

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE  
ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE  
PLASMA**

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Gómez N., Adriana T.

Mazzani A., Bruno F.

Para optar al Título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE  
ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE  
PLASMA**

Tutor Académico: Prof. Miguel Padilla

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Gómez N., Adriana T.

Mazzani A., Bruno F.

Para optar al Título de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008

Caracas, Enero de 2008.

Universidad Central de Venezuela.  
Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Presente.-

Estimados Profesores:

Por medio de la presente, me dirijo a este Consejo para comunicar mi conformidad y aceptación como Tutor Académico del Trabajo de Grado que lleva por título **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE PLASMA”**, presentado por los Bachilleres **Adriana Gómez Navas-Spínola CI. 16.929.587** y **Bruno Mazzani Amorena CI.15.077.472**, estudiantes regulares de esta escuela.

Sin más a que referirme, quedo de ustedes,

Atentamente

**Prof. Miguel Padilla**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a las dos personas más importantes en mi vida, mi padre y mi nonno, quienes siempre han estado a mi lado en los momentos cuando más los he necesitado, y han sido mis mentores, mi orgullo y un ejemplo que intentaré seguir por el resto de mi vida.

**Bruno.**

Dedicado a mi abuela Yayi quien, a pesar de no poder compartir conmigo este momento, dedicó muchos años de su vida para ayudarme a llegar hasta aquí, y ha sido y sigue siendo mi inspiración para seguir adelante.

**Adriana.**

## AGRADECIMIENTOS

A mi padre, por todo su afecto, su apoyo, su asesoría, sus consejos y su inagotable paciencia, y a quien le debo el haber llegado hasta aquí.

A mi madre, a quien le debo la vida, por sus consejos y palabras de aliento y quien formó las bases sobre las cuales he logrado crecer personal y académicamente.

A mi nonno quien, a pesar de no estar físicamente a mi lado, ha sido y es una gran inspiración cada día de mi vida.

A Odalís, quien ha sido una segunda madre para mi, por todos sus consejos, su afecto y su incondicional apoyo y paciencia.

A mi tía Elena, por todo el afecto brindado y por estar siempre pendiente de mí.

A Carmen E. y Raúl, por hacerme sentir parte de su familia y haber sido un apoyo importante en la realización de este proyecto.

**Bruno.**

A mi padre, quien con su apoyo, comprensión, dedicación y cariño me ha ayudado a alcanzar mis metas.

A mi madre, por su ayuda incondicional en todo momento, cuidando de nosotros y apoyándonos durante la realización de este proyecto.

A mi abuela Yayi, por todo su apoyo y cariño brindado durante mi formación y haberme impulsado a llegar hasta aquí.

A Claudio y Odalís, por toda la ayuda brindada en el transcurso de la realización de este proyecto, así como también todo el apoyo y cariño que me han dado.

A Soraya, por tenerme siempre presente y alentarme a seguir trabajando duro siempre.

**Adriana.**

Al Profesor Miguel Padilla, por toda su asesoría como tutor académico del proyecto y por haber contribuido de forma indispensable desde su inicio en la realización del mismo.

A la Profesora Denise Santaromita, por su invaluable e incondicional ayuda y asesoría proporcionada de principio a fin, las cuales fueron fundamentales en el desarrollo de este proyecto.

A Industrial Refrimaq, C.A., especialmente a los Ingenieros Rafael Rubio y Adolfo Franco, quienes con su aporte, tiempo y asesoría hicieron posible que se llevara a cabo con éxito este proyecto.

Al Laboratorio de Micotoxicología de la Facultad de Agronomía de la U.C.V., en especial a los Ingenieros Claudio Mazzani y Odalís Luzón de Mazzani, por su indispensable asesoría y colaboración en la realización del análisis de la calidad microbiológica del aire.

Al Laboratorio de Termodinámica y los talleres de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la U.C.V., a Joel Vidal, Rubén Sandoval, Elí Araque, Ángel Vizcaya y Fernando Reyes.

Al Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Farmacia de la U.C.V., especialmente a la Profesora María Estela Medina, por su colaboración y asesoría en la fase de muestreos del proyecto.

A la División de Ambiente, Salud y Trabajo del Departamento de Higiene y Seguridad de la U.C.V., en especial al Profesor Félix Flores, por su indispensable colaboración y asesoría en la fase de muestreos del proyecto.

A Corptek Industrial C.A., en especial a su Presidente Petter Matthes.

A Ricardo y Luís (el equipo 1), por su ayuda y tan importante compañía en nuestro hogar durante tantas interminables jornadas, el Laboratorio de Termo.

A Ludgui, el oso, y demás amigos, por todo su apoyo.

A nuestros inseparables compañeros de tesis, Tuki-Tuki y Pitbull (la gorda).

**Adriana y Bruno.**

## **RESUMEN**

Gómez N., Adriana T.; Mazzani A., Bruno F.

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE PLASMA**

Tutor Académico: Prof. Miguel Padilla. Tesis. Caracas U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Año 2007. 120 p.

Calidad de aire, filtro de plasma

La contaminación del aire en el mundo ha aumentado en los últimos años, afectando su calidad en ambientes interiores. Por esta razón, los fabricantes de acondicionadores de aire como LG Electronics han desarrollado nuevas tecnologías como el filtro de plasma en sus equipos, el cual está destinado a eliminar los contaminantes microscópicos presentes en el aire interior. Para analizar la calidad del aire acondicionado por un equipo con filtro de plasma, con las condiciones ambientales de nuestro país, surge el proceso de diseño conceptual del banco de pruebas para plantear una serie de posibles soluciones, que se desarrollaron hasta obtener el diseño final con los planos definitivos. El banco de pruebas se construyó utilizando los procesos de manufactura adecuados y se realizaron las pruebas que permitieron analizar la calidad del aire acondicionado por el equipo con filtro de plasma. Al analizar los resultados obtenidos en las pruebas, se observó que el equipo redujo casi en su totalidad la presencia de mohos y bacterias en el aire, mantuvo el porcentaje de humedad relativa en rangos aceptables, ionizó de forma negativa el aire y redujo casi por completo las concentraciones de polvo total presentes en el aire acondicionado por el mismo. Se evaluó la influencia del uso de filtros de plasma en la calidad del aire acondicionado por el equipo de estudio, obteniendo mejoras significativas en todas las pruebas realizadas.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	ii
Resumen .....	iv
Índice general .....	v
Lista de figuras .....	ix
Lista de tablas .....	xi
Introducción .....	12
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.- Motivación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.- Antecedentes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.- Planteamiento del problema .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.- Objetivos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.1.- Objetivo General .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.2.- Objetivos Específicos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5.- Alcances y limitaciones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5.1.- Alcances .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5.2.- Limitaciones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Fundamentos teóricos .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.- Fundamentos de diseño conceptual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.1.- Diseño conceptual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.2.- Etapas de diseño .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
i.- Estudio de la necesidad: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ii.- Generación de soluciones: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
iii.- Análisis o síntesis: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
iv.- Decisión: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
v.- Realización: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.- Fundamentos de procesos de fabricación ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.1.- Procesos de fabricación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.2.- Proceso de soldadura .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
i.- Tipos de soldadura: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ii.- Tipos de electrodos: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
iii.- Clasificación de los cordones de soldadura: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>definido.</b>	
2.2.3.- Uniones atornilladas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
i.- Normas y definiciones de roscas: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



ii.- Tipos de cabeza para tornillos: .....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
iii.- Tuercas: .....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
iv.- Arandelas. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.2.4.- Proceso de tronzado con máquina fija. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.2.5.- Proceso de esmerilado. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.2.6.- Proceso de taladrado. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.2.7.- Proceso de instalación de láminas de yeso (drywall). ..	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.- Principios de acondicionamiento de aire. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.1.- Fundamentos básicos de termodinámica. ;	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.- Transferencia de calor.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.- Humedad del aire. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4.- Acondicionadores de aire.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.- Clasificación de los acondicionadores de aire. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.6.- Funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.7.- Refrigerantes.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.8.- Nuevas tecnologías. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
i.- El plasma. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
ii.- El filtro de plasma.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.4.- Principios de microbiología. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.4.1.- El mundo microbiano.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
i.- Los hongos (micetos).....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
ii.- Las bacterias. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.4.2.- Cultivo de microorganismos.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
i.- Medios de cultivo. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
ii.- Medios de cultivo de hongos. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
iii.- Medios de cultivo de bacterias. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.- Calidad del aire. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.1.- Calidad del aire interior. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
i.- Factores de riesgo más comunes.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
ii.- Síntomas del síndrome del edificio enfermo (SSE). ..	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.2.-.Calidad microbiológica del aire. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
i.- Métodos para la toma de muestras de agentes biológicos presentes en el aire.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.- Análisis de esfuerzos. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.1.- Diagramas de corte y momento. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.2.- Flexión y deflexión en vigas.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.3.- Pandeo.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.4.- Uniones soldadas. ....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.5.- Uniones atornilladas.....		55

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Proceso de selección y diseño</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Construcción y puesta en funcionamiento</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1.- Manufactura de la estructura y el ambiente cerrado. ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.- Instalación del equipo de acondicionamiento de aire.	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.3.- Finalización de la construcción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.4.- Detalles finales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Metodología de muestreos</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1.- Monitoreo de mohos y bacterias en el aire.	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1.1.- Incubación y recuento de mohos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1.2.- Incubación y recuento de bacterias.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2.- Monitoreo de porcentaje de humedad relativa.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3.- Medición de iones en el aire. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.4.- Medición de la concentración de polvo total en el ambiente.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.5.- Medición de niveles de ruido.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Resultados y discusión</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.1.- Producto final: Banco de pruebas para el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.1.1.- Vistas isométrica y real del diseño. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.1.2.- Plano acotado del diseño.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.1.3.- Listado de materiales. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.2.- Resultados de las pruebas para el análisis de la calidad de aire. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.2.1.- Resultados del monitoreo de mohos y bacterias.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.2.2.- Resultados obtenidos en las mediciones del porcentaje de humedad relativa.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

- 6.2.3.- Resultados obtenidos en las mediciones de iones en el aire. .... **¡Error! Marcador no definido.**
- 6.2.4.- Resultados obtenidos en la medición de polvo total en el ambiente.  
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 6.2.5.- Resultados obtenidos en la medición de los niveles de ruido. .... **¡Error! Marcador no definido.**

**CONCLUSIONES** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**RECOMENDACIONES** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**APÉNDICE** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**APÉNDICE A** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

A.1.- Esfuerzos permisibles por el Código AISC para metal de aporte (Shigley, J. y Mischke C., 2002). .... **¡Error! Marcador no definido.**

A.2.- Propiedades mínimas de la tensión del metal soldante para soldadura al arco (Shigley, J. y Mischke C., 2002). .... **¡Error! Marcador no definido.**

A.3.- Especificaciones y marcas de identificación para pernos, tornillos, espárragos, sems y pernos U (Avallone, E. y Baumeister III, T., 1995).... **¡Error! Marcador no definido.**

A.4.- Factores geométricos para el análisis de la soldadura (Mott, R., 2006).  
..... **¡Error! Marcador no definido.**

**APÉNDICE B** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

B.1.- Propiedades de ángulos de acero estructural (Shigley, J. y Mischke C., 2002). .... **¡Error! Marcador no definido.**

B.2.- Propiedades típicas de materiales usados en ingeniería (Beer, F. y Johnston, E., 1994). .... **¡Error! Marcador no definido.**

**ANEXOS** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 1:** Banco de pruebas para el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma. .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 2:** Tablas de resultados del monitoreo de mohos y bacterias. .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 3:** Tablas de resultados de las mediciones del porcentaje de humedad relativa. .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 4:** Tablas de resultados de las mediciones de iones en el aire. .... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 5:** Tablas de resultados de medición de polvo total en el ambiente.  
..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 6:** Tablas de resultados de las mediciones de niveles de ruido.... **¡Error! Marcador no definido.**

**Anexo 7:** Manual de usuario.....121

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1.- Visión general de las fases de diseño .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.2.- De izquierda a derecha: cordones tipo listón, muesca, filete y cuña .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.3.- Nomenclatura para roscas de tornillo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.4.- Diagrama presión-entalpía de un ciclo de refrigeración real por compresión de vapor .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.5.- Filtro de plasma .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.6.- Hongos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.7.- Bacterias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.8.- Relaciones entre los signos de los momentos flexionantes y las direcciones de los esfuerzos normales: a) momento flexionante positivo y b) momento flexionante negativo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.9.- Pandeo de una columna con ambos extremos empotrados .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2.10.- Factores geométricos para el análisis de soldaduras ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.1.- Propuesta de diseño # 1 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.2.- Propuesta de diseño # 2 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.3.- Propuesta de diseño # 3 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.4.- Propuesta de diseño # 4.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.5.- Boceto del prototipo simplificado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.6.- Diagrama de corte – Viga frontal inferior .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.7.- Diagrama de momento – Viga frontal inferior .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.8.- Diagrama de deflexión y pendiente – Viga frontal inferior .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.1.- De izquierda a derecha: Tronzado, taladrado y ángulos esmerilados y pintados con fondo anticorrosivo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.2.- Proceso de soldadura de la estructura del banco de pruebas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.3.- De izquierda a derecha: Aplicación de pintura negra, corte del compuesto, estructura con piso .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.4.- Proceso de instalación de las láminas de yeso .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.5.- Ángulo de aluminio en esquina común de dos láminas de yeso ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.6.- Instalación de la unidad interior .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.7.- Instalación de las tuberías de cobre.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.8.- Montajes finales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Figura 5.1.- Muestreo de mohos y bacterias en el aire **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5.2.- De izquierda a derecha: propágulos de mohos en una placa de Petri y proceso de conteo de placas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5.3.- Bacterias en placas de Petri ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5.4.- De izquierda a derecha: Equipo humidificador y prueba.....77

Figura 5.5.- De izquierda a derecha: Calibración de las bombas, realización de la prueba y desecado de los filtros ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.1.- Vista isométrica y real del diseño..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.2.- Propágulos de mohos por metro cuadrado para una hora de exposición en los cinco muestreos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.3.- Unidades formadoras de colonias de bacterias por metro cuadrado para una hora de exposición en los cinco muestreos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.4.- Gráfico de media aritmética y media muestral de resultados obtenidos en el monitoreo de mohos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.5.- Gráfico de la línea de tendencia de media aritmética de los resultados obtenidos en el monitoreo de mohos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.6.- Gráfico de media aritmética y media muestral de resultados obtenidos en el monitoreo de bacterias ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.7.- Gráfico de la línea de tendencia de media aritmética de los resultados obtenidos en el monitoreo de bacterias ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.8.- Secuencia de las siete placas de Petri con mohos obtenidas en el muestreo de un punto de exposición en el banco de pruebas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.9.- Secuencia de las siete placas de Petri con bacterias obtenidas en el muestreo de un punto de exposición en el banco de pruebas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.10.- Porcentaje de humedad relativa en los cinco muestreos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.11.- Temperatura en los cinco muestreos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.12.- Iones presentes en el aire..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.13.- Polvo total en el ambiente para el tiempo inicial y el tiempo final ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.14.- Gráfico comparativo de los niveles de ruido alcanzados por cinco equipos acondicionadores de aire..... **¡Error! Marcador no definido.**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 2.1.- Matriz morfológica para selección de un material ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.1.- Matriz morfológica para selección de material para estructura del ambiente cerrado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.2.- Matriz morfológica para selección de material para apoyos del banco de pruebas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.3.- Matriz morfológica para selección de material para piso del ambiente cerrado.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.4.- Matriz morfológica para selección de material para paredes y techo del ambiente cerrado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.5.- Matriz morfológica para selección de material para acabado interno del piso .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.6.- Matriz morfológica para selección de material para ventanillas del ambiente cerrado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3.7.- Matriz morfológica para selección de material para puerta de acceso al ambiente cerrado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 6.1.- Listado de materiales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema que ha ganado auge en el mundo en los últimos años. Dicha contaminación se ve reflejada en el interior de los edificios de oficinas, residencias y demás ambientes internos, donde la calidad del aire generalmente no es apta para la permanencia de las personas que los frecuentan, generando en ellas enfermedades respiratorias y en la piel, entre otras. Por este motivo los fabricantes de sistemas de acondicionamiento de aire han prestado especial atención a diseñar equipos que mejoren la calidad del aire que acondicionan, como es el caso de la empresa LG Electronics, que actualmente está comercializando equipos de acondicionamiento de aire con filtros de plasma, el cual es una tecnología desarrollada por dicha empresa a fin de lograr eliminar los contaminantes microscópicos presentes en el aire de entrada mediante la generación de un plasma con electrones de altas cargas. Este plasma elimina y destroza completamente los contaminantes para proporcionar un aire limpio e higiénico.

