada es de tipo descriptiva – explicativa. Aplicando conceptos de carga térmica del área de refrigeración, más conocimiento teórico – empírico del tema de la ventilación a diferentes presiones, utilizando incluso el concepto de esclusa de aire, para garantizar que en los espacios controlados no exista bajo ninguna condición operativa, la posibilidad de que el aire interno se escape, especialmente para garantizar la seguridad biológica. Finalmente para la selección del equipo a implementar, se aplica una evaluación del comportamiento funcional del mismo, usando el diagrama psicrométrico.

Palabras claves: criticidad de operación, norma ISO 14644, seguridad sanitaria control ambiental en espacio acondicionado.

ABSTRACT

In a laboratory manufacturing specialty medical products including drugs called cytostatics used in the fight against various types of human cancer, we need to define what are the technical characteristics of the equipment to be used, so as to ensure that it can meet the requirements imposed by the ISO 14644 concerning the control of pollutants in conditioned spaces Special Application rule, specifically those that are classified as so-called clean areas. With the development of this proposal is expected to establish the technical information - economic help to have the knowledge necessary to take the best decision in selecting the team that offers the best advantages to operate during the life cycle of the application. The design and installation of air conditioning equipment in such areas is a complicated process, because not only the temperature must be controlled. Also be controlled: pressure, humidity, air exchange rates, microorganisms, dust, gases, odorants and other factors. What justifies work on this project is to ensure that it meets the required standard in clean areas, ensuring health security aspect critical to prevent the spread of viruses, bacteria and other pathogens, causing diseases involvement varied human and animal health, among others.

The methodology used is descriptive - explanatory. Applying concepts of heat load cooling area, more theoretical knowledge - empirical topic of ventilation at different pressures, even using the concept of airlock, to ensure that there is no controlled spaces under any operating condition, the possibility of the internal air to escape, especially to ensure biosafety. Finally for the selection of the team to implement a functional behavioral assessment of the same applies, using the psychrometric chart.

Keywords: criticality of operation, ISO 14644, health safety environmental control conditioned space.

1. Introducción

Los medicamentos citostáticos, son los fármacos anticancerosos que se utilizan para el tratamiento del cáncer, el empleo terapéutico exitoso de estos, al igual que para las patologías infecciosas, se fundamenta en las diferencias metabólicas existentes entre las células normales y las cancerosas, así como en la velocidad vertiginosa de la multiplicación celular de estas últimas. Los sitios de preparación de estos medicamentos, exigen rigurosos parámetros para la calidad del aire, solo posibles de conseguir con diseños especiales de sistemas de acondicionamiento de aire. La norma ISO 14644 limita la cantidad de agentes no deseados en el aire según diversas aplicaciones y el sistema de acondicionamiento debe garantizar el control de estos límites, para luego de la auditoría bajo la mencionada norma, pueda el laboratorio certificarse en el grado de seguridad y calidad que la norma impone.

2. Metodología

La metodología puesta en práctica durante el desarrollo de este trabajo consta de las fases que son explicadas a continuación.

Fase 1

Evaluación de equipos de aire acondicionado, que puedan entregar la capacidad refrigerante que la aplicación requiere, incluyendo el diseño de los sistemas de ductería, para controlar el proceso de ventilación con renovación controlada del aire interno. La evaluación técnica comprende el tipo de equipo y su ensamble con los ductos del sistema de ventilación. La norma usada para la realización de los cálculos es la ASHRAE del año 2001.

Fase 2

Se montaran los componentes faltantes y se realizaran pruebas de cada uno de los componentes colocados y de los existentes y así se garantizará el buen funcionamiento del banco de refrigeración, incluyendo al motor de combustión interna.

Fase 3

Con la información del equipo seleccionado, desde la óptica técnica, se procede a realizar un estimado económico, del costo para el ciclo de vida de 5 años, que es el periodo de duración nominal que los fabricantes expresan para este tipo de productos.

Fase 4

La parte final del proceso implica la entrega de un manual de operación y mantenimiento preventivo, que el autor propone, con el propósito de tener la mayor disponibilidad posible, en el supuesto de que las condiciones operativas se mantenga, durante el periodo estimado.

3. Resultados

3.1. Requerimientos de la norma ISO 14644 para salas limpias en aplicación de laboratorios farmacéuticos.

La norma ISO 14644 de la ASHRAE define una sala limpia como: “Un cuarto en el cual la concentración de partículas en el aire es controlada, y la cual es elaborada y utilizada de manera que se minimice la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto y en el cual otras partículas y parámetros relevantes, como temperatura, humedad y presión, son controlados como sea necesario para la aplicación”. La tabla 1 identifica los requerimientos de la aplicación para laboratorios, con salas tipo 10.000. Los números correspondiente a esta celda indican el número máximo de partículas de determinado tamaño, en partes por millón por cada metro cubico de espacio acondicionado.

En este proyecto solo se estudiara la esclusa y el laboratorio biológico con un área total de 622 Ft². Los otros espacios están climatizados y tienen un nivel de limpieza clase 100.000. La figura 1, ilustra con un plano, el área de trabajo a climatizar.

Tabla 1. Valores normalizados según ISO 14644 para tamaños y cantidad de partículas por metro cubico. Se indica la clase 10.000.

| Tamaño de partículas En (μm). | ≥ 0.1 | ≥ 0.2 | ≥ 0.3 | ≥ 0.5 | ≥ 5 |
|--|------------|------------|------------|------------|----------|
| Clase de la sala | | | | | |
| 1 | 1240 | 265 | 106 | 35 | |
| 10 | 12400 | 2650 | 1060 | 350 | |
| 100 | | 26500 | 10600 | 3500 | |
| 1.000 | | | | 35000 | 247 |
| 10.000 | | | | 350000 | 2470 |
| 100.000 | | | | 3500000 | 24700 |

Las condiciones del local según define la norma ASHRAE son:

- La zona de trabajo tendrá una relación de presurización tipo burbuja. Clase 10.000.
- El área del laboratorio manipulará materiales tóxicos los cuales no pueden ser expuestos y no pueden salir al medio ambiente, para la seguridad de los pacientes y de los operadores cercanos al laboratorio.
- En el área del laboratorio biológico trabajara una cabina de seguridad biológica, con un flujo de entrada frontal de 100 pies cúbicos por minuto y 100% de renovación del aire de la sala. Dispone de su propio ducto de extracción.