Para profundizar en el funcionamiento de este tipo de tecnología y conocer sus beneficios, se plantea el diseño y la construcción de un banco de pruebas para un equipo de acondicionamiento de aire que permita la realización de diversas pruebas para determinar como influye en la calidad del aire la implementación de este tipo de filtros.

En primer lugar es necesario definir el diseño conceptual, el cual es un proceso de planificación y selección a través de ideas concebidas y expresadas mediante palabras u otro medio, con el fin de proyectar formas u objetos y, de esta forma, generar soluciones que modifiquen el entorno y satisfagan una determinada necesidad. A través de las etapas involucradas en el diseño se garantiza que las exigencias básicas se cumplen a plenitud, de modo que se pueda obtener un resultado final satisfactorio.

El diseño de un producto comienza estudiando una necesidad que se desea cubrir, especificando un problema particular. Seguidamente se procede a generar una serie de posibles soluciones a dicho problema, las cuales pasan por un proceso de análisis en el cual se aceptan algunas y se rechazan las otras. Una vez analizadas las posibles



soluciones al problema planteado se toma una decisión final y se pasa a la fase del diseño de detalles para generar el diseño de los planos del producto final.

Una vez finalizado el proceso de diseño, con los planos y especificaciones definitivas del producto, se procede a la fabricación del mismo mediante los procesos de manufactura necesarios y especificados.

Por su parte, el acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del aire atmosférico que coordina los factores temperatura, humedad, velocidad del aire, limpieza del aire y ventilación, para lograr las condiciones ambientales satisfactorias que permitan que el ocupante de un ambiente acondicionado se encuentre confortable. Este proceso se realiza utilizando una unidad autónoma de tratamiento de aire con producción propia de frío o eventualmente de frío y calor, llamada acondicionador de aire. Estos equipos constan, al menos, de elementos como un condensador, un evaporador, un compresor y un dispositivo de expansión.

Los factores de riesgo más comunes que afectan la calidad del aire son los contaminantes ambientales, la temperatura y humedad, los olores, la iluminación, el ruido, la ionización y los microorganismos. Los microorganismos son formas vivas en arreglos de pequeñas dimensiones e invisibles al ojo humano sin la utilización de equipos como los microscopios. En especial los mohos y las bacterias afectan notablemente la calidad microbiológica del aire y generan efectos adversos en la salud de las personas. La presencia de esos microorganismos en el aire se puede analizar y cuantificar promoviendo su crecimiento en medios de cultivo, lo cual se logra proporcionándoles las condiciones ambientales adecuadas como nutrientes, pH, temperatura y aeración para su crecimiento.

Para desarrollar el presente proyecto, en primer lugar se llevó a cabo el proceso de selección y diseño. Partiendo de la necesidad de diseñar y construir un banco de pruebas que permitiera el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con un filtro de plasma, se realizó todo el proceso de diseño conceptual mediante el cual se

generaron los planos definitivos para proceder a su construcción. Siguiendo las especificaciones del diseño y mediante la utilización de procesos de fabricación como soldadura, esmerilado, taladrado y tronzado, entre otros, se construyó el banco de pruebas.

Una vez finalizado el proceso de manufactura del banco de pruebas se inició la etapa de muestreos que permitieron analizar la calidad del aire acondicionado por el equipo. Se realizaron análisis de la calidad microbiológica del aire, porcentaje de humedad relativa, concentraciones de iones en el aire, concentraciones de polvo total y niveles de ruido alcanzados durante el funcionamiento del equipo.

Al analizar los resultados obtenidos en las pruebas, se observó que el equipo redujo casi en su totalidad la presencia de mohos y bacterias en el aire, mantuvo el porcentaje de humedad relativa en rangos aceptables, ionizó de forma negativa el aire y redujo las concentraciones de polvo total presentes en el aire acondicionado por el mismo. Asimismo, los niveles de ruido alcanzados por el equipo durante su funcionamiento fueron bajos, y a su vez fueron los menores al compararlos con los niveles de ruido alcanzados por otros acondicionadores de aire.

Se evaluó la influencia del uso de filtros de plasma en la calidad del aire acondicionado por el equipo de estudio, obteniendo mejoras significativas en todas las pruebas realizadas.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA



Caracas, 02 de julio de 2.008

## ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres:

*ADRIANA GOMEZ y BRUNO MAZZANI*

**Titulado: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE PLASMA"**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

**Prof. Franklin Baduy**  
**Jurado**

**Prof. Rodolfo Grullon**  
**Jurado**

**Prof. Miguel Padilla**  
**Tutor**

*"Hacia el 50º Aniversario del 21 de noviembre de 1957, Día del Estudiante"*



Caracas, 02 de julio de 2.008

Ciudadana  
Profa. Norma Guzmán  
Jefe de División de Control de Estudios  
Presente.

Quienes suscriben profesores del Jurado Examinador, designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, nos dirigimos a usted, con la finalidad de informarle la decisión de otorgar a los alumnos:


ADRIANA GOMEZ y BRUNO MAZZANI  
C.I. 16.929.587 C.I. 15.077.472


**“MENCION HONORIFICA”**


Por la excelencia demostrada en la realización del Trabajo Especial de Grado Titulado:

**“DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO CON FILTRO DE PLASMA”**

Sin otro particular a que hacer referencia, quedamos de usted,

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Franklin Baduy**  
Jurado

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Miguel Padilla**  
Tutor

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Rodolfo Grullón**  
Jurado

“Hacia el 50º Aniversario del 21 de noviembre de 1957, Día del Estudiante”

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.- Motivación.**

La contaminación del aire es un problema que afecta la salud de las personas, sobretodo en las ciudades más pobladas del planeta. En la actualidad, el mundo entero está siendo víctima de los efectos de los excesos y la mala utilización de los recursos naturales, razón por la cual se han creado diversas organizaciones a nivel mundial que se encargan del control y la regularización en esta área. Sin embargo, son muchos los países para los cuales la contaminación ambiental no ha sido prioridad.

En los ambientes cerrados como edificios, viviendas o industrias, se presentan numerosos problemas producto de la contaminación. La calidad del aire en estos ambientes generalmente no es apta para la permanencia de las personas que los frecuentan, generando en ellas enfermedades respiratorias y en la piel, entre otras. Por este motivo, algunas empresas dedicadas al acondicionamiento del aire en el mundo, han venido desarrollando tecnologías y mecanismos cuya finalidad es mejorar la calidad del aire interior y crear un ambiente interno más confortable y saludable para el ser humano.

La empresa LG Electronics actualmente está comercializando equipos de acondicionamiento de aire con filtros de plasma. El filtro de plasma es una tecnología desarrollada por LG a fin de lograr eliminar los contaminantes microscópicos presentes en el aire de entrada mediante la generación de un plasma con electrones de altas cargas. Este plasma elimina y destroza completamente los contaminantes para proporcionar un aire limpio e higiénico. Estos equipos son diseñados y ensamblados en el exterior e importados a Venezuela para ser distribuidos e instalados por personal capacitado (LG Electronics, 2007).

El conocimiento o la información en Venezuela, referente a los filtros de plasma implementados actualmente en equipos de acondicionamiento de aire, no es muy amplio. Para poder desarrollar dicha información, así como los beneficios que los filtros de

plasma aportan a los ambientes internos, se plantea la construcción de un banco de pruebas para un equipo acondicionador de aire que permita la realización de diversas pruebas para determinar como influye en la calidad del aire la implementación de este tipo de filtros.

Adicionalmente, el diseño y la construcción del banco de pruebas busca generar un medio didáctico que facilite en un futuro la capacitación de personal técnico en la teoría, instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento de este tipo de equipos, mediante la implementación de cursos teórico-prácticos. Por otra parte, el banco de pruebas representará un valioso aporte para los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela, ya que podrá ser utilizado con fines académicos para algunas prácticas. La ejecución de este proyecto posee una relevante importancia en el ámbito académico, ya que incentiva la integración de la Universidad con el campo profesional en el país.

## **1.2.- Antecedentes.**

El grado de contaminación presente en ambientes interiores es la causa de múltiples problemas de variada naturaleza que pueden abarcar desde una simple fatiga o incomodidad, hasta síntomas compatibles con alergias, enfermedades respiratorias, infecciones, dolor de cabeza, dolor de garganta, visión borrosa y cáncer, entre otras (García, N. *et al.*, 2005).

La calidad del aire interior se ha vuelto una causa de preocupación entre un gran número de personas en el mundo, que permanece en sus horarios de trabajo en edificios sellados (sin ventanas) con sistemas centrales de aire acondicionado. El aire dentro de estos edificios es recirculado y por consiguiente los contaminantes se acumulan gradualmente si no son adecuadamente filtrados. Entre algunos de los contaminantes que se encuentran con frecuencia en interiores se pueden mencionar materiales de construcción, materiales de aislamiento, adhesivos utilizados en alfombras, limpiadores y químicos utilizados en equipo de oficina tales como fotocopiadoras y faxes, microorganismos y polvo. Los síntomas asociados a calidad deficiente del aire en

interiores son denominados como Síndrome del Edificio Enfermo (Disponible: <http://www.goldpoint.com.ar>).

El interés por la contaminación del aire en América Latina y el Caribe se inició en la década de los cincuenta, cuando las universidades y los ministerios de salud efectuaron las primeras mediciones de la contaminación del aire. En 1965, el Consejo Directivo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomendó a su Director establecer programas de investigación sobre contaminación del agua y aire, así como colaborar con los países miembros en el desarrollo de políticas adecuadas de control. La OPS inició su programa regional en un momento en que prácticamente ningún país era consciente de la magnitud de sus problemas de contaminación del aire. A través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la OPS acordó establecer una red de estaciones de monitoreo de la contaminación del aire (Korc, M., 2000).

La Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (REDPANAIRES) inició sus operaciones en junio de 1967. REDPANAIRES comenzó con ocho estaciones y hacia fines de 1973 contaba con 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países. En 1980, REDPANAIRES discontinuó sus actividades y pasó a formar parte del Programa Global de Monitoreo de la Calidad del Aire, establecido en 1976 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como parte del Sistema Mundial de Monitoreo del Medio Ambiente (GEMS por sus siglas en inglés) (Korc, M., 2000).

Durante la década de los noventa, la OMS organizó el Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire (AMIS por sus siglas en inglés) que tiene presencia a nivel mundial. En 1997, el programa GEMS se incorporó al AMIS, el cual, actualmente brinda la información global requerida para el manejo racional de la calidad del aire, que incluye el monitoreo de la concentración de contaminantes del aire, desarrollo de instrumentos para elaborar inventarios de emisiones y modelos de calidad del aire, estimación de los efectos sobre la salud pública a través de estudios

epidemiológicos y la propuesta de planes de acción detallados para mejorar la calidad del aire (Korc, M., 2000).

En años recientes, la OPS, junto con los esfuerzos de otros organismos multilaterales y bilaterales, ha promovido, coordinado y apoyado varias actividades relacionadas con la mejora de la calidad del aire. En la actualidad, existen dos programas regionales para el mejoramiento de la calidad del aire en América Latina que son: la “Iniciativa de Aire Limpio para Ciudades de América Latina del Banco Mundial” y el “Programa Aire Puro en Centro América” (Korc, M., 2000).

Entre los trabajos referentes al estudio de la calidad del aire que fueron consultados, destacaron algunos como el de Korc, Marcelo E., publicado en el año 2000 y titulado “*Situación de los Programas de Gestión de Calidad del Aire Urbano en América Latina y el Caribe*”. Este trabajo, realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, de la O.P.S., tuvo como objetivo presentar en forma esquemática la situación de los programas de gestión de la calidad del aire urbano en exteriores y su relación con la salud de la población, realizando un cuestionario en 27 países de la Región acerca de la situación de sus programas de gestión de la calidad del aire.

Otro trabajo consultado fue el de Iglesias L., Silvia y Gonzales T., Mario, publicado en el año de 2001 y titulado “*Situación de la Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana y Callao*”. Este artículo mostró los resultados del proyecto de investigación “Evaluación y Manejo Ambiental en Lima Metropolitana”, que incluyó el monitoreo de la calidad del aire en ocho estaciones situadas en diferentes distritos de Lima y Callao en el año 2000, donde se midió material particulado, plomo y arsénico.

Por su parte, en la Facultad de Ingeniería de La Universidad del Zulia, en Venezuela, junto con la colaboración de la Facultad de Medicina y el Instituto de Higiene y Salud Ocupacional en dicha universidad, se realizó un proyecto de investigación en el año 2005 titulado “*Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la*



*Facultad de Ingeniería de La Universidad del Zulia*”, cuyos autores fueron García, Neyma; Araujo, Ismenia; Fernández, Mayli; Salcedo, Willy; Cárdenas, Carmen; Fernández, Janice; Herrera, Lenín; Yabroudi, Suher y Angulo, Nancy. El objetivo de esta investigación fue evaluar cualitativa y cuantitativamente la calidad del aire interior de tres ambientes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, tomando como indicadores la presencia de bacterias, polvo total y respirable, contenido de plomo y sílice, conjuntamente con la evaluación de agentes físicos como humedad, temperatura y distribución del aire.

Otro punto muy relacionado con la calidad del aire es la ionización del aire. Aunque desde hace años se conoce la interrelación existente entre la electricidad del aire y el bienestar de las personas, fue después de 1950 cuando se comenzó a desarrollar en distintas zonas del mundo enfermedades que parecen estar relacionadas con las cargas eléctricas existentes en el ambiente (Disponible: <http://www.dsalud.com>).