Las características constructivas y otros detalles del lugar a acondicionar son:

- Paredes: Ladrillo común de 4 pulgadas de espesor, repello de cemento con agregado de arena de 1/2 de pulgada, color blanco.
- Techo, cielo falso: Techo inclinado con estructura de madera, cielo falso terminado contra las vigas, sin aislamiento.
- Piso: Lozas de cemento.
- Ventana: vidrio plano doble claro de 1/4 de pulgada, empotrado en pared, ubicado al noroeste, sin sombra.
- Puertas: vidrio sencillo templado de espesor 10 mm.
- Iluminación: Cinco lámparas fluorescentes de 20 watts c/u.
- Equipos: AC2-2E2 CABINA BIOSEG CLASE II - AIRSTREAM LATERALES VIDRIO MARCA: ESCO.

Dimensiones exteriores (largo x ancho x alto): 2.4 x 2.4 x 4.5 Ft

Dimensiones útiles (largo x ancho x alto): 2 x 2 x 2 Ft

Volumen del flujo frontal de entrada: 100 CFM

Volumen del flujo vertical (que baja): 100 CFM

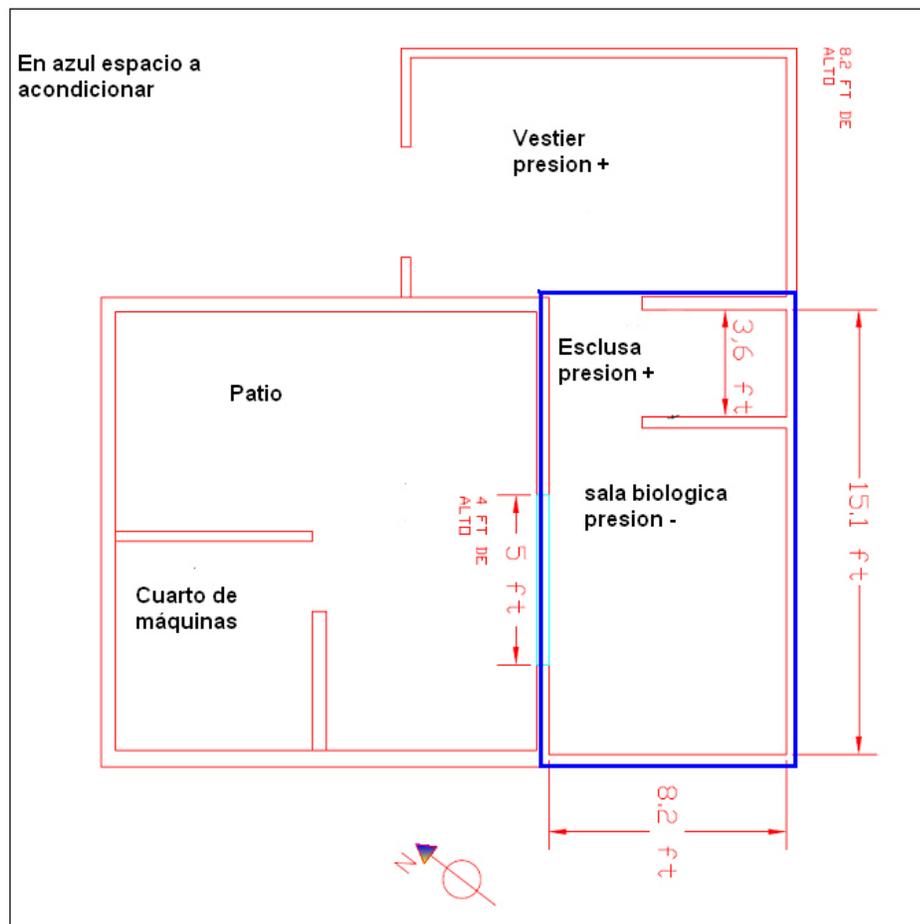
Volumen del flujo que sale: 100 CFM

Motor de $\frac{3}{4}$ Hp

Peso neto: 353 lbs

- Ocupantes: Dos personas en la sala biológica, tiempo promedio dentro de la sala 10 horas.
- Tiempo de recuperación o transitorio: máximo 10 minutos.

Figura 1. Geometría del local a acondicionar.



En la figura 1, el área encerrada por la línea azul continua es el espacio a acondicionar. La esclusa tiene la función de garantizar, que en ninguna condiciones pueda de manera accidental, entrar o salir aire de la sala biológica. La nivelación de presiones se puede realizar a voluntad, si ello es requerido.

3.2. Estimación de la carga térmica.

Las consideraciones manejadas para estimar el valor de la carga térmica crítica y los aspectos de la ventilación son:

- ▶ Temperatura de bulbo seco exterior: 95 °F
- ▶ Temperatura de bulbo húmedo exterior: 88°F
- ▶ Humedad relativa exterior: 79%
- ▶ Temperatura de bulbo seco interior: 75 °F
- ▶ Temperatura de bulbo húmedo interior:
- ▶ Humedad relativa interior: 50%
- ▶ Renovaciones de aire según la norma ISO 14644: 45 renovaciones por hora.
- ▶ Flujo de aire multidireccional según norma ISO 14644
- ▶ Presión positiva en la esclusa respecto al medio ambiente.
- ▶ Presión negativa en laboratorio biológico respecto al medio ambiente.
- ▶ Presión negativa en Cabina de seguridad biológica.
- ▶ Valor de la presión diferencial: 0.05 pulgadas de agua.

De lo anterior, los criterios a tener en cuenta son:

- Una diferencia de presión entre una sala limpia y el aire ambiente de 12.5 Pa (0.05 pulgadas de agua) es suficiente para eliminar la migración de partículas según norma ASHRAE) Cuando hay dos espacios contiguos, el espacio que deba ser más limpio tiene que mantenerse a una diferencia de presión aproximada de 12.5 Pa con respecto a la zona contigua.
- La ventilación es de flujo de aire multidireccional especificado en la norma ISO 14644 - 4 de la ASHRAE para clase 10.000 que trata de diluir la contaminación mediante la aportación de aire limpio.

La tabla 2, resume los cálculos con los que se cuantifica el valor de la carga térmica crítica. Según el IDEAM, la intensidad de la radiación solar en los confines de la atmosfera es de 1209 Kcal/ h.m² aproximadamente cuando la tierra está en su perigeo (21 de diciembre), y de 1125 Kcal/ h.m² cuando está en su afelio (21 de junio). El resto del año los valores fluctúan entre estas dos cantidades. Colombia está situada sobre la línea del ecuador y por lo tanto se ve afectado en gran medida por este efecto terrestre y es en estos meses en los que se procederá a realizar los cálculos respectivos a ganancia de calor por diferencias de temperatura. La diferencia entre diciembre y junio, es que en el primer mes, sopla mayor cantidad de brisas y esto ayuda a atenuar el efecto de concentración del calor, por lo tanto, el día seleccionado como crítico, corresponde al 21 del mes de Junio.

Las ganancias debidas a equipos interno al local se estiman basados en la potencia del motor de accionamiento, aplicando las correcciones que la norma indica igual procedimiento se ha realizado con todos los demás factores. El valor critico es de La carga sensible y latente parcial se hallan sumando las ganancias de calor calculadas anteriormente. Se adiciona un factor de seguridad de 10% a la carga total de refrigeracion. La carga termica final ajustada es de 108.700 Btu/h (Suma de la carga sensible y latente) o 9.05 toneladas de refrigeración.

Tabla 2. Estimado de carga térmica por cada factor de ganancia de calor.

| Ganancias de calor en Btu/h | Calor sensible | Calor latente | Calor sensible con factor de seguridad de 10 % | Calor latente con factor de seguridad de 10 % |
|---|----------------|---------------|--|---|
| Ganancias de calor por transmisión a través de techo | 1527 | | 1640 | |
| Ganancias de calor por radiación | 2540 | | 2794 | |
| Ganancias de calor por transmisión a través de paredes. | 1.960 | | 2.140 | |
| Ganancias de calor por transmisión a través de vidrios. | 244 | | 215 | |
| Ganancias debido a personas. | 500 | 500 | 550 | 550 |
| Ganancias debido a iluminación. | 410 | | 451 | |
| Ganancias debido a equipos. | 670 | | 737 | |
| Ganancias por ventilación | 17.600 | 72.896 | 19.360 | 80.186 |
| Ganancias totales. | 25.431 | 73.396 | 27.974 | 80.736 |

3.3. Sistema de ventilación del local.

La figura 2 muestra los ductos de suministro de aire acondicionado, la figura 3 los ductos de retorno y la figura 4 los ductos de extracción, con lo que se configura el sistema completo de manejo del aire, desde la unidad manejadora del equipo hasta las áreas a climatizar.

Figura 2. Ductos de aire de suministro.

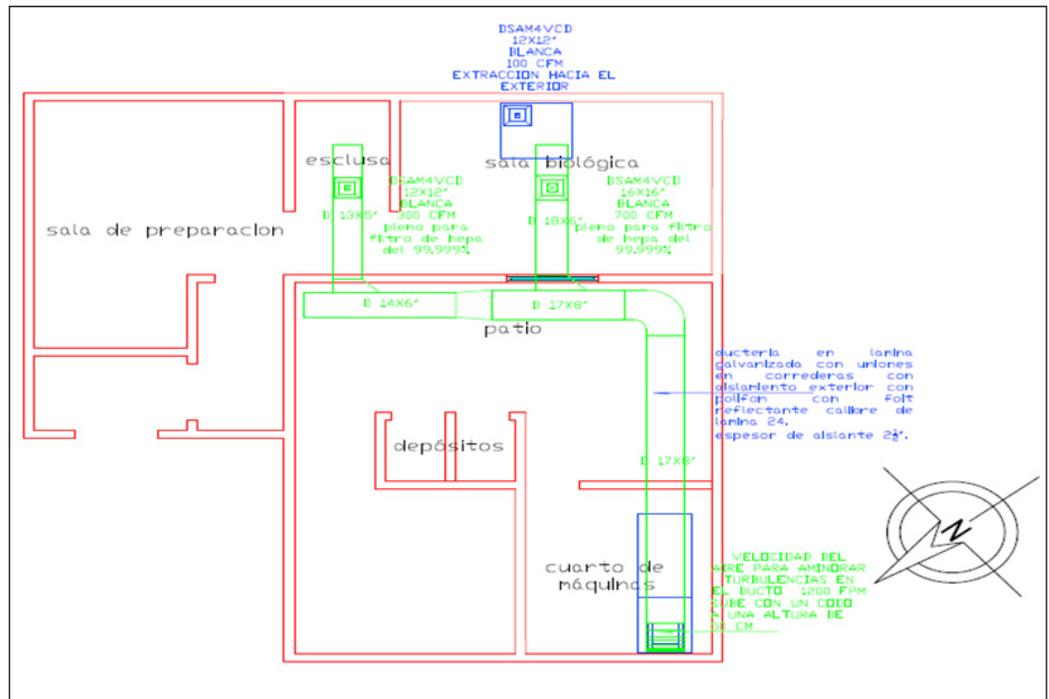


Figura 3. Ductos de aire de retorno.