En el trabajo de Londoño M., Hernán y Rúa C., Nelson., publicado en 1997 y titulado *“Ionización del aire y contaminación electromagnética: Causas, efectos y soluciones”*, se hace referencia a que el doctor Félix Gad Sulman, jefe del Departamento de Farmacología Aplicada de la Universidad Hebrea de Jerusalén, junto con su equipo, acumularon desde 1957 una amplísima información que evidencia el equilibrio crítico de los iones para el bienestar emocional y físico de las personas. El doctor Sulman explica que, aunque el exceso de iones positivos en el aire afecta a todas las personas, hay una cuarta parte de la humanidad que es extraordinariamente sensible a su influencia, afectando sus sistemas respiratorio, nervioso y hormonal. En este mismo trabajo se comenta que el doctor Albert Krueger, patólogo y bacteriólogo de la Universidad de Berkley, California, investigó cómo la influencia de los iones positivos afectaba a la química de todos los organismos vivos.

Investigaciones científicas han demostrado la importancia de la influencia de los iones negativos sobre el cuerpo humano. Entre algunos trabajos desarrollados en el área, destacó la guía realizada por la Academia de Acondicionamiento de Aire (Air Conditioning Academy) de la Empresa LG, en el año 2007, titulada *“Sistema MPS”*. En

este trabajo se realizó una investigación bibliográfica del efecto de los iones sobre el cuerpo humano y los beneficios de la ionización, donde los resultados obtenidos son netamente cualitativos y no hay valores cuantitativos que respalden la investigación.

Recientemente se empezó a implementar una novedosa tecnología en el área del mejoramiento de la calidad del aire en ambientes interiores: el filtro de plasma. Este dispositivo es un filtro que se instala en sistemas de acondicionamiento de aire y elimina los contaminantes microscópicos, el humo de tabaco, los ácaros de la casa, el polen y los pelos de animales domésticos para prevenir enfermedades alérgicas como el asma y mejorar la calidad del aire interior (LG Electronics, 2007).

En los anexos de la guía realizada por la Academia de Acondicionamiento de Aire (Air Conditioning Academy) de la Empresa LG, mencionada anteriormente, se encontró una breve investigación realizada acerca del plasma y su influencia en la ionización del aire.

Por su parte, la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela ha desarrollado, a través de su comunidad de pregrado y postgrado, proyectos de investigación en áreas relacionadas con el acondicionamiento de aire en ambientes internos como salas quirúrgicas de hospitales. Entre los trabajos referentes a esta área destacan el de Gonzales, G. y Salas, P., realizado en el año 1990 y titulado *“Actualización del diseño en el acondicionamiento ambiental de las salas quirúrgicas”*. Este trabajo desarrolló una investigación fundamentada en material bibliográfico especializado, con el fin de plantear las diferencias existentes entre el flujo laminar y convencional, y el grado de contaminación bacterial presente en las áreas quirúrgicas, así como la contaminación de gases anestésicos en las mismas. Además se tomaron mediciones de temperatura, humedad relativa y presión estática y se plantearon las diferentes alternativas para el control de dichas variables. Seguidamente se hizo referencia a la recirculación del aire en los quirófanos y a los diferentes criterios de diseño y normativa existentes al respecto.

Otro trabajo consultado fue el de Fernández, Freddy y Lugo, Agustín, presentado en 1992 y titulado “*Diseño de un sistema de aire acondicionado para un laboratorio virológico de alta seguridad biológica*”. Este trabajo tuvo como objetivo el acondicionamiento de tres ambientes destinados a laboratorios de investigación virológica. Para ello se realizó una evaluación de los riesgos y microorganismos infectantes por grupo de riesgo y las medidas de bioseguridad aplicadas en ellos. Adicionalmente, se hizo referencia al tema de acondicionamiento de aire, el cual abarcó en sí la parte más importante del trabajo, mencionando las funciones que sirven para mantener el control de contaminación en los ambientes y condiciones ambientales de diseño correspondientes al control de temperatura, humedad y contaminantes, balance de aire y control de ruido y vibración.

### **1.3.- Planteamiento del problema.**

Desde hace algunos años la contaminación mundial ha aumentado notablemente, generando consecuencias devastadoras tanto para el medio ambiente, como para las personas que en él habitan. Por esta razón, actualmente la tecnología de los equipos de acondicionamiento de aire ha avanzado con la finalidad de proporcionar mayor comodidad al usuario así como de proteger la salud de las personas, generando ambientes internos con mejores condiciones para el ser humano.

Existe una nueva tecnología que está siendo implementada en los equipos de acondicionamiento de aire de la marca LG, en busca de generar una mejor calidad de aire interior e incrementar el confort del usuario. Esta tecnología consiste en la implementación de unos filtros de plasma en las unidades interiores, los cuales tienen como finalidad no sólo filtrar y eliminar los contaminantes microscópicos, el humo de tabaco, los ácaros de la casa, entre otros, sino además ionizar el aire para generar un ambiente más saludable para el ser humano (LG Electronics, 2007).

Actualmente en Venezuela, en muchos casos, el campo del acondicionamiento de aire se limita a la instalación y el mantenimiento, restándole importancia al desarrollo del diseño y la actualización en el conocimiento de nuevas tecnologías. Es de suma

importancia formar profesionales y especialistas capacitados en el área de los acondicionadores de aire para contribuir así con el desarrollo de este campo en el país.

Se plantea la necesidad de realizar el diseño, la construcción y puesta en funcionamiento de un banco de pruebas para un equipo de acondicionamiento de aire, con el cual se pueda lograr de forma experimental el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma. Adicionalmente, se busca que este banco de pruebas aporte mecanismos para facilitar la instrucción y mejorar el aprendizaje de estudiantes y profesionales en el campo de los acondicionadores de aire.

## **1.4.- Objetivos.**

### **1.4.1.- Objetivo General.**

Diseñar y construir un banco de pruebas para el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma.

### **1.4.2.- Objetivos Específicos.**

- Identificar los requerimientos de los parámetros físicos y de diseño para el desarrollo del proyecto.
- Diseñar y construir el banco de pruebas que cumpla con los parámetros establecidos en el objetivo anterior.
- Elaborar el protocolo de pruebas que permita la toma de las muestras requeridas para el análisis de la calidad de aire.
- Analizar los resultados obtenidos en las muestras y compararlos con las referencias bibliográficas.
- Evaluar la influencia del uso de filtros de plasma en la calidad del aire acondicionado por el equipo de estudio.

## **1.5.- Alcances y limitaciones.**

### **1.5.1.- Alcances.**

- Estudio del beneficio que aporta la utilización de filtros de plasma en equipos de acondicionamiento de aire para el ser humano.

- Diseño del banco de pruebas para el equipo de acondicionamiento de aire.
- Construcción y puesta en funcionamiento del banco de pruebas para el equipo de acondicionamiento de aire.
- Caracterización del aire dentro del ambiente cerrado.

### **1.5.2.- Limitaciones.**

- Utilización de un equipo de acondicionamiento de aire con filtro de plasma.
- Consulta de la bibliografía proporcionada por el fabricante para estudiar el funcionamiento, instalación y manejo del equipo.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1.- Fundamentos de diseño conceptual.**

##### **2.1.1.- Diseño conceptual.**

El diseño conceptual se puede definir como un proceso de planificación y selección a través de ideas concebidas y expresadas mediante palabras u otro medio, con el fin de proyectar formas u objetos y, de esta forma, generar soluciones que modifican el entorno y satisfagan una determinada necesidad. Este puede ser clasificado de la siguiente forma:

***Diseño original:*** es aquel mediante el cual se resuelve un problema totalmente nuevo de una forma que no se había desarrollado anteriormente.

***Diseño revolucionario:*** es aquel diseño mediante el cual se logra una solución totalmente nueva a problemas anteriormente resueltos mediante otras metodologías.

***Diseño evolutivo:*** es el diseño mediante el cual se mejoran diseños ya existentes

El proceso de diseño involucra varias etapas y en cada una de ellas se debe garantizar que las exigencias básicas se cumplen a plenitud, de modo que se pueda obtener un resultado final satisfactorio.

El diseñador se enriquece de diversas áreas para hacer del proceso de diseño una actividad híbrida que depende y se identifica con las artes y las ciencias (como la física, química, matemática y áreas afines). Este, a diferencia del especialista que trata de ampliar sus conocimientos acerca de un tópico en particular, es un generalista, debido a que conoce algo de diversos campos especializados, lo que lo hace capaz de desarrollar suficiente profundidad en cada campo para saber cuando se requiere mayor información y donde obtenerla, y lo más importante, debe ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinarios a través de una buena comunicación.

##### **2.1.2.- Etapas de diseño.**

El proceso de diseño generalmente atraviesa una serie de etapas o fases que ayudan a lograr una solución satisfactoria del problema que se está enfrentando (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

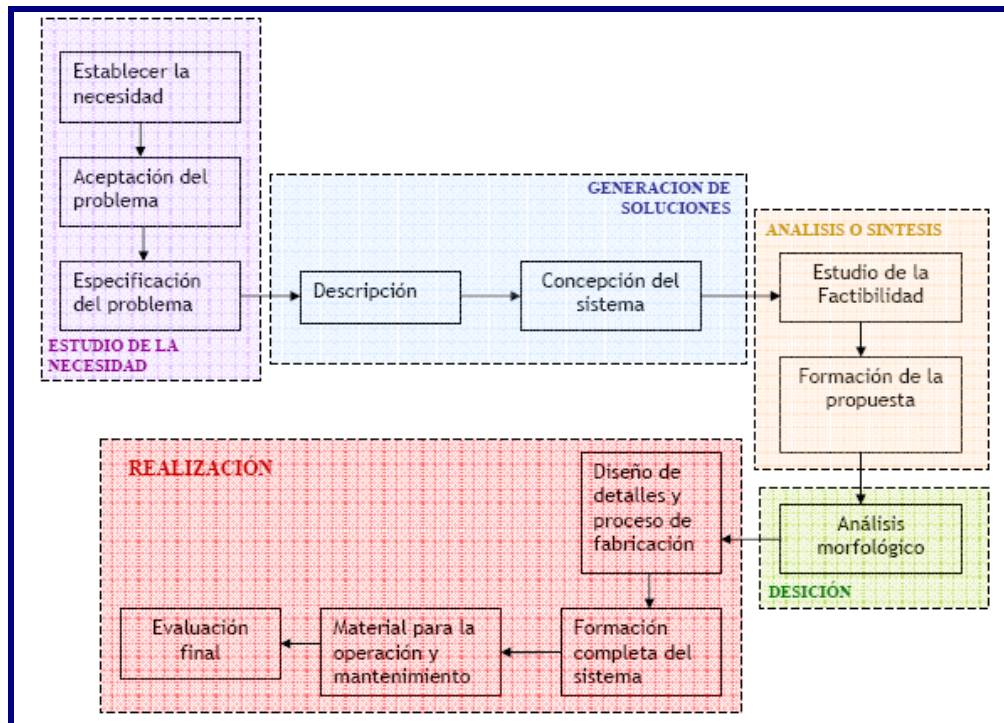


Figura 2.1.- Visión general de las fases de diseño (Santaromita, D., 2007)

### i.- Estudio de la necesidad:

**Establecer la necesidad:** algunas veces, aunque no siempre, el diseño comienza cuando un ingeniero reconoce una necesidad y decide hacer algo al respecto. El reconocimiento de la necesidad y la expresión de esta con frecuencia constituyen un acto muy creativo, ya que la necesidad, a menudo, no es evidente del todo; el reconocimiento se acciona por una circunstancia adversa particular o por un conjunto de circunstancias aleatorias que se originan casi de manera simultánea (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

**Identificación y especificación del problema:** a diferencia de la necesidad, el problema es más específico. La definición del problema debe incluir todas las especificaciones para lo que se va a diseñar, las cuales son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que lo diseñado debe ocupar y todas las limitaciones de estas cantidades. Estas definen el costo, la cantidad que se va a manufacturar, la vida esperada,

la temperatura de operación, las condiciones ambientales a las que estará sometido y la confiabilidad. Los puntos obvios en las especificaciones son las velocidades, avances, limitaciones de temperatura, las variaciones esperadas en las variables y las limitaciones dimensionales y de peso. Asimismo, hay muchas especificaciones que resultan del entorno particular del diseñador y de las limitaciones presentes como las habilidades de trabajo, materiales y procesos de manufactura disponibles (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

## **ii.- Generación de soluciones:**

*Descripción:* en esta fase se busca definir los objetivos de manera que se logre hallar soluciones en una forma productiva y directa. Por ello se logra distinguir el análisis del problema, fase en donde se amplía la información referente al problema y la misma es clasificada, y la descripción propiamente dicha. En esta etapa se trata de hacer una descripción cualitativa y cuantitativa de las características, alcances y limitaciones que debe tener el diseño. Es importante recalcar, que si en fases posteriores se descubre que la descripción es incompleta, incorrecta o insuficiente, siempre se puede ampliar o sustituir, pero es necesario comenzar a resolver el problema a partir de una descripción básica de lo que se conoce hasta el momento.

*Concepción del sistema:* una vez descrito el problema y determinadas las características y limitaciones que el sistema a diseñar tendrá, se procede a generar la mayor cantidad de alternativas posibles de solución. En esta fase se requiere de cierta experiencia, debido a que es necesario tener presente la factibilidad de soluciones aunque no se entre en la parte de diseño y cálculo de detalles. Por ende, al tener grandes libertades esta se vuelve la fase más creativa del proceso.

## **iii.- Análisis o síntesis:**

*Estudio de la factibilidad:* a medida que el desarrollo del diseño progresa, se deben realizar análisis para evaluar si el desempeño del sistema es satisfactorio, y si lo es, qué tan bien se desempeñará. Los esquemas del sistema que no sobreviven al análisis se revisan, se mejoran o se desechan. Aquellos con potencial se optimizan para determinar el mejor desempeño del esquema (Shigley, J. y Mischke C., 2002).



En la etapa del estudio de la factibilidad, es necesario realizar un estudio de factibilidad técnica y uno de factibilidad económica. Dentro de la factibilidad técnica se considera si el sistema no contradice ninguna ley de la ciencia, si no existe incompatibilidad entre los componentes, si existen los componentes del sistema o están por desarrollarse o inventarse. Dentro de la factibilidad económica se considera si las piezas o componentes pueden ser desarrollados o fabricados a precios competitivos, si las materias primas se consiguen con facilidad y si las características, precio y costos del sistema lo hacen competitivo con otros similares en el mercado.

De esta manera, esta fase permite decidir si el proyecto debe o no continuar, y en caso de que no continúe, se debe realizar un informe que permita asentar las razones por las cuales se detuvo, de manera que a futuro, de ser superadas estas dificultades, se retome el proyecto.

***Formación de la propuesta:*** Apoyados en el estudio de factibilidad previo, se trata de aclarar todos los puntos que quedan incompletos, completar las especificaciones y observar, cuando sea necesario, el funcionamiento simulado del sistema o de parte del mismo. En esta fase, también se pueden realizar prototipos muy simplificados para constatar el buen funcionamiento de alguna nueva idea.

#### **iv.- Decisión:**

***Análisis morfológico:*** El Análisis Morfológico es un método analítico-combinatorio creado en 1969 por Fritz Zwicky, astrónomo del Instituto de Tecnología de California. Su objetivo es resolver problemas mediante el análisis de las partes que lo componen. Este método parte de una lista de atributos para generar nuevas posibilidades (Disponible: <http://www.innovaforum.com>).

El primer paso a seguir es escoger el problema a resolver. Posteriormente se analizan los parámetros relevantes que lo componen, como partes físicas, procesos, funciones y aspectos estéticos, entre otros. Luego es necesario analizar las variantes o alternativas posibles de cada parámetro y hacer todas las combinaciones posibles con

cada variante. El número total de combinaciones posibles se denomina producto morfológico (Disponible: <http://www.innovaforum.com>).

Con todos los parámetros analizados y sus rasgos o atributos, se construye una matriz que permite multiplicar las relaciones entre tales partes denominada matriz morfológica (Isoba, O., 2007). A continuación se muestra un modelo de matriz morfológica utilizada para la selección de un material determinado en un diseño:

**Tabla 2.1.- Matriz morfológica para selección de un material**

ESCALA 1 - 10	MATERIAL 1	MATERIAL 2	MATERIAL 3	MATERIAL 4
PARÁMETRO 1	6	1	10	8
PARÁMETRO 2	6	2	10	8
PARÁMETRO 3	9	10	1	2
PARÁMETRO 4	9	10	1	3
PARÁMETRO 5	8	6	4	5
PARÁMETRO 6	1	5	2	10
TOTAL	39	34	28	36

#### **v.- Realización:**

**Diseño de detalles y procesos de fabricación:** en esta etapa se hace necesaria la participación de especialistas que tienen otras características respecto a los diseñadores que realizan la concepción del sistema. Se hace necesario el trabajo en equipo, conformando grupos de diseño para que los especialistas en las diversas áreas requeridas trabajen en beneficio del diseño. En esta fase se deben especificar todas y cada una de las piezas que conforman el diseño.

El diseño de detalle tiene como objetivo, a partir de los planos del conjunto, completar la determinación de las piezas y preparar la documentación del producto destinada a la fabricación. Los resultados de esta actividad se dan por medio de los planos y de los listados de componentes (Riba R., C., 2002).

- **Determinación de geometrías y materiales:** el diseño de detalle debe fijar en primer lugar la totalidad de formas y dimensiones para completar su definición. La resistencia de materiales, los esfuerzos a los que están sometidas las piezas, la deflexión y rigidez, el desgaste y la fricción, la corrosión, el factor de seguridad, la

utilidad, el costo, el peso, el estilo y forma, entre otras, son consideraciones importantes en la determinación de la geometría y dimensiones de cada elemento (Shigley, J. y Mischke C., 2002). Por último, los planos de las piezas deben indicar de forma precisa el material a utilizar y, cuando convenga, hacer indicaciones acerca de procesos de fabricación (Riba R., C., 2002).

- ***Determinación de acabados:*** el diseño de detalle debe establecer los recubrimientos de las piezas, ya sea con fines estéticos o de protección, tales como pinturas, selladores o anticorrosivos, recubrimientos cerámicos, entre otros. Adicionalmente se debe especificar la implantación de cables y conductores eléctricos y la utilización de lubricantes y otros fluidos cuando sea necesario (Riba R., C., 2002).
- ***Lista de piezas y componentes:*** en el diseño de detalle es de suma importancia la confección de la lista de piezas y componentes que intervienen en la fabricación de un producto o de una máquina (Riba R., C., 2002).
- ***Simplificación de soluciones:*** el diseño de detalle constituye una magnífica ocasión para simplificar piezas y disminuir la complejidad de los sistemas. A través de la simplificación se puede lograr disminuir los tipos de elementos de unión, unificar patines de soporte, crear simetrías, reducir el número total de piezas, entre otras (Riba R., C., 2002).
- ***Códigos y normas:*** una *norma* es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos para lograr uniformidad, eficiencia y una cantidad especificada. Uno de los propósitos principales de una norma es poner límite al número de artículos en las especificaciones para proporcionar un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades. Un *código* es un conjunto de especificaciones para el análisis, diseño y manufactura de algo. El propósito de un código consiste en lograr un grado específico de seguridad, eficiencia y calidad (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

- ***Economía:*** la consideración del costo tiene una función sumamente importante en el proceso de la decisión de diseño. A pesar de no poder establecer nada en un sentido absoluto relacionado con la disminución de costos en el diseño, es de esperarse obtener reducciones en los mismos con la utilización de tamaños estándar, tolerancias amplias que permitan la construcción mediante máquinas con velocidades de producción mayores y el equilibrio entre diversas soluciones que permitan obtener la relación más favorable entre el costo y otros puntos de importancia en el diseño (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

***Formación completa del sistema:*** En esta fase se procede a construir un prototipo, cuyo proceso de fabricación puede diferir sustancialmente del proceso que se empleará para la fabricación en serie (en caso de producciones en serie) pues, como se trata de una sola unidad, los procedimientos no serán automatizados. Construido el prototipo, éste es ensayado a ver si cumple con las especificaciones y se estudia con detenimiento la interfase hombre-máquina. Naturalmente se diseña y corrige todo aquello que resulte defectuoso.

***Evaluación final:*** la evaluación es una fase significativa del proceso de diseño total. Representa la prueba final de un diseño exitoso y precede al proceso de fabricación en serie del producto cuando sea este el caso (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

## **2.2.- Fundamentos de procesos de fabricación**

### **2.2.1.- Procesos de fabricación.**

Un proceso de fabricación, también denominado manufactura o producción, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas mediante la utilización de maquinarias y técnicas de manufactura a través de un plan bien organizado para cada actividad requerida, que responda a los requerimientos de diseño y especificaciones del producto, y que permita obtener un producto final que satisfaga alguna necesidad. Esta es una actividad compleja, que involucra una amplia variedad de recursos y actividades como máquinas y herramienta, planeación de procesos, materiales, compras, control de producción, entre otros (Kalpakjian S. y Schmid, S., 2002).

### **2.2.2.- Proceso de soldadura.**

La soldadura es un método que tiene por objetivo unir piezas de metal a través de la aplicación de calor, buscando que esta unión tenga propiedades físicas y químicas acordes al trabajo que desempeñará la pieza, y que sean compatibles con el metal base. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico, pero la soldadura también puede ser lograda mediante rayos láser, rayos de electrones, procesos de fricción o ultrasonido.

Una estructura soldada se fabrica soldando en conjunto un grupo de formas de metal cortadas con configuraciones particulares. Durante el proceso de soldadura, las diversas partes se mantienen con firmeza en contacto, a menudo con abrazaderas o sujetadores (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

#### **i.- Tipos de soldadura:**

Existen varios tipos de soldadura, entre los que se encuentran la soldadura de estado sólido (destacan la soldadura por fricción, por difusión y por forja), soldadura por láser, en frío, con termita, con haz de electrones y la soldadura por fusión (destacan soldadura por arco eléctrico, por resistencia y con O<sub>2</sub> y gas combustible).

Un proceso de soldadura por fusión muy utilizado en la actualidad es la soldadura por arco eléctrico. Este es un proceso en el cual la unión se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico entre la pieza y un electrodo. Regularmente el electrodo sirve de metal de aporte y a través del arco eléctrico se calienta hasta alcanzar el estado líquido, para ser depositado entre las piezas a unir. La temperatura que se genera es superior a los 5.500°C y la corriente que se utiliza puede ser directa o alterna. Dentro de los procesos de soldadura por arco eléctrico existentes, los más comunes son el SMAW (Soldadura por arco con electrodos revestidos), el GMAW (Soldadura por arco con electrodo desnudo y gas protector), el GTAW (Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y gas protector) y el SAW (Soldadura por arco sumergido).

## **ii.- Tipos de electrodos:**

Existen diversos tipos de electrodos utilizados en los procesos de soldadura, entre los que se pueden nombrar electrodos de carbón, metálicos y recubiertos, siendo estos últimos los más utilizados.

Los electrodos recubiertos son electrodos metálicos con un recubrimiento que mejora las características de la soldadura. Este recubrimiento tiene como finalidad proporcionar una atmósfera protectora y escoria de características adecuadas para proteger al metal fundido, facilita la aplicación y estabiliza el arco eléctrico, añade elementos de aleación al metal de la soldadura, desarrolla operaciones de enfriamiento metalúrgico, reduce las salpicaduras del metal y aumenta la eficiencia de deposición, elimina impurezas y óxidos, influye en la profundidad del arco y en la formación del cordón y disminuye la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

La selección del electrodo adecuado es sumamente importante para obtener una soldadura que cumpla correctamente con los parámetros de diseño. Las propiedades de resistencia del material deben ser, como mínimo, iguales o superiores a las del metal que se esté soldando.

## **iii.- Clasificación de los cordones de soldadura:**

Los cordones de soldadura pueden ser de tipo listón, usados en juntas de espesores pequeños y básicamente en uniones a tope; de tipo muesca o surco, empleados para materiales de espesores más gruesos; de tipo filete, empleados en juntas tipo T, de traslape y de esquina; y de tipo cuña, usados para unir una parte superior con otra, reemplazando remaches y pasadores presentes en la pieza.

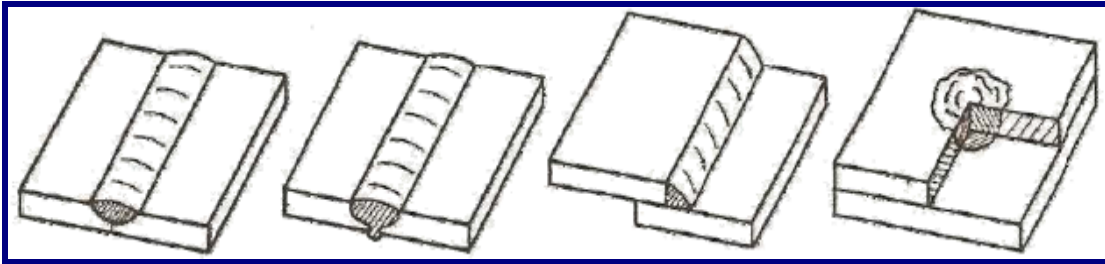


Figura 2.2.- De izquierda a derecha: cordones tipo listón, muesca, filete y cuña (Deutschman, A., 1975)

### 2.2.3.- Uniones atornilladas.

Las uniones atornilladas son uniones desmontables que se utilizan para la sujeción de piezas mediante el uso una barra cilíndrica, con o sin cabeza, a la que se le ha mecanizado una rosca y cuyos filetes, al penetrar en los de la otra pieza, impiden el desplazamiento relativo. Este tipo de uniones presenta características como fácil desmontaje, altas concentraciones de tensiones y la posibilidad de unir cualquier tipo de material (Martín, J. et al., 2000).

#### i.- Normas y definiciones de roscas:

La terminología de las roscas de tornillo consta de las siguientes definiciones:

**El paso:** es la distancia entre dos cuerdas adyacentes, medida en forma paralela al eje de la rosca.

**El diámetro mayor:** es el diámetro externo de la rosca.

**El diámetro menor:** es el diámetro interno de la rosca.

**El diámetro medio:** es el diámetro que se obtiene de la diferencia del mayor y el menor.

**El avance:** es la distancia que se desplaza una tuerca en forma paralela al eje del tornillo cuando se le da una vuelta. En el caso de roscas simples, el avance es igual al paso (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

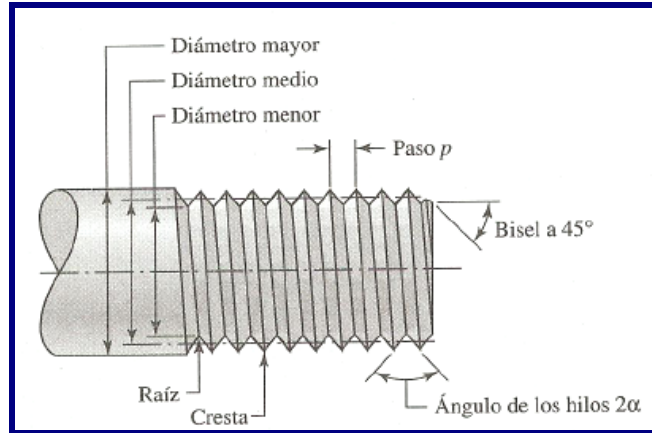


Figura 2.3.- Nomenclatura para roscas de tornillo (Shigley, J. y Mischke C., 2002)

### ii.- Tipos de cabeza para tornillos:

Existen de cabeza *plana*, de cabeza *cilíndrica*, de cabeza *ovalada*, de cabeza *hexagonal*, de *caja* y de cabeza *redonda*. Estos últimos presentan una cabeza de forma semielíptica y son comúnmente empleadas para tornillos de máquina, de presión (llamados cabeza de gota) y de madera (Shigley, J. y Mischke C., 2002).

### iii.- Tuercas:

Las tuercas son piezas roscadas interiormente con una forma externa especial que encaja en una llave con dimensiones normalizadas, y que se acoplan a un tornillo formando una unión roscada, fija o deslizante. Estas cumplen las funciones de sujetar y fijar uniones de elementos desmontables, y convertir un movimiento giratorio en lineal. Las más frecuentemente utilizadas son las de sombrerete, autoblocantes, con ranuras, ciegas y, la más empleada en tornillos, la hexagonal (Gómez, T. et al., 2002).

### iv.- Arandelas.

Una arandela es un disco delgado con un agujero, generalmente en el centro, que soporta cargas de apriete. Entre sus principales usos destacan como espaciadores, como resortes, como dispositivos indicador de precarga y como dispositivo de seguro (arandelas de presión). Normalmente son de metal o de plástico

### 2.2.4.- Proceso de tronzado con máquina fija.



El tronzado es un proceso de corte de metales con un disco abrasivo. Esta operación se aplica sobre aquellos materiales y calidades de acero que, por presentar difíciles características de maquinado, no admiten el corte con sierra. Las ventajas más destacables del tronzado son la rapidez del proceso, la universalidad del procedimiento aplicable para aceros templados y sin templar, y para distintas aleaciones y materiales, el escaso calentamiento del material, la obtención de caras de corte lisas y limpias, que no requieren operaciones de repaso, cortes rectos, es decir perfectamente a escuadra y a la medida deseada, entre otras (Disponible: <http://www.tyrolit.com.ar>).

### **2.2.5.- Proceso de esmerilado.**

El esmerilado consiste en la eliminación de material, mediante la utilización de partículas de abrasivos fijas, que extraen virutas del material de la muestra. El proceso de extracción de virutas con un grano de abrasivo de aristas vivas provoca el menor grado de deformación de la muestra, proporcionando simultáneamente la tasa más alta de eliminación de material (Disponible: <http://www.struers.com>).

### **2.2.6.- Proceso de taladrado.**

El taladrado es un proceso de maquinado por el cual produce agujeros. Una de las máquinas más simples empleadas en los trabajos de producción es el taladro prensa. Esta máquina produce un agujero en un objeto forzando contra él una broca giratoria. Se pueden obtener los mismos resultados en algunas máquinas conservando estacionaria la broca y girando el material (Disponible: <http://materiales.eia.edu.co>).