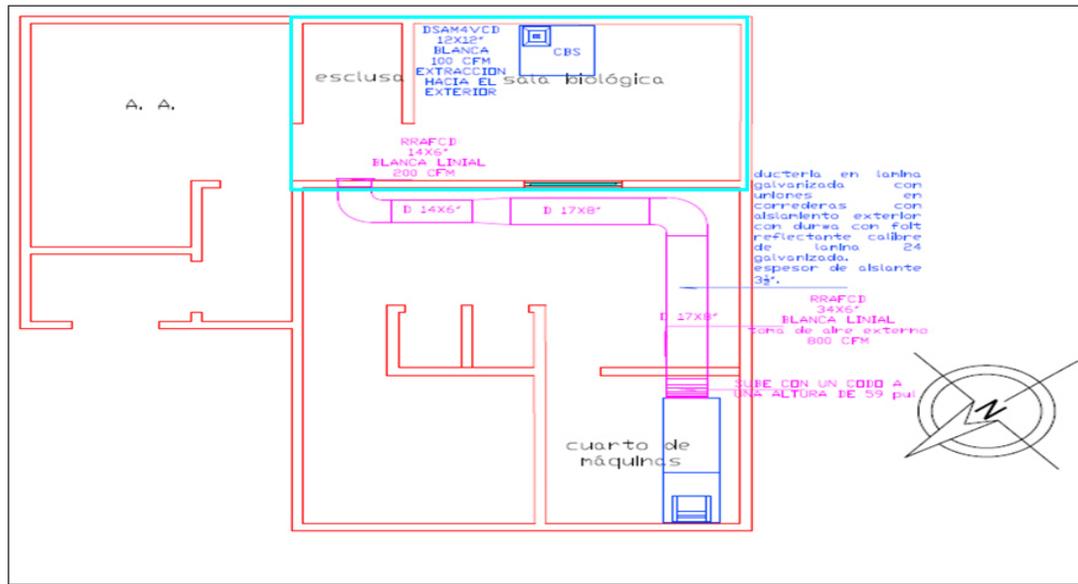
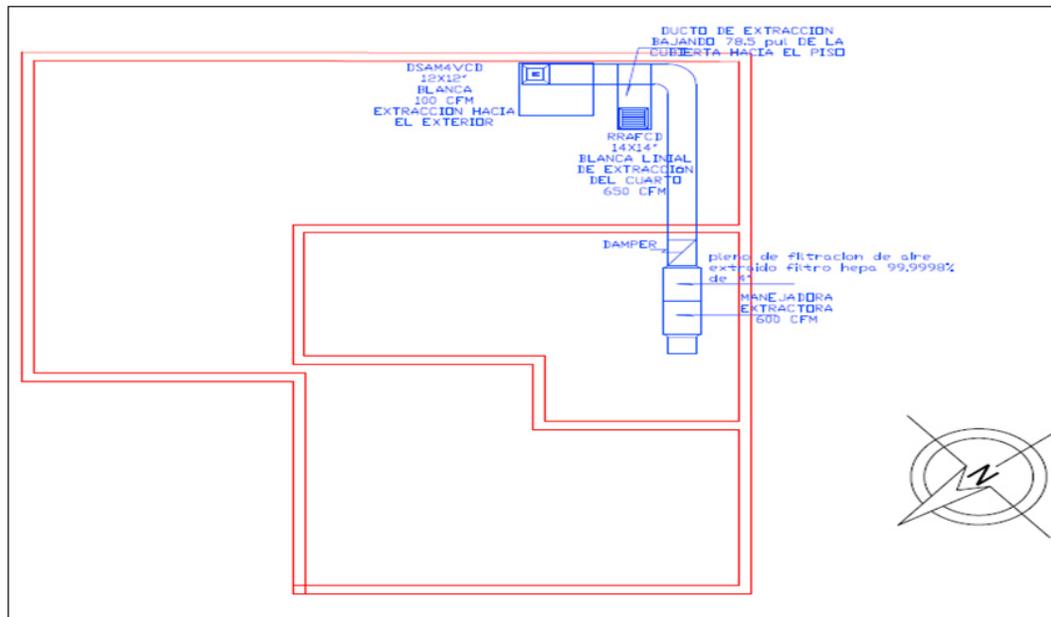


Figura 4. Ductos de aire de extracción.

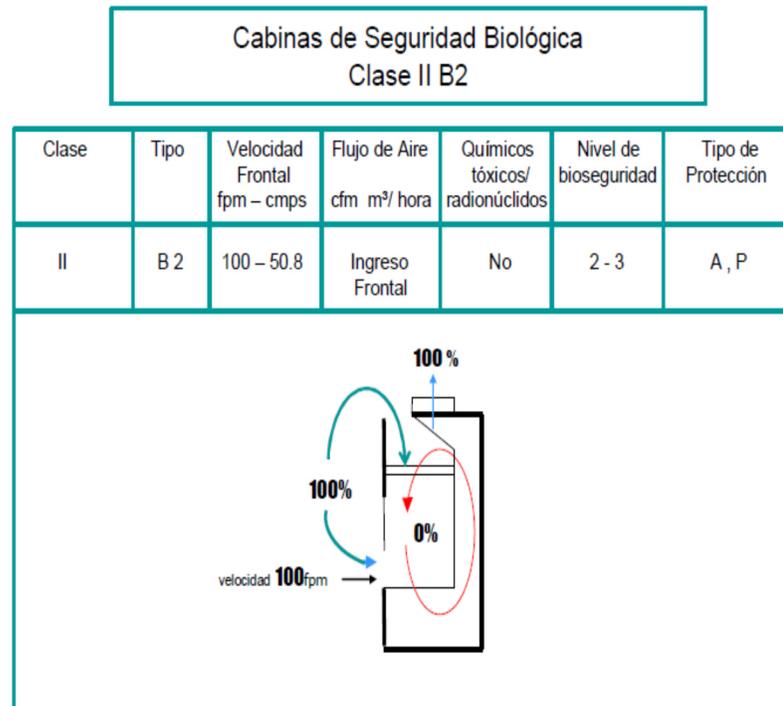


En las figuras se indican las dimensiones en pulgadas para cada sección transversal de la ductería dimensionada. El ducto de suministro maneja hasta la sala biológica 1000 CFM, luego descarga 700 en esta sala y los restantes 300 CFM los descarga en la esclusa de estabilización de la presión. El ducto de extracción se diseña para 800 CFM y el de retorno para 300 CFM, de tal manera que pueda garantizarse control del envejecimiento del equipamiento.

En el área crítica se trabaja con sustancias que no deben contaminar al operador, pacientes o salas cercanas, entonces la presión manométrica del interior de la CSB (cabina de seguridad biológica) ubicada en el interior de sala, respecto a ésta, según indica la norma ASHRAE, debe ser negativa y a su vez la presión manométrica de la sala donde se encuentra la cabina respecto a la sala contigua también debe ser

negativa. La figura 5, indica como debe ser el flujo para este caso, según expresa la norma ASHRAE, dejando claro, que no puede darse recirculación en esta zona y la renovación debe ser del 100 %.

Figura 5. Flujos de aire en la cabina de seguridad biológica clase II B2.



Usando el ductulador de la compañía TRANE (software para diseño de ductería) como herramienta de cálculo, se procede a diseñar el sistema de ductos. Con las velocidades recomendadas y el valor de los cfm se establece la presión estática ejercida a lo largo de todo el sistema.

- ✓ Carga de ventilación para esclusa : 300 cfm
- ✓ Carga de ventilación para laboratorio biológico: 700 cfm
- ✓ Carga de ventilación total: 1000 cfm
- ✓ Velocidad recomendada para ducto principal de suministro: 1200 fpm.
- ✓ Perdidas por fricción en el ducto de suministro: 0.18 pulgadas de agua.