### **2.2.7.- Proceso de instalación de láminas de yeso (drywall).**

Un panel de drywall está compuesto de una lámina de papel que envuelve un cuerpo hecho principalmente de sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) o comúnmente conocido como yeso, cuyos espesores pueden variar desde media hasta una pulgada. Es un sistema de construcción muy versátil, rápido y sencillo, que permite realizar complejos diseños en espacios reducidos gracias al delgado espesor de las láminas. Son excelentes aislantes del calor y ruido, ideales para empleos en áreas de trabajo donde la comodidad y tranquilidad son necesarias para la concentración de las personas (Disponible: <http://www.drywall.com.ve>).

## **2.3.- Principios de acondicionamiento de aire.**

### **2.3.1.- Fundamentos básicos de termodinámica.**

En primer lugar, antes de entrar en el mundo del acondicionamiento de aire, es necesario hacer referencia a la Primera y Segunda Ley de la Termodinámica:

*Primera Ley de la Termodinámica:* “La suma total de la energía del universo es una cantidad constante; la energía no puede incrementarse, disminuirse, crearse o destruirse”. Las diferentes formas de energía son mutuamente convertibles y la cantidad de una forma de energía que se requiere para producir otra cantidad de otra energía es fija e invariable (Hernández, E. y Hernández, E., 2002).

*Segunda Ley de la Termodinámica (Forma de Clausius):* “Es imposible que una máquina, actuando por sí sola y sin ayuda de un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero” (Hernández, E. y Hernández, E., 2002).

Para facilitar la descripción del funcionamiento, instalación y mantenimiento de equipos de acondicionamiento de aire, es necesario examinar primero ciertos factores relacionados con este tema.

*El frío y el calor:* es posible pensar que el frío y el calor son directamente opuestos; pero en realidad son una mayor o menor cantidad de la misma forma de transferencia de energía. El frío es la ausencia relativa de calor. A la hipotética condición de total ausencia de calor se le llama cero absoluto, condición que no ha podido ser alcanzada por el hombre y que sirve de base para la medida de cualquier cantidad de calor (Hernández, E. y Hernández, E., 2002). El calor es la forma o manifestación de la energía propia de los movimientos a que están sujetas las moléculas que constituyen los cuerpos. Al calentarse, un cuerpo aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos según la cantidad de calor entregada. En el proceso de enfriamiento ocurre lo contrario (Díaz, V. *et al.*, 2005).

Arbitrariamente se fijan parámetros comparativos que permiten determinar el nivel de calor, denominados temperatura. La cantidad de calor depende de la masa del cuerpo y de su temperatura (Díaz, V. *et al.*, 2005).

Por otra parte, la intensidad de calor es una magnitud que depende del estado calorífico de los cuerpos. Cuando se agrega calor a un cuerpo se aumenta su temperatura y cuando se le quita calor a un cuerpo disminuye su temperatura. Para medir las variaciones de temperatura se emplea una escala convencional con divisiones iguales y arbitrarias a partir de un origen que se considera como cero de la escala (Díaz, V. *et al.*, 2005).

***Calor sensible y calor latente:*** Para provocar el aumento o disminución de la temperatura de una sustancia a presión constante, se le debe suministrar o sustraer una cierta cantidad de calor, la cual se denomina *calor sensible*. Por otra parte, para pasar de un estado físico a otro de una sustancia sin variación de su temperatura, se le debe adicionar o sustraer una cierta cantidad de calor, denominada calor latente (Díaz, V. *et al.*, 2005).

***Entalpía:*** la entalpía es un valor que indica el contenido de calor de una sustancia, siendo igual a la suma del calor sensible total y el calor latente total de la misma (Díaz, V. *et al.*, 2005).

***Evaporación:*** la evaporación es el proceso físico por el cual una sustancia en estado [líquido](#) pasa al estado [gaseoso](#), tras haber adquirido energía suficiente para vencer la [tensión superficial](#) (Tricomi, E., 1979).

***Psicrometría:*** se llama atmósfera a la envoltura gaseosa que rodea a la tierra. Se trata de una mezcla de gases, llamada aire, en la que se encuentran partículas en suspensión (vapor de agua, polvo, sustancias contaminantes, etc.). La psicrometría es la ciencia que estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor, prestando atención especial a todo lo relacionado con las necesidades ambientales, humanas o tecnológicas.

### **2.3.2.- Transferencia de calor.**

Existen tres formas mediante las cuales un cuerpo transfiere calor: por conducción, por convección y por radiación. En conducción, el calor se transfiere desde un cuerpo de alta temperatura a otro de menor temperatura, a través de una superficie o de las superficies en contacto de los cuerpos. En convección, el calor se transfiere desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, a través de un medio que posee movimiento relativo de sus moléculas. En radiación, la transferencia de calor ocurre de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura, sin la necesidad de un medio físico de transporte (Tricomi, E., 1979).

### **2.3.3.- Humedad del aire.**

Es conocido que el aire atmosférico contiene cierta proporción de humedad, la cual viene de la evaporación parcial de las grandes masas de agua que existen en la tierra y del vapor de agua que exhalan personas, animales y vegetales en sus funciones orgánicas. La proporción de vapor de agua en el aire atmosférico es mayor o menor según el país, la localidad, las condiciones meteorológicas y conforme a las estaciones del año. La disposición del aire para retener agua vaporizada está relacionada con la temperatura y la presión, pero principalmente con la primera, admitiendo más vapor de agua cuando aumenta su temperatura (Carciner, E., 1999).

***Humedad absoluta:*** es el peso del vapor de agua, referido a kg, contenido en un kilogramo de aire seco (Carciner, E., 1999).

***Humedad relativa:*** es la relación entre la humedad absoluta existente y la humedad máxima que tal sistema podría contener, es decir, la humedad de saturación. Una humedad relativa del 100% denota que estamos en un ambiente de aire saturado, mientras que una humedad relativa del 0% indica que se trata de un ambiente de aire totalmente exento de humedad (Carciner, E., 1999).

***Punto de rocío:*** el punto de rocío determina una temperatura a la cual el aire llega al punto de saturación, es decir, la humedad relativa alcanza cien por ciento. No se

producirán condensaciones si la temperatura del aire se mantiene por encima del punto de rocío (Carciner, E., 1999).

***Humidificación y secado del aire:*** la humidificación consiste en añadir al aire recién filtrado un cierto porcentaje de humedad, ya sea haciendo pasar la masa de aire en circulación por una cortina de agua en forma de fina lluvia, nebulizándola por medio de pulverizadores o bien inyectando vapor acuoso de modo que el aire se amolde previamente dando lugar a una humidificación acompañada de un calentamiento del mismo; mientras que el secado del aire o deshumidificación tiene por objeto rebajar el grado de humedad del ambiente (Carciner, E., 1999).

### **2.3.4.- Acondicionadores de aire.**

El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del aire atmosférico que coordina los cinco factores que le son propios (temperatura, grado de humedad, velocidad del aire, limpieza del aire y ventilación) y adicionando el nivel sonoro, para lograr las condiciones ambientales satisfactorias que permiten que el ocupante de un ambiente acondicionado se encuentre confortable. Por supuesto, se admiten unos márgenes de los valores tipo entre los que pueden oscilar las variables, valores que influyen directamente sobre la sensación de comodidad que tenga la persona (Carciner, E., 1999).

Un acondicionador de aire es una unidad autónoma de tratamiento de aire con producción propia de frío o eventualmente de frío y calor, mediante su conexión a la red de energía eléctrica, sin requerir otras instalaciones adicionales o complementarias para su correcto funcionamiento. Su principal finalidad es acondicionar el aire de un ambiente interno para proporcionar confort a las personas que en él se encuentran (Carciner, E., 1999).

Los equipos unitarios estarán compuestos, al menos, por los siguientes elementos:

***Evaporador:*** es un dispositivo de intercambio de calor que se encarga de absorber calor presente en el ambiente que se está acondicionando. Sus características dependen de

factores como los materiales través de los cuales se desea intercambiar calor, el medio con el cual se intercambia calor y el coeficiente de película, que es la relación entre el medio que proporciona el calor y la superficie de intercambio del mismo (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

Existen numerosos tipos de evaporadores para enfriar aire, cada uno de ellos con su propia función, y van desde los primeros evaporadores de convección natural hasta los evaporadores con mayor superficie de transferencia de calor y aletas, donde la convección es forzada por un ventilador (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

**Condensador:** es un dispositivo de intercambio de calor que se encarga de expulsar el calor del sistema que ha sido absorbido por el evaporador. Este calor se encuentra en forma de gas caliente que hay que enfriar hasta que condense. En este dispositivo ocurre el cambio de estado por parte del fluido interno (de vapor a líquido) en el cual se rechaza mayor cantidad de calor (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

El condensador funciona a presiones y temperaturas más elevadas que el evaporador y suele estar situado en el exterior del ambiente a acondicionar. En cuanto al intercambio de calor, se podrían aplicar los mismos principios del evaporador a los condensadores. No obstante, los materiales de los que está hecho el condensador y el medio que se utiliza como objetivo de la transferencia de calor hacen que el rendimiento del intercambiador de calor no sea el mismo (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

**Compresor:** al compresor se le considera el corazón de un sistema de acondicionamiento de aire. Es una máquina motora que trabaja entregándole energía a un fluido compresible, energía adquirida por el fluido en forma de energía cinética, aumentando la presión desde el nivel de la presión de aspiración hasta el nivel de la presión de descarga. En el caso de compresores de desplazamiento positivo, la presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo. El compresor pone en circulación el refrigerante cargado de calor, sacándolo del evaporador a baja presión y bombeándolo hacia el condensador a una presión más alta (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

Adicionalmente, un equipo unitario de acondicionamiento de aire está constituido por otro tipo de elementos como un circuito frigorífico, sistemas de expansión, controles automáticos, filtros y ventiladores. Se pueden incorporar, igualmente, elementos de caldeo, equipos de humidificación o deshumidificación, de odorización, entre otros, dependiendo del modelo (Carciner, E., 1999).

### **2.3.5.- Clasificación de los acondicionadores de aire.**

Los equipos autónomos se pueden clasificar conforme al medio que enfría al condensador, aire o agua, y a su configuración, compactos (de pared) y partidos (split) (Carciner, E., 1999).

*Equipos de condensación por aire:* los equipos emplean el aire exterior para enfriar el condensador, siendo impulsado por un ventilador en circulación forzada.

*Equipos de condensación por agua:* los equipos utilizan el agua para enfriar el condensador.

*Equipos compactos:* son las unidades de tratamiento del aire con producción propia de frío y calor, que vienen ensambladas y probadas de fábrica formando un conjunto único.

*Equipos partidos:* se denominan así porque comprenden dos secciones: la sección del tratamiento de aire, unidad climatizadora que se instala cerca del local a refrigerar y que incluye el evaporador con su ventilador (generalmente de tipo centrífugo); y la unidad condensadora que debe ser instalada en la parte externa del local a acondicionar y porta el compresor y el condensador, todo ello unido por las correspondientes conexiones frigoríficas (Carciner, E., 1999).

### **2.3.6.- Funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire.**

El ciclo termodinámico que rige el funcionamiento de los sistemas de acondicionamiento de aire, o ciclo de refrigeración por compresión de vapor, se lleva a

cabo en tuberías de diferente diámetro interior, a través de las cuales se hace circular un refrigerante alternativamente a alta o baja presión. Con el evaporador en el interior del ambiente a acondicionar y el condensador en el exterior, se consigue evacuar hacia fuera el calor (Enríquez, G., 2002).

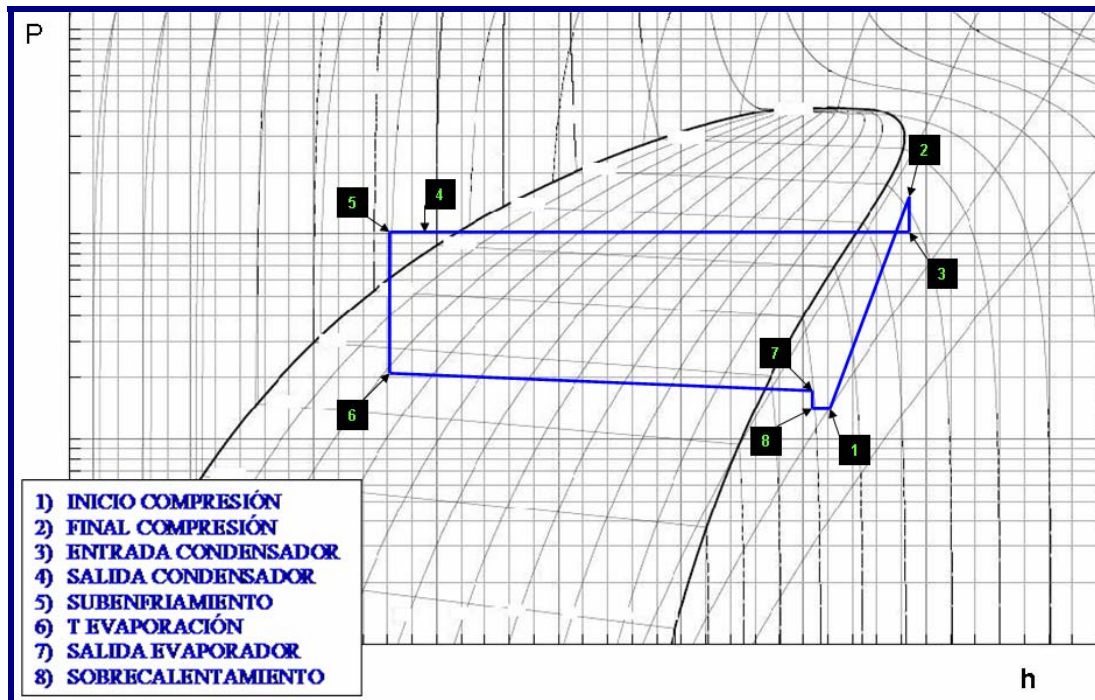


Figura 2.4.- Diagrama presión-entalpía de un ciclo de refrigeración real por compresión de vapor (Disponible: [www.ecofreezeinternational.com](http://www.ecofreezeinternational.com))

Durante el ciclo de refrigeración, el refrigerante es dirigido hacia el conducto de aspiración del compresor, generalmente como vapor sobrecalentado. Durante el proceso de compresión existen irreversibilidades y transferencia de calor, ya sea al entorno o desde éste, dependiendo de la temperatura del refrigerante y de la del entorno, razón por la cual la entropía se podría incrementar o disminuir durante este proceso (Van Wylen, G., 1995).