- * Cantidad de aire de retorno: 200 cfm
- * Velocidad recomendada para el ducto principal de retorno: 1000 fpm.

- * Perdidas por fricción en el ducto de retorno: 0.13 pulgadas de agua.
- ❖ Cantidad de aire extraído: 650 cfm
- ❖ Velocidad recomendada para el ducto principal de extracción: 1000 fpm
- ❖ Perdidas por fricción en el ducto de extracción: 0.15 pulgadas de agua

Los difusores de suministro y rejillas de extracción son seleccionados de acuerdo al catálogo.

Los ductos son de tipo rectangular en su sección transversal, para tener control sobre la geometría de la planta en caso de cubrir los trayectos en curvas, descensos y ascensos.

La manejadora de aire frio se instala en el cuarto de máquinas y la salida de la extracción se ubica sobre el área del patio. El trazado resultante es el obligado por la instalación según las restricciones que la misma impone. El conducto de suministro y el de retorno se aíslan con papel foil para reducir la ganancia de calor por radiación.

Para propósitos de controlar el tamaño de partículas, se usan filtros. Los filtros de alta eficiencia se seleccionan de acuerdo a la norma ASHRAE Test Standard 52.2/1999, a las condiciones necesarias de área y caudal de aire requerido. Estos filtros se montan en un marco construido en chapa galvanizada con clips retenedores y empaque para sello hermético. Se establecen las caídas de presión en función del flujo para los ductos de suministro y extracción. La figura 6 muestra el sistema de ductos de suministro en el punto de operación con el ventilador seleccionado. La figura 7 muestra lo mismo para el conducto de retorno.

Figura 6. Acople sistema de ducto de suministro- ventilador seleccionado marca Lau.

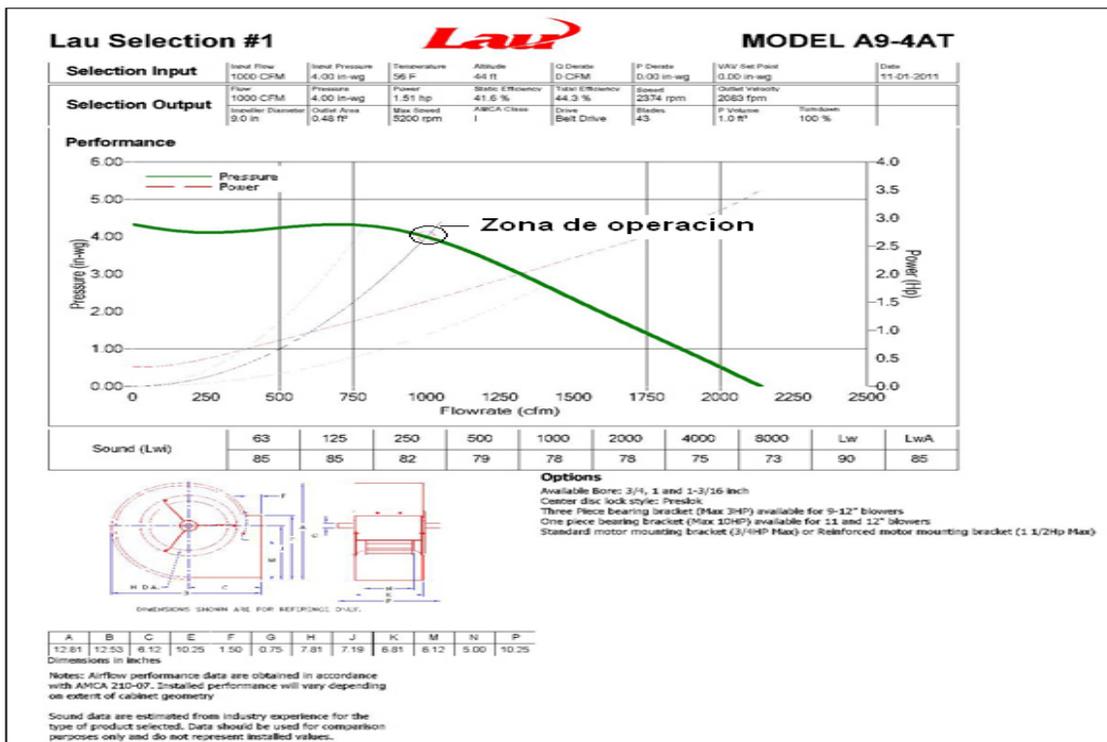
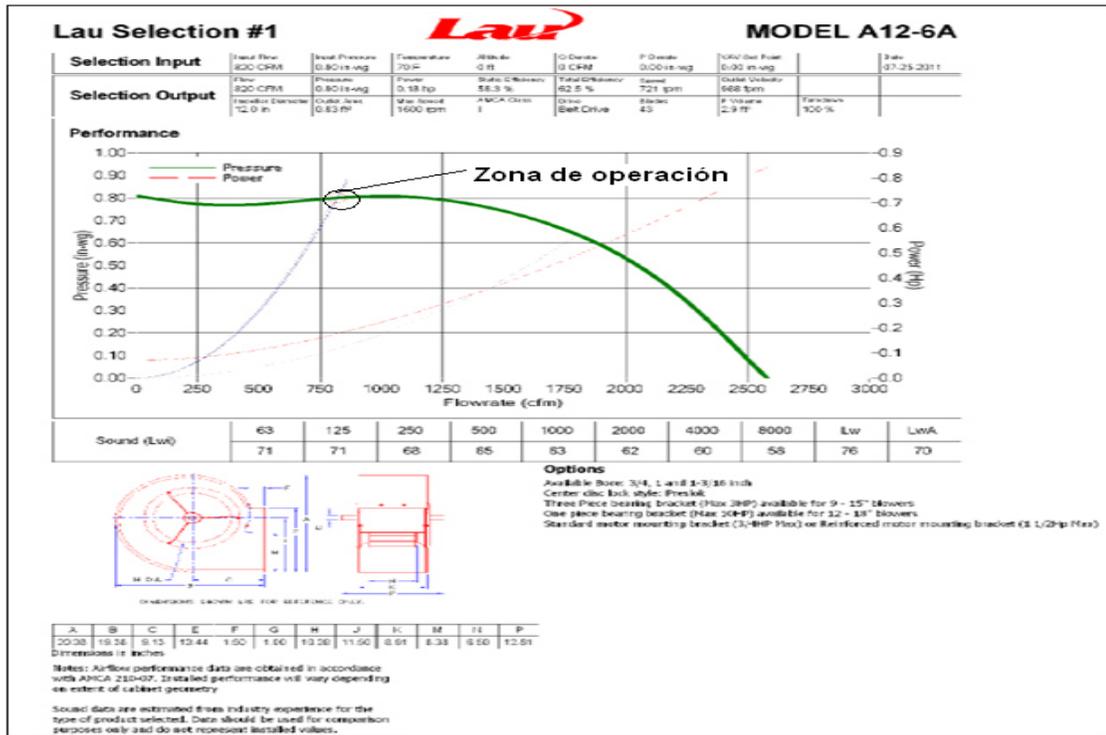


Figura 7. Acople sistema ducto de retorno-ventilador seleccionado marca Lau.



Se observa que ambos ventiladores operarán en la zona estable de su respectiva curva.

3.4. Equipo de enfriamiento.

El autor propone las especificaciones que deben manejar la unidad evaporadora y la unidad condensadora. La tabla 3 muestra las especificaciones de la unidad manejadora, que sirve de base para seleccionar el equipo de enfriamiento a implementar. .

Tabla 3. Especificaciones la unidad manejadora.

| DESCRIPCIÓN UMA | UNIDAD | PARAMETROS |
|-------------------------------------|----------------|--------------|
| TIPO DE DESCARGA | UND | HORIZONTAL |
| ARREGLO DEL MUEBLE | UND | HORIZONTAL |
| PRE-FILTROS | % filtración | 35 %,65%,95% |
| CAJA DE MEZCLA | | SI |
| FILTRO FINAL | % filtración | HEPA 99.99 % |
| PLACA DIFUSORA | | SI |
| PARED | DOBLE/SENCILLA | DOBLE |
| MODULAR | | SI |
| VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS | UND | 1 |
| PLENUM DE SUMINISTRO | | SI |
| CANTIDAD DE UNIDADES | UND | 1 |

| | | | |
|-----------------------|-----------------|-------|---------|
| REFRIGERANTE | | TIP | R-410 A |
| CIRCUITOS | | UND | 1 |
| AIRE INTERIOR ENTRADA | T. BULBO SECO | °F | 95 |
| | T. BULBO HÚMEDO | °F | 88 |
| CAPACIDAD TOTAL | | Btu/H | 108.700 |
| CAPACIDAD SENSIBLE | | Btu/H | 27.974 |
| FLUJO DE AIRE EXTERNO | | CFM | 800 |

| SERPENTIN | UNIDAD | PARAMETROS |
|---------------------------------|--------|----------------------|
| CANTIDAD | UND | 1 |
| REFRIGERANTE | TIP | R-410 ^a |
| CIRCUITOS | UND | 1 |
| CAPACIDAD TOTAL | Btu/h | 108.700 |
| DIAMETRO | DIAM | 20" |
| FLUJO | CFM | 800 |
| CONDICIONES DE ENTRADA | | 91 °F, 78% |
| CONDICIONES DE SALIDA | | 45 °F, 100% |
| No. DE VENTILADORES | No. | 1 |
| VOLTAJE DE OPERACIÓN | V | 220 |
| FRECUENCIA | Hz | 60 |
| FASES | PH | 1 |
| POTENCIA NO MENOR | HP | ¼ |
| COMPRESOR x1 | TIPO | SCROLL |
| RLA | A | 16.5 |
| LRA | A | 76.5 |
| LINEA DE LIQUIDO | PULG. | 3/8 |
| LINEA DE SUCCION | PULG. | ¾ |
| UNIDAD CONDENSADORA | | |
| REFRIGERANTE | | R - 410 ^a |
| TEMPERATURA DEL AIRE DE ENTRADA | | 95 °F |
| CAPACIDAD TOTAL (Btu / Hr) | | 108.621 |
| TIPO DE UNIDAD | | VERTICAL |

3.5. Proceso psicrométrico.

En una disposición típica para un área clase 10.000 la unidad manejadora de aire consiste en un pleno de mezcla, una sección filtrado con pre-filtro de dos pulgadas y filtros bolsa de 95 por ciento de eficiencia ASHRAE, una sección serpentina de enfriamiento, una serpentina de calefacción y una sección ventilador de inyección con un ventilador centrifugo tipo air-foil, aislado internamente. El aire se distribuye a través de un sistema de conductos