El refrigerante sale del conducto de descarga del compresor en forma de vapor sobrecalentado a alta presión y se dirige hacia el serpentín del condensador donde se transfiere calor hacia el exterior. El condensador suele ser de tubos de cobre o aluminio con aletas de aluminio, parecido al evaporador, cuya función es condensar el refrigerante caliente en estado de vapor que hay dentro de los tubos. La presión del líquido que sale



del condensador será inferior a la presión del vapor que entra, y a su vez la temperatura del mismo será ligeramente mayor a la del entorno con el que intercambia calor (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

Casi siempre la temperatura del líquido que sale del condensador es menor que la temperatura de saturación. Una vez condensado el refrigerante, sale del condensador en estado líquido y fluye hacia el serpentín del evaporador a través del tubo capilar. El tubo capilar es el tipo de dispositivo dosificador (de expansión) empleado en las unidades fabricadas durante los últimos años. Las unidades más antiguas utilizaban una válvula de expansión automática que tiene la ventaja de controlar la presión, que a su vez, controla la temperatura del serpentín para evitar que se congele. En los acondicionadores de aire, el tubo capilar es mucho más común que ningún otro mecanismo de expansión. La mayoría de los acondicionadores de aire domésticos están diseñados para que se produzca un intercambio de calor entre el tubo capilar y el conducto de aspiración. Este intercambio añade algo de calor al conducto de aspiración y subenfía el refrigerante de la primera parte del tubo capilar. La presión y la temperatura del refrigerante se reducen a lo largo del resto del tubo capilar, sin que se produzca intercambio de calor. El tubo está más frío en la salida (por donde entra en el evaporador) que en la entrada (donde sale del condensador) (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

Existe cierta caída de presión a medida que el refrigerante fluye por el evaporador. Puede estar ligeramente sobrecalentado cuando sale del evaporador, y por el calor que se transfiere desde el entorno, esta temperatura aumentará en la tubería entre el evaporador y el compresor. Esta transferencia de calor representa una pérdida porque aumenta la cantidad de trabajo del compresor, ya que el fluido que entra tiene mayor volumen específico (Van Wylen, G., 1995).

### **2.3.7.- Refrigerantes.**

Un refrigerante es una sustancia que puede ser cambiada fácilmente de fase. Esta sustancia debe ser capaz de sufrir este cambio de manera repetida sin que sus características se vean alteradas. Uno de los refrigerantes más comunes utilizados en los procesos de acondicionamiento de aire es el R-22, debido a que tiene propiedades físicas y termodinámicas adecuadas para dicha aplicación (Whitman, W. y Jonson, W., 2000).

### **2.3.8.- Nuevas tecnologías.**

En la actualidad, los progresos en el campo del acondicionamiento de aire han permitido incorporar nuevas tecnologías que permiten mejorar la calidad del aire interior en busca del beneficio y la salud de las personas. Por medio de la implementación de nuevos tipos de filtros, algunos equipos logran eliminar el polvo y el moho, eliminar la irritación y el dolor de ojos, atrapar las partículas causantes del olor para ofrecer un ambiente agradable y eliminar contaminantes microscópicos, el humo de tabaco, los ácaros de la casa, el polen y los pelos de animales domésticos para prevenir enfermedades alérgicas como el asma. Adicionalmente, las diferentes compañías encargadas del diseño y manufactura de estos equipos, ha dirigido su atención a la protección del medio ambiente, utilizando en sus sistemas refrigerantes cada vez menos contaminantes y logrando reducciones del consumo energético de los equipos de hasta el 45% mediante el uso de compresores de velocidad variable (LG Electronics, 2007).

#### **i.- El plasma.**

Existe un cuarto estado de la materia denominado plasma. Este estado combina electrones libres y núcleos positivos que tienen la característica de ser conductores de electricidad, y se produce a presiones y temperaturas extremadamente altas. En este estado, la gran cantidad de energía hace que los impactos entre electrones sean tan violentos que se separan del núcleo (LG Electronics, 2007).

Se puede decir que la disciplina denominada hoy en día física del plasma, nació de la convergencia entre dos líneas de investigación originadas en el siglo XIX. En primer lugar el estudio riguroso de las descargas eléctricas iniciado en Inglaterra, donde se observó que los gases ionizados presentes en una descarga respondían colectivamente

a perturbaciones externas, cualidad análoga a la de los plasmas sanguíneos que le llevó a adoptar el término de plasma a estos sistemas. La otra columna sobre la que descansa la física del plasma proviene de los estudios acerca del comportamiento de fluidos conductores bajo la influencia de campos electromagnéticos (LG Electronics, 2007).

Actualmente la física del plasma es una disciplina madura y extensa, con aplicaciones que van desde la fusión nuclear, hasta el tratamiento de materiales mediante descargas eléctricas, el grabado de circuitos electrónicos y la purificación de emisiones contaminantes (LG Electronics, 2007).

## ii.- El filtro de plasma.

El filtro de plasma es una tecnología desarrollada por la empresa LG en el campo del acondicionamiento de aire, cuya finalidad es eliminar los contaminantes microscópicos presentes en el aire de entrada mediante la generación de un plasma con electrones de altas cargas en su interior, y a través del cual pasa el aire que se desea acondicionar (LG Electronics, 2007).

Este plasma elimina completamente los contaminantes para proporcionar un aire limpio e higiénico, y a su vez genera cargas de iones negativos que favorecen a la relajación y el buen estado anímico de las personas (LG Electronics, 2007).

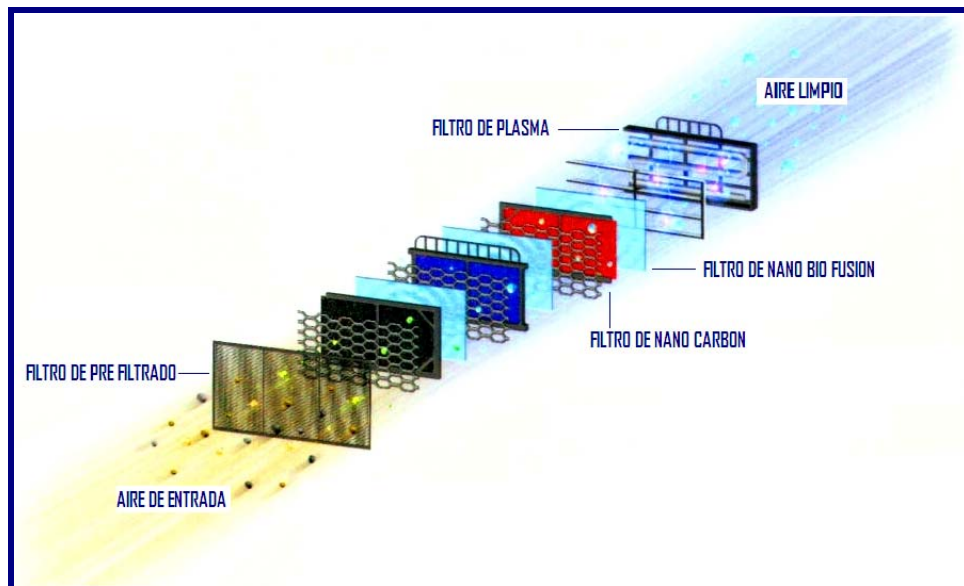


Figura 2.5.- Filtro de plasma (Disponible: [www.coolpoint.nl](http://www.coolpoint.nl))

## **2.4.- Principios de microbiología.**

### **2.4.1.- El mundo microbiano.**

El estudio de la microbiología se ocupa de la fisiología y de la morfología de los microorganismos, formas vivas en arreglos de pequeñas dimensiones e invisibles al ojo humano sin la utilización de equipos como los microscopios (Praglia, C., 1999).

Hasta la fabricación del microscopio, antes del descubrimiento de los microorganismos, se creía que todas las cosas vivas conocidas eran plantas o animales, ya que no se conocía de la existencia de tipos de transición (Jawetz, E. *et al.*, 1971). Incluso antes de que estos se observaran por primera vez, algunos investigadores sospecharon de su existencia y su responsabilidad en el desarrollo de algunas enfermedades (Prescott, L. *et al.*, 1999).

Con objeto de evitar clasificaciones arbitrarias o grupos de transición a uno u otro reino, Haeckel propuso en 1866 que los microorganismos se incluyeran en un reino separado, el protista. Los miembros del protista se distinguen de las plantas verdaderas y de los animales por su organización simple: son unicelulares y cuando llegan a ser multicelulares, no desarrollan tejidos diferenciados (Jawetz, E. *et al.*, 1971).

Existen dos clases de células fundamentalmente diferentes. Las células procariotas tienen una morfología mucho más sencilla que las eucariotas y carecen de un núcleo delimitado por una membrana, y su única membrana es la citoplasmática. Todas las bacterias son procariotas. Por el contrario, las células eucariotas poseen un núcleo rodeado por una membrana, son más complejas y generalmente son de mayor tamaño que las procariotas. Las algas, los mohos, los protozoos, las plantas superiores y los animales tienen células eucariotas (Prescott, L. *et al.*, 1999).

Durante muchos años los biólogos han clasificado los organismos en cinco reinos: *Monera* o *Procaryotae*, *Protista*, *Fungi*, *Animalia* y *Plantae*. Los microbiólogos estudian

principalmente los miembros de los tres primeros reinos. Aunque los virus no están incluidos en ninguno de estos reinos, los microbiólogos también se ocupan de su estudio (Prescott, L. *et al.*, 1999).

### **i.- Los hongos (micetos).**

Los hongos son microorganismos heterótrofos simples, no fotosintéticos, eucariotas con uno o más núcleos. Están clasificados como pertenecientes al reino Fungi y pueden presentarse como organismos unicelulares de forma ovalada o en forma filamentosa, caso en el cual forman el micelio, que es una masa de filamentos ramificados o hifas que se entrelazan. Sus dimensiones pueden variar de unos pocos  $\mu\text{m}$  a varios centímetros; durante su crecimiento sobre medios de cultivo los hongos originan colonias características (Praglia, C., 1999).

Los hongos patógenos para el hombre (alrededor de 200 especies) provocan desde micosis hasta intoxicaciones y alergias. Casi todas las especies patógenas se comportan como oportunistas y han adquirido una creciente importancia ya que, en algunos casos, son mortales (Praglia, C., 1999).

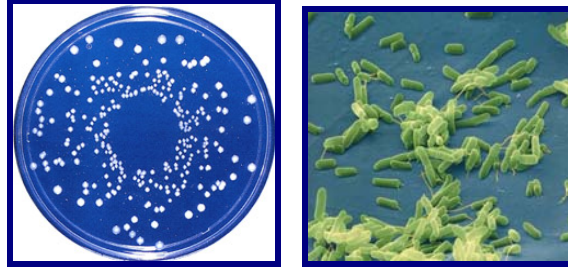
Se han descrito unas 90.000 especies de hongos; sin embargo, algunas estimaciones sugieren que puede haber 1,5 millones de especies en el mundo (Prescott, L. *et al.*, 1999).



**Figura 2.6.- Hongos (Disponible: [www.telmeds.org](http://www.telmeds.org))**

### **ii.- Las bacterias.**

Las bacterias forman un grupo heterogéneo de microorganismos que se distinguen de los protistas superiores por los siguientes criterios: Tamaño (de 0,5 – 1  $\mu\text{m}$  de ancho y de 2 – 5  $\mu\text{m}$  de largo, con un volumen medio de 0,4 – 15  $\mu\text{m}^3$ ); construcción celular protocariótica; y un sistema único de transferencia genética (Jawetz, E. *et al.*, 1971).



**Figura 2.7.- Bacterias (Disponible: [www.sciencemusings.com](http://www.sciencemusings.com))**

Las bacterias pueden ser de forma esférica, de bastón o de espiral. Aquellas de forma esférica son llamadas cocos, entre los que se encuentran los diplococos, estreptococos, estafilococos, tetradas y sarcinas, de acuerdo a la agrupación de células durante su reproducción. La forma de bastón es típica de los bacilos, que generalmente están aislados o, raramente en pares (diplobacilos) o en cadena (estreptobacilos). Los espirilos tienen forma helicoidal, entre los que se encuentra el *Treponema pallidum* (causante de la Sífilis en el hombre); y el *Vibrios* (Praglia, C., 1999).

Según los requerimientos de oxígeno, las bacterias se clasifican en *aeróbicas*, aquellas que necesitan un ambiente con oxígeno para su desarrollo y las *anaeróbicas*, que requieren de un ambiente sin oxígeno para su desarrollo. Las *anaerobias facultativas* incluyen los dos tipos (González, J. 2004).

#### **2.4.2.- Cultivo de microorganismos.**

El cultivo es el procedimiento mediante el cual se promueve el crecimiento de los microorganismos, el cual se logra proporcionándoles las condiciones ambientales adecuadas como nutrientes, pH, temperatura y aeración para su crecimiento. Otros factores que deben ser controlados incluyen la concentración de solutos que determina la presión osmótica del medio y factores especiales tales como la luz para los organismos fotosintéticos (Jawetz, E. *et al.*, 1971).

##### **i.- Medios de cultivo.**

Un medio de cultivo es una sustancia compuesta por un conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes, que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos. La diversidad metabólica de estos es enorme y por ello la variedad de medios de cultivo es tan amplia (Gamazo, C. *et al.*, 2005).

**Fuente de Carbono y sales:** En muchos casos, la glucosa, la lactosa u otras dextrosas se emplean como fuente de carbono. Algunos medios de cultivo se complementan con sales como el NaCl y diversos fosfatos y/o sulfatos de potasio, magnesio y amonio, entre otros (Gamazo, C. et al, 2005).

**Agar:** El agar se utiliza como agente gelificante (solidificante) para dar firmeza a los medios de cultivo. El componente dominante en el agar microbiológico es un polisacárido, que se obtiene de ciertas algas marinas (rodófitas) (Gamazo, C. et al, 2005).

**Extractos:** Para su preparación, ciertos órganos o tejidos animales o vegetales (carne, hígado, cerebro, semillas) son extraídos con agua y calor, y posteriormente concentrados hasta la forma final de pasta o polvo. Estos preparados deshidratados se emplean con frecuencia en la confección de violeta, sales biliares, azida sódica, telurito potásico, antibióticos, entre otros. A la concentración adecuada, actúan como agentes selectivos frente a determinados microorganismos (Gamazo, C. et al, 2005).

Según el tipo de acción, los medios de cultivo se clasifican en **medios generales**, que permiten el desarrollo de una gran variedad de microorganismos, **medios de enriquecimiento** que favorecen el crecimiento de un determinado tipo de microorganismos, sin llegar a inhibir totalmente el crecimiento del resto, **medios selectivos**, que permiten el crecimiento de un tipo microbiano determinado, inhibiendo el desarrollo de los demás y **medios diferenciales**, que son aquellos en los que ponen de relieve propiedades que posee un determinado tipo de microorganismos (Gamazo, C. et al, 2005).

**Esterilización:** debido a que los microorganismos se detectan prácticamente en cualquier hábitat, es necesario esterilizar los medios de cultivo previo a su empleo. Los medios de cultivo se encuentran comercializados bajo la forma deshidratada los cuales es preciso rehidratar. En general, la preparación de un medio de cultivo consiste en pesar la cantidad deseada del mismo y disolverla en agua desionizada libre de inhibidores del crecimiento, siguiendo las instrucciones del fabricante. Las sustancias termolábiles se esterilizan por

filtración y se añaden al resto de los componentes previamente esterilizados en autoclave. Antes de su esterilización, los medios en estado líquido se distribuyen en los recipientes adecuados (tubos, matraces, placas de Petri) (Gamazo, C. et al, 2005).