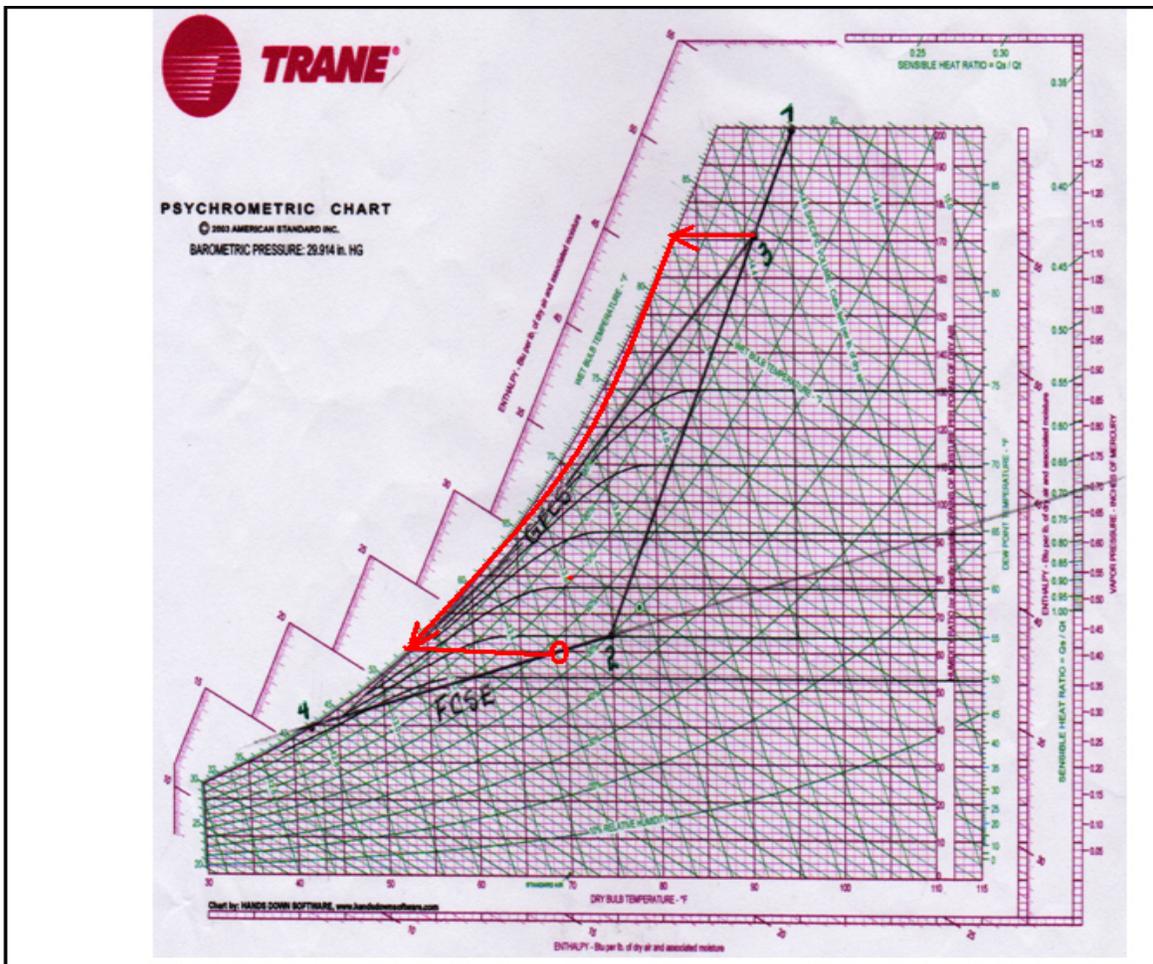
de media presión y es inyectado en los espacios a través de filtros HEPA con conductos independientes. Para áreas clase 10.000 (ISO 7) se proveen filtros HEPA testeados para un 99.97 por ciento de eficiencia DOP. El aire de las áreas limpias se transfiere a los conductos de retorno a través de rejillas regulables de pared ubicadas en la parte inferior de las mismas. Desde el pleno de retorno se conduce el aire hasta el pleno de mezcla de la unidad manejadora de aire.

El corredor adyacente al área limpia tiene un nivel de limpieza clase 100.000. El aire que se inyecta a través de una reja de inyección o difusor, pasa a través de filtros HEPA montados en el conducto.

El aire exterior lo provee una unidad de pre-tratamiento de aire. El aire exterior pre-acondicionado y el aire de retorno se mezclan en el pleno de mezcla de la unidad de tratamiento de aire. Una parte del aire mezclado se enfría y deshumidifica por medio de la serpentina de frío. La función de las unidades manejadoras de aire primaria y secundaria se combina en la unidad manejadora de aire simple.

En el diagrama psicrométrico se muestra el proceso de mezcla del aire tratado. Las dos corrientes de aire, una externa de 800 CFM (punto 3) y una de recirculación de 200 CFM (punto 2), se mezclan, con lo cual debe estimarse la temperatura de la mezcla en el punto 3, el cual cumple las condiciones de temperatura y humedad requerida en el interior del local.

Figura 8. Proceso psicrométrico del sistema propuesto.



3.6. Estimado económico de la propuesta.

La tabla 4 muestra los 17 componentes necesarios para montar el sistema de acondicionamiento. El aire acondicionado seleccionado es del tipo todo aire (air pack), marca Trane, que se consigue localmente con el mayor valor de EER (energy efficiency ratio) o relación de eficiencia que indica los Btu / hr por cada vatio de energía eléctrica consumida de valor 15.2 para capacidad de 10 toneladas. Las marcas consideradas fueron: equipos York, equipos Trane y equipos carrier. Todos estos equipos funcionan con refrigerante ecológico R 410^a. El mismo Solo contiene flúor en su composición química, por lo que no contribuye a la reducción de la capa de ozono y por ello se utiliza ampliamente, ya que refrigerantes como el R22 ha sido eliminado para el año 2020. Sin embargo, este producto tiene un alto índice GWP (efecto invernadero), con potencia de 1725 veces el del dióxido de carbono, que es similar al del gas R22, aunque el manejo normalmente es en estado liquido y puede reciclarse para nuevos usos si no se contamina con residuos de daños previos en el sistema.

Tabla 5. Detallado de componentes del sistema de climatización y los costos correspondientes.

| ITEM | DESCRIPCION | OBRA | | VALOR | VALOR |
|---|--|-----------------|------|------------|------------|
| | | UND | CANT | UNITARIO | TOTAL |
| 1 | AIRE ACONDICIONADO TIPO ESPECIAL | | | | |
| 2 | AIRE CENTRAL TIPO AIR PACK DE 10 TR COMPLETO CON FILTRO TIPO HEPA DE 35%, 65%,95% Y 99.99% CON LUCES ULTRAVIOLETA EN LA MANEJADORA | 1 | 1 | 70.000.000 | 70.000.000 |
| 3 | DISEÑO Y CONTRUCCION DE DUCTOS EN LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 24 CON UNION EN CORREDERA | MT ² | 65 | 50.000 | 3.250.000 |
| 4 | AISLAMIENTO TERMICO PARA DUCTOS CON DUGRAF | MT ² | 70 | 35.000 | 2.450.000 |
| 5 | REJILLA DIFUSORA CON DAMPER (4 VIAS). BLANCO 12"X 12" | | 1 | 45.000 | 45.000 |
| 6 | REJILLA DIFUSORA CON DAMPER (4 VIAS). BLANCO DE 16"X 16" | | 1 | 80.000 | 80.000 |
| 7 | REJILLAS DE RETORNO DE 14"X 6" | UND | 1 | 40.000 | 40.000 |
| 8 | REJILLA DIFUSORA CON DAMPER (4 VIAS) PARA TOMA DE AIRE EXTERNO DE 34 x 6" | UND | 1 | 70.000 | 70.000 |
| 9 | REJILLA DE EXTRACCION 14"X 14" BLANCO LINEAL | UND | 1 | 30.000 | 30.000 |
| 10 | TUBERIA DE COBRE DE 7/8" | MTS | 16 | 17.000 | 272.000 |
| 11 | TUBERIA DE COBRE DE 1/2" | MTS | 16 | 10.000 | 160.000 |
| 12 | AISLAMIENTO PARA TUBERIAS RUBATEX DE 7/8" | UND | 9 | 5.000 | 45.000 |
| 13 | TERMOSTATO DIGITAL | UND | 2 | 250.000 | 500.000 |
| 14 | SENSOR PARA DETECTAR PUNTO DE ROCIO DEL EQUIPO | UND | 1 | 150.000 | 150.000 |
| 15 | CONTROL DE DESHUMIDIFICACION | UND | 1 | 350.000 | 350.000 |
| 16 | RESISTENCIAS A LA SALIDA DE MANEJADORA DE 300 WATTS | UND | 2 | 40.000 | 80.000 |
| 17 | PIMPINA DE REFRIGERANTE 410 _a | UND | 1 | 450.000 | 450.000 |
| GRAN TOTAL: SETENTA Y SIETE MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y DOS MIL PESOS M/L. | | | | | 77972.000 |

CONCLUSION

Se ha detallado una propuesta para la implantación de un sistema de acondicionamiento de aire en la empresa QUIMOSALUD LTDA, que satisface la norma sanitaria ISO 7. Se ha definido un equipo que cumple las condiciones de temperatura y humedad del local, mediante un control del enfriamiento y la deshumectación, de manera simultánea. No se ha utilizado la opción de usar ruedas desecantes porque el equipo debe operar de manera continua día a día durante la mayor parte del año y el mantenimiento que requiere esta opción no brinda la disponibilidad continua requerida.

El costo de la propuesta con valor redondeado es de unos ochenta millones de pesos, valor que comparado con una propuesta de una empresa del área de acondicionamiento con valor de 120 millones de pesos, evidencia un ahorro neto de 40 millones de pesos, para brindar las mismas condiciones operativas, con un equipo de menor capacidad y menor consumo energético.

La solución garantiza que las condiciones de presión establecidas, impiden la contaminación del local mientras el equipo este encendido, esto mediante tener presión positiva en la esclusa y negativa en la sala biológica, con lo que flujo de contaminantes y tóxicos queda controlado de manera permanente. Por esta razón el apagado del equipo debe justificarse y el local usarse solo cuando se midan las condiciones ambientales y se cumplan con los estándares requeridos.

El diseño de ductería fueron realizados con el ductulador de TRAIN, esta herramienta permite seleccionar un valor constante de pérdidas de presión por fricción para todas las secciones de ducto del sistema y se basa en la velocidad máxima permisible en el ducto principal que sale del ventilador para evitar demasiado ruido. La presión del aire necesaria para vencer la fricción en un sistema de ductos es la que determina la pérdida de presión del ventilador, de esta forma el equipo que se selecciona se especificaría para la caída de presión total calculada.

Mantener la presurización apropiada es importante para mantener la limpieza en el cuarto limpio y como regla práctica estimar el tiempo de recuperación el cual se encuentra por debajo del valor máximo estipulado por la norma, tiempo de recuperación del laboratorio biológico y esclusa de aire es de 2.5 minutos. La mayoría de los cuartos limpios deben recuperarse desde la parada, en menos de 10 min si son diseñados apropiadamente. Tomando como base la norma UNE-EN ISO 14644-1:2000 y desde un punto de vista preventivo frente a la contaminación en laboratorios.

La ventilación del local es de flujo de aire multidireccional, especificado en la norma ISO 14644 - 4 de la ASHRAE, que trata de diluir la contaminación del aire, mediante la aportación de aire limpio. Esta herramienta permite mantener unas condiciones de trabajo seguras y saludables, reduciendo o eliminando los contaminantes ambientales generados en el lugar de trabajo. Se debe diseñar un sistema que permita el flujo de aire sin obstrucciones a su paso, que impidan el barrido de las partículas en el aire desde el suministro hasta la salida del mismo.

El mejor lugar para controlar partículas es el punto donde estas se generan. Del análisis previo, cabe destacar que el modo más efectivo de controlar la calidad del cuarto limpio es minimizar la generación interna derivada de equipos y personas y suplir aire con filtración HEPA, para limitar la cuenta real de partículas al límite especificado por un particular estándar ISO.

BIBLIOGRAFIA

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, from the 1993 ASHRAE *Handbook—Refrigeration*, Chapter 4.
 2. ASME/ANSI B31.5a-1992, "Refrigeration Piping," American Society of Mechanical Engineers, New York, New York, 1992.
 3. Downing, R.C. and W.D.Cooper, "Operation of a Three-Stage Cascade Refrigeration System," *ASHRAE Transactions*, 78(Part 2): 44–49, 1972.
 4. "Evolution of the Automobile Engine Development," The Civic Report, Honda Motor Company, Inc., 1978.
 5. "Energy Efficient Alternatives to Chlorofluorocarbons (CFCs)," Final Report of AResearch Needs Assessment, U.S. Department of Energy, Office of Energy Research, DOE/ER/30115-H1, June 1993.
 6. "ER Fluid Engine Mounts," *Automotive Engineering*, vol. 101, no. 2, pp. 52-55, 1993,SAE International.
 7. Fulkerson, F., *Simplified Cascade System Servicing*, Business News Publishing Company, Troy, Michigan, 1988.
 8. Haynes. Automotive heating and air conditioning. Año 2012
 9. OBERT,E. F., *Internal Combustion Engines and Air Pollution*. New York: Harper and Row, 1973.
 10. Stocker W. the field of industrial refrigeration. Mc graw hill. 1er edition. 2004.
 11. "Using HFC-23 for Very Low Temperature (VLT) Refrigeration," Report ART-21,Du Pont Chemicals, Wilmington, Dela- ware, 1994.
- FERREYRA, Giovanna. Funcionamiento del aire acondicionado de tu auto. Mayo 13 de 2013. Disponible en: http://autos.terra.com/noticias/funcionamiento_del_aire_acondicionado_de_tu_auto/aut25064
 - Biblioteca Luis Angel Arango. Gas natural comprimido vehicular GNCV: Funcionamiento del motor de combustión interna. Mayo 13 de 2013. Disponible en:<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/gaspre5a.htm>
 - [GILARDI, Jaime. Diagnóstico de fallas en motores de combustión. Octubre 15 de 2013. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=2nATkeIL4ewC&printsec=frontcover&dq=motor+de+combustion+interna+y+sus+partes&hl=es-419&sa=X&ei=oaeDUsaJCYfqkQflgIGYBQ&ved=0CD0Q6AEwAw#v=onepage&q&f=false>](#)