## **ii.- Medios de cultivo de hongos.**

En líneas generales, todos los medios de cultivo utilizados en micología contienen los nutrientes suficientes para asegurar el desarrollo de los hongos (carbono, nitrógeno, vitaminas, oligoelementos, entre otros). El pH, ligeramente ácido, facilita el crecimiento de los hongos e inhibe, al mismo tiempo, el desarrollo de bacterias. Se añaden antibióticos antibacterianos para inhibir el crecimiento de bacterias saprofitas que suelen contaminar las muestras. Los más usados son el Cloranfenicol y la Gentamicina (Puente, P. et al, 2007).

## **iii.- Medios de cultivo de bacterias.**

Al crecimiento bacteriano fuera de su hábitat natural se le denomina crecimiento en cultivo. Los medios de cultivo utilizados para la incubación de bacterias, ya sean líquidos o sólidos, son mezclas complejas de sustancias químicas y/o productos naturales (proteínas, sangre, suero, entre otros) capaces de soportar el crecimiento de las mismas, los cuales pueden prepararse mezclando los diversos componentes, disolviéndolos (normalmente por calentamiento) y esterilizando el medio ya complejo (generalmente en autoclave). También pueden adquirirse de forma deshidratada (seca), listos para proceder a su inmediata preparación con agua destilada y esterilización (De la Rosa, M. et al, 2003).



## **2.5.- Calidad del aire.**

### **2.5.1.- Calidad del aire interior.**

En las últimas décadas se descubrió que el microclima en los edificios destinados a oficinas y comercios, así como construcciones residenciales, puede enfermar a sus ocupantes, y si se tiene en cuenta que el 80% al 90% de nuestro tiempo transcurre en locales cerrados con ambientes contaminados en mayor o menor grado, es fundamental adecuar los diseños de los sistemas de acondicionamiento y ventilación conforme a los últimos resultados de las investigaciones científicas en esta materia (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

Transcurrieron algunos años antes de que se lograra relacionar de forma estadística a los ambientes interiores con las enfermedades que sus ocupantes habituales pudieran padecer, vinculadas a los mismos. Pero la evidencia se pudo ir obteniendo hasta lograr reconocer lo que se conoce como el síndrome del edificio enfermo (SEE), que designa al conjunto de síntomas que se presentan cuando más del 20% de los individuos ocupantes de estos ambientes presenta alguna de las manifestaciones como escozor de ojos, sequedad de la piel, congestión nasal, entre otros (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

#### **i.- Factores de riesgo más comunes.**

**Contaminantes ambientales:** algunos contaminantes como compuestos químicos y biológicos pueden estar presentes en el aire y causar alguno de los síntomas. Los contaminantes más significativos son dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapores orgánicos, fibras y polvillo en suspensión (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

**Ocupantes del ambiente interior:** los propios ocupantes se convierten en fuentes de contaminación. El fumar origina humo que es reciclado por el sistema y distribuido por todo el edificio. Los filtros y purificadores de aire electrónicos logran eliminar las partículas del humo del tabaco, sin actuar sobre aquellas que se depositan en alimentos, muebles, piel, ropa y otras superficies (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

**La temperatura y humedad, los olores, la iluminación y el ruido:** estos factores también pueden contribuir a la aparición de algunos síntomas, pero son fundamentalmente la

temperatura y el porcentaje de humedad relativa los que más problemas generan a las desigualdades existentes entre unas zonas y otras del mismo edificio, ya que es difícil que su distribución sea homogénea (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

**La ionización:** este factor es una de las causas del SEE. Los iones son moléculas de aire que contienen pequeñas cargas eléctricas. Existen iones positivos y negativos, y están en una proporción de cinco a cuatro, respectivamente, en una atmósfera equilibrada (Mermet, A. y Yarke, E., 2005). Los estudios realizados a partir de principios de siglo han demostrado que cuando el aire tiene una carga excesiva de iones positivos, adquiere efectos perturbadores que afectan a la salud y el estado anímico de las personas y que, por el contrario, cuando la carga es de iones negativos se favorece la relajación, el equilibrio y el funcionamiento armónico de todos los sistemas (LG electronics, 2007).

## **ii.- Síntomas del síndrome del edificio enfermo (SSE).**

Salvo en algunos casos excepcionales, las patologías que aparecen no son severas. Los síntomas más frecuentes se pueden agrupar en cinco categorías:

**Oculares:** escozor, enrojecimiento y lagrimeo.

**Cutáneos:** sequedad de la piel, prurito generalizado o localizado, enrojecimientos localizados.

**Vías respiratorias altas:** moquillo, congestión nasal, estornudos, picor nasal, hemorragias nasales, sequedad de garganta, carraspera, ronquera.

**Vías respiratorias bronquiales y pulmonares:** sensación de opresión torácica, sensación de ahogo, tos seca.

**Generales:** dolor de cabeza, dificultad para concentrarse, irritabilidad, somnolencia, mareos.

**Otras:** también se han descrito enfermedades más severas como neumonitis por hipersensibilidad, fiebre, asma, rinitis crónica, dermatitis y lengiomelitis (Mermet, A. y Yarke, E., 2005).

## **2.5.2.-.Calidad microbiológica del aire.**

Existen suficientes indicios de que en áreas de oficinas y residenciales coexisten sustancias capaces de alterar sus propiedades físico-químicas y proveer las condiciones

necesarias para el desarrollo y crecimiento de microorganismos que alteran las propiedades biológicas del aire, como los mohos y bacterias, lo cual puede originar efectos nocivos sobre la salud de las personas y sobre los materiales, dependiendo de la concentración y permanencia de estas sustancias en el ambiente (García, N. *et al.*, 2005).

El aire no constituye un hábitat bacteriano; las bacterias existen en el aire únicamente como contaminantes accidentales. Sin embargo, muchas bacterias patógenas son transportadas a través de aire sobre partículas de polvo o sobre residuos secos de partículas de saliva (Jawetz, E. *et al.*, 1971).

Por su parte, muchos mohos producen esporas que pasan al aire y pueden convertirse en aeroalérgenos importantes que pueden tener presencia estacional o perenne. Su número aumenta en las regiones con ambientes cálidos, siendo las especies de *Alternaria* y *Cladosporium* las más numerosas en estos ambientes (Fireman, P., 2006).

### **i.- Métodos para la toma de muestras de agentes biológicos presentes en el aire.**

***Gravitación o impactación natural:*** recogida de las partículas biológicas ambientales que sedimentan sobre una cápsula Petri que contiene un medio de cultivo particular con superficie adherente (Méndez, F., 2006).

***Impactación forzada:*** puede ser por ***choque***, donde se toman muestras de partículas ambientales en un medio adherente por una corriente de aire forzada por una bomba de aspiración; por ***centrifugación***, que es una variación de la anterior pero donde la fuerza centrífuga que actúa sobre las partículas es la que las deposita sobre el medio adherente; y ***burbujeo o impinger***, donde la corriente de aire portadora de los microorganismos se hace pasar por una disolución donde quedan retenidos para su posterior conteo (Méndez, F., 2006).

***Filtración:*** captación de la muestra sobre un filtro de porosidad adecuada para su posterior recuperación sobre líquidos y conteo (Méndez, F., 2006).

## 2.6.- Análisis de esfuerzos.

Antes de entrar en el capítulo de proceso de diseño y selección, es necesario describir los cálculos utilizados para el análisis de resistencia de los materiales presentes en la construcción del banco de pruebas.

### 2.6.1.- Diagramas de corte y momento.

Para el análisis de las vigas sometidas a cargas estáticas se construyeron los diagramas de corte y momento considerando las cargas aplicadas en las vigas así como las reacciones en los apoyos de las mismas. Las magnitudes de dichas reacciones se obtuvieron utilizando las siguientes fórmulas:

$$\sum F = 0 \quad (2.1) \quad \sum M = 0 \quad (2.2)$$

Donde:

$F$ = Fuerza.

$M$ = Momento.

El diagrama de momento se realizó en función de las cargas aplicadas y su distancia desde el inicio de las vigas hasta su punto de aplicación.

### 2.6.2.- Flexión y deflexión en vigas.

Para el estudio de la resistencia de los materiales de la estructura del banco de pruebas, se consideraron los ángulos de acero horizontales como vigas sometidas a flexión pura (Gere, J. y Timoshenko, S., 1997).

Para calcular el esfuerzo ( $\sigma$ ) producido por el momento flector que actuaba sobre cada viga, se utilizó la siguiente expresión:

$$\sigma_x = \frac{M \times Y}{I} \quad (2.3)$$

Donde:

$I$ = momento de inercia de la sección transversal de la viga.

$Y$ = distancia desde el eje neutro a la fibra en estudio.

$M$ = momento flector

Por medio de la realización de los respectivos diagramas de corte y momento de los elementos de la estructura, se obtuvo el valor del momento máximo y el punto donde se localizaba. En dicho punto, se encontraron los esfuerzos de flexión máximos.

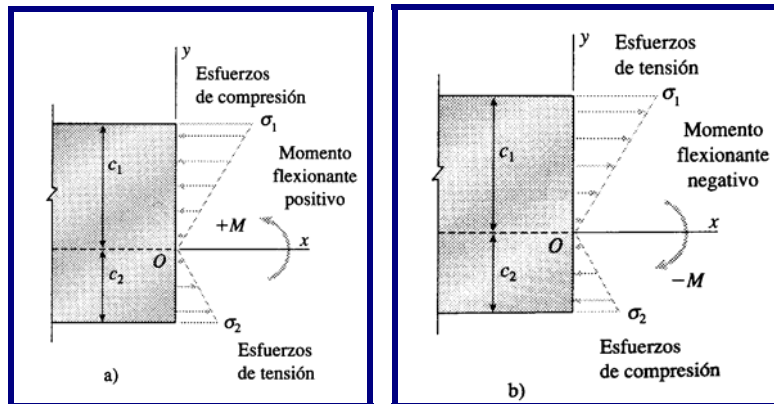


Figura 2.8.- Relaciones entre los signos de los momentos flexionantes y las direcciones de los esfuerzos normales: a) momento flexionante positivo y b) momento flexionante negativo (Gere, J. y Timoshenko, S., 1997)

Los esfuerzos de flexión máximos a tensión y a compresión que actuaron en las secciones transversales dadas, ocurrieron en puntos localizados a la mayor distancia del eje neutro, en direcciones Y positiva y Y negativa, como se muestra en la figura 2.8. Los esfuerzos normales máximos correspondientes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  se estimaron utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_1 = -\frac{M \times c_1}{I} = \frac{M}{S_1} \quad (2.4)$$

$$\sigma_2 = \frac{M \times c_2}{I} = \frac{M}{S_2} \quad (2.5)$$

Donde:

$c$  = Distancia entre el eje neutro y la fibra extrema

$S$  = Módulo elástico de la sección

Para la teoría de falla de la viga, fue necesario comparar la magnitud de  $\sigma_1$  con  $\sigma_2$ . Aquel esfuerzo de mayor magnitud se tomó como el esfuerzo máximo ( $\sigma_{\max}$ ) para el estudio.

A continuación, la ecuación para el estudio del factor de seguridad estático que se utilizó en el diseño:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_{\max}}{S_y} \quad (2.6)$$

Donde:

$\eta$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Esfuerzo de Fluencia

Para la estimación de la deflexión de los ángulos horizontales de la estructura del banco de pruebas se analizaron las cargas que soportaban, considerando una deflexión y ángulos de deflexión muy pequeños, por lo que se expresó la ecuación diferencial de la curva de flexión como:

$$\frac{d^2v}{dx} = \frac{M(x)}{E \times I} \quad (2.7)$$

Donde :

$v$  = Deflexión

$M(x)$  = Momento flector en función de la variable  $x$

$E$  = Módulo de elasticidad

$I$  = Momento de inercia

La ecuación de la deflexión  $v$ , se determinó mediante la doble integración de la ecuación anterior según el caso particular del momento flector en función de la variable  $x$ .

Una vez conocida la ecuación de deflexión, se derivó para determinar el ángulo de deflexión ( $\theta$ ) de la viga como se muestra a continuación:

$$\theta \approx \text{Tan}\theta = \frac{dv}{dx} \quad (2.8)$$

Con dichas ecuaciones se construyó el diagrama de deflexión de la viga.

### 2.6.3.- Pandeo.

Para el estudio de los ángulos verticales de la estructura del banco de pruebas, se realizó análogamente el cálculo de pandeo en columnas. Para ello se evaluó el caso de una columna con ambos extremos empotrados como se muestra en la figura 2.9, donde la carga crítica  $P_{cr}$  (límite de carga para que no ocurra el pandeo de la columna) se determinó mediante el uso de la siguiente expresión:

$$P_{cr} = \frac{4 \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (2.9)$$

Donde:

$L$ = Longitud de la columna (ángulo de acero)

$E$ = Módulo de elasticidad

$I$ = Momento de inercia

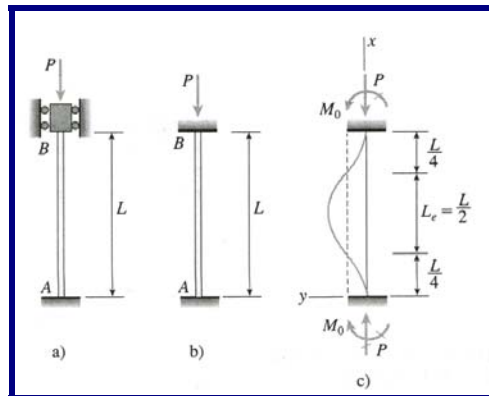


Figura 2.9.- Pandeo de una columna con ambos extremos empotrados (Gere, J. y Timoshenko, S., 1997)

Para el caso de una viga con una carga aplicada P, como la mostrada en la figura 2.9, debe cumplirse la relación expresada en la ecuación 2.10 para que el pandeo no ocurra:

$$P < P_{cr} \quad (2.10)$$

#### 2.6.4.- Uniones soldadas.

Para realizar el cálculo de las uniones soldadas presentes en la estructura del banco de pruebas, se consideraron los cordones de soldadura sometidos a flexión. El esfuerzo cortante nominal ( $\tau$ ) en la garganta del cordón se estimó mediante la siguiente ecuación

$$\tau = \frac{M \times c}{I} \quad (2.11)$$

Donde:

$c$ = Distancia del centroide de la soldadura a la fibra de estudio

$I$ = Momento de inercia de la soldadura

$M$ = Momento flector que actúa en la soldadura

El momento polar de inercia se estimó utilizando la siguiente ecuación:

$$I = 0.707 \times h \times I_u \quad (2.12)$$

Donde:

$h$ = Altura de la garganta (cateto de la soldadura)

$I_u$ = Momento de área unitario

El momento de área unitario se define en función del módulo elástico ( $S_w$ ) de la soldadura como se muestra a continuación:

$$S_w = \frac{I_u}{c} \quad (2.13)$$

Utilizando las ecuaciones presentes en la figura a continuación, se estimó el valor del módulo elástico, así como el centroide del cordón de soldadura:



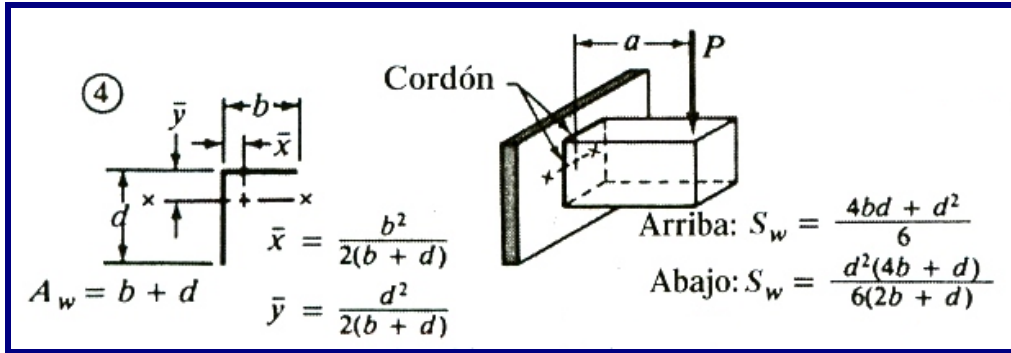


Figura 2.10.- Factores geométricos para el análisis de soldaduras (Mott, R., 2006)

$$\bar{X} = \frac{b^2}{2(b+d)} \quad (2.14) \quad \bar{Y} = \frac{d^2}{2(b+d)} \quad (2.15) \quad S_w = \frac{d^2(4b+d)}{6(2b+d)} \quad (\text{Abajo}) \quad (2.16)$$

Donde:

$\bar{X}$  = Coordenada X del centroide

$\bar{Y}$  = Coordenada Y del centroide

Por lo que el esfuerzo cortante en la garganta de la soldadura se puede expresar a su vez como:

$$\tau = \frac{M}{S_w \times 0.707 \times h} \quad (2.17)$$

En la tabla del apéndice A.1 se obtiene el esfuerzo permisible ( $\tau_{per}$ ) para metal de aporte. Si el esfuerzo cortante calculado es menor al permisible, el cordón de soldadura no fallará.

$$\tau < \tau_{per} \quad (2.18)$$

### 2.6.5.- Uniones Atornilladas

Para determinar las dimensiones de los tornillos utilizados para sujetar las láminas de yeso entre los ángulos de acero estructural y los de aluminio, se realizó un estudio de falla por fatiga mediante la teoría de Soderberg, según la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_e} \quad (2.19)$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$\sigma_m$  = Esfuerzo medio que soporta el tornillo

$\sigma_a$  = Esfuerzo alternante que soporta el tornillo

$S_y$  = Resistencia a la fluencia

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga

Las ecuaciones que definieron los esfuerzos medios y alternantes en tornillos sometidos a carga axial o a fuerza cortante fueron:

$$\sigma_a = \frac{C.Fa}{2.A_t} \quad (2.20)$$

$$\sigma_m = \frac{C.Fa}{2.A_t} + \frac{Fi}{A_t} \quad (2.21)$$

Donde

$Fa$  = Carga axial o cortante que soporta cada uno de los pernos según el caso

$Fi$  = Precarga del tornillo

$A_t$  = Área transversal del tornillo

$C$  = Coeficiente de rigidez

La carga axial o cortante y la precarga del tornillo se estimaron utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Fa = \frac{P}{N} \quad (2.22)$$

$$Fi = 0.75 \times A_t \times Sp \quad (2.23)$$

Donde:

$N$  = Número de pernos que sostienen el techo

$P$  = Peso del techo (drywall)

$Sp$  = Resistencia de Prueba

En la tabla del apéndice A.3 se obtuvieron los valores de la resistencia de prueba y fluencia para tornillos de acero al carbono.

Se tomó un factor de seguridad de 2 para obtener de la ecuación de Soderberg el diámetro mínimo del tornillo que se requería. Este diámetro se estandarizó y se adquirió el más cercano (igual o superior) al estimado.

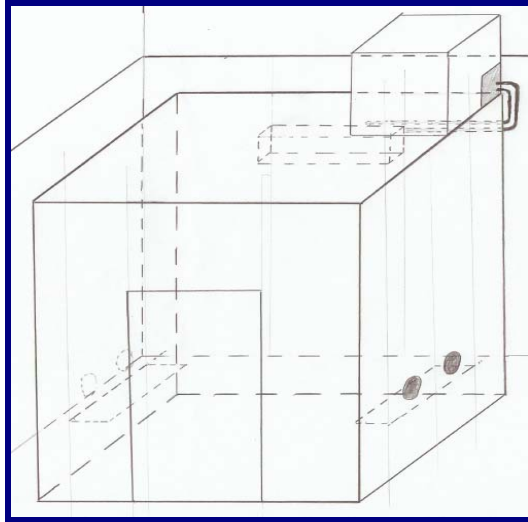
### CAPÍTULO III

#### PROCESO DE SELECCIÓN Y DISEÑO

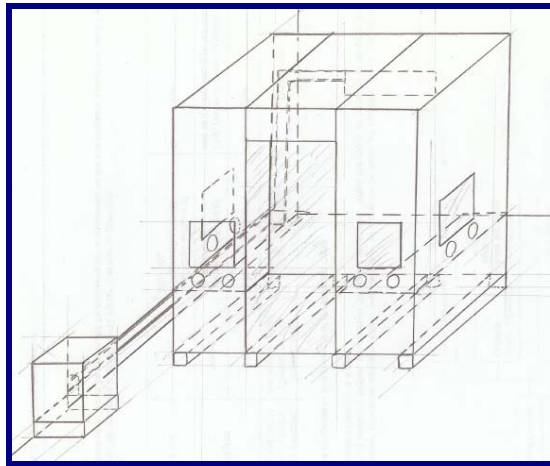
Al conocer la nueva tecnología que venía implementando la empresa LG en algunos modelos de acondicionadores de aire, que consistía en la filtración y purificación del aire por medio de la utilización de un filtro de plasma, surgió la idea de realizar un estudio para determinar el comportamiento de un equipo con esa tecnología, bajo las condiciones climáticas de nuestro país, analizando la calidad del aire acondicionado por el mismo.

Una vez establecida la necesidad, surgió la idea de diseñar y construir un banco de pruebas que permitiera realizar el estudio encerrando un volumen de aire determinado para su posterior análisis. Para esto fue necesario iniciar el proceso de diseño de un cuarto cerrado que cumpliera con dicho fin. Se definió el espacio físico en el cual se ubicaría el banco de pruebas y se establecieron las dimensiones máximas que este podría tener. Asimismo, se definieron todos los demás factores que regirían el diseño, como las condiciones ambientales a las que estaría sometido el banco de pruebas en el lugar donde estaría ubicado, la temperatura de operación, la vida útil esperada, la movilidad y las limitaciones de peso del mismo, entre otras.

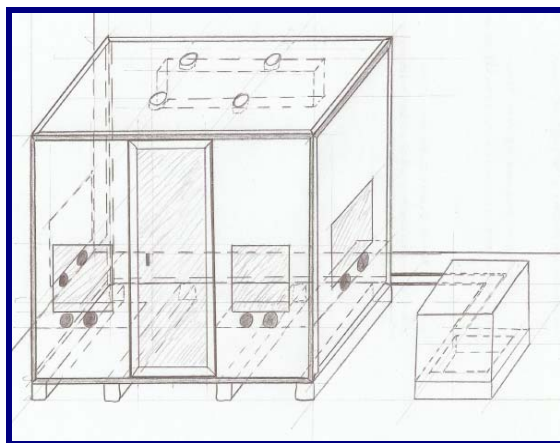
Se definieron con exactitud los objetivos, describiendo cualitativa y cuantitativamente las características, alcances y limitaciones que debía tener el diseño. Posteriormente se procedió a generar la mayor cantidad de alternativas posibles de la forma y las dimensiones del banco de prueba, mediante la realización de bocetos o esbozos que representaban diversas alternativas posibles de solución.



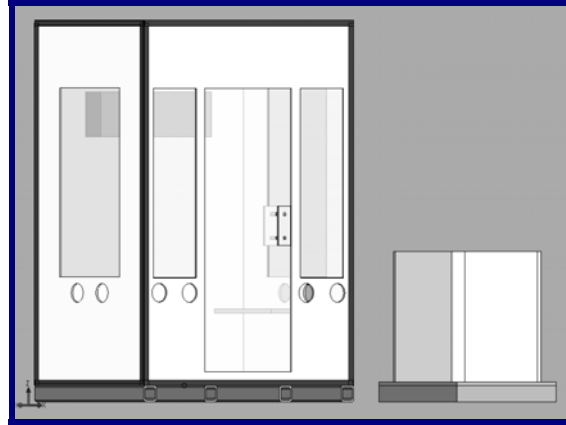
**Figura 3.1.- Propuesta de diseño # 1**



**Figura 3.2.- Propuesta de diseño # 2**



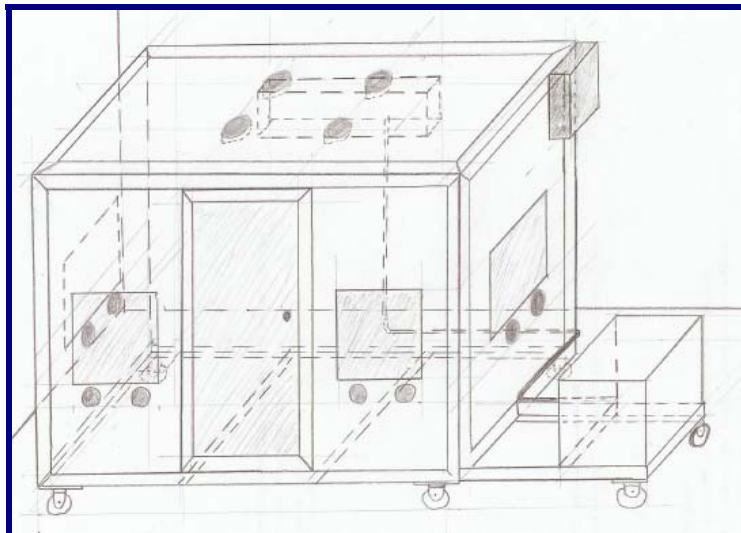
**Figura 3.3.- Propuesta de diseño # 3**



**Figura 3.4.- Propuesta de diseño # 4**

Una vez concebido el sistema y planteadas las diversas alternativas, se realizaron análisis para evaluar cada una de ellas. Se estudió la factibilidad técnica y económica. Aquellas opciones que no cumplieron con los parámetros básicos que se necesitaban, fueron revisadas y mejoradas en los casos en los que se pudo. En aquellos casos en los que no cabía una mejora, se desecharon. Mediante esta fase del diseño, se decidió que el proyecto podía y debía continuar.

Apoyados en el estudio de factibilidad previo, se terminaron de aclarar todos los puntos necesarios para complementar ciertas especificaciones del diseño y lograr formar una propuesta clara del banco de pruebas que se estaba diseñando. Para ello se realizó un boceto del primer prototipo simplificado que permitiera analizar el futuro funcionamiento del mismo.



**Figura 3.5.- Boceto del prototipo simplificado**

En la siguiente fase del diseño, surgió la necesidad de seleccionar los materiales que serían utilizados en la manufactura de cada componente del banco de pruebas, selección realizada en base a características como peso, durabilidad, costo, estética y resistencia, entre otras. Para ello, se utilizó el método del análisis morfológico, construyendo matrices que compararan las diferentes características que se deseaban del material para cada componente del banco de pruebas, con las diferentes opciones de materiales posibles a utilizar, las cuales se muestran a continuación.

**Tabla 3.1.- Matriz morfológica para selección de material para estructura del ambiente cerrado**

Escala 1 - 10	VIGA H	TUBO ESTRUCTURAL	ANGULO DE ACERO	MADERA
RESISTENCIA	10	10	8	1
ESTETICA	1	4	10	10
PESO	1	4	9	9
ECONOMIA	2	4	10	8
DURABILIDAD	10	9	10	2
TOTAL	24	31	47	30

**Tabla 3.2.- Matriz morfológica para selección de material para apoyos del banco de pruebas**

Escala 1 - 10	VIGA H	TUBO ESTRUCTURAL	RUEDAS GIRATORIAS
RESISTENCIA	10	8	8
MOVILIDAD	0	0	10
PESO	1	2	10
ECONOMIA	2	2	6
DURABILIDAD	10	4	4
TOTAL	23	16	38

**Tabla 3.3.- Matriz morfológica para selección de material para piso del ambiente cerrado**

Escala 1 - 10	COMPUESTO	MDF	LÁMINA DE ACERO	MADERA
RESISTENCIA	6	1	10	8
DURABILIDAD	6	2	10	8
PESO	9	10	1	2
ECONOMIA	9	10	1	3
TOTAL	30	23	22	21

**Tabla 3.4.- Matriz morfológica para selección de material para paredes y techo del ambiente cerrado**

Escala 1 - 10	COMPUESTO	MDF	LÁMINA DE ACERO	MADERA	DRY WALL
RESISTENCIA	8	2	10	9	9
DURABILIDAD	7	2	10	9	9
PESO	5	9	1	2	8
ECONOMIA	6	8	1	2	10
ESTETICA	5	6	8	5	10
TOTAL	31	27	30	27	46

**Tabla 3.5.- Matriz morfológica para selección de material para acabado interno del piso**

Escala 1 - 10	ALFOMBRA	PINTURA	MADERA PULIDA	GOMA
DURABILIDAD	8	2	10	9
ESTÉTICA	8	4	10	5
ECONOMIA	10	8	1	3
TOTAL	26	14	21	17

**Tabla 3.6.- Matriz morfológica para selección de material para ventanillas del ambiente cerrado**

Escala 1 - 10	VIDRIO	ACRÍLICO
VISIBILIDAD	10	8
ESTÉTICA	10	8
ECONOMIA	8	2
RESISTENCIA	4	10
TOTAL	32	28

**Tabla 3.7.- Matriz morfológica para selección de material para puerta de acceso al ambiente cerrado**

Escala 1 - 10	VIDRIO TEMP.	ACRÍLICO	MADERA	ACERO
VISIBILIDAD	10	8	0	0
ECONOMIA	8	1	4	2
PESO	7	10	6	4
RESISTENCIA	8	6	8	10
ESTÉTICA	10	8	1	1
TOTAL	43	33	19	17

Posteriormente, se procedió a realizar el diseño de detalles y a determinar los procesos de fabricación que serían utilizados partiendo de los planos del primer prototipo simplificado y de la lista de materiales ya seleccionados. Ya definidas las dimensiones del banco de pruebas, se comenzó a preparar la documentación necesaria del producto para su posterior fabricación.

Se calcularon las magnitudes de las cargas que los elementos de la estructura del banco de pruebas debían soportar, considerando el peso de las paredes, techo y demás elementos, así como el de una persona de 80 kg. En primer lugar, se estudiaron los elementos horizontales sometidos a flexión mediante la realización de los diagramas de corte, momento y deformación para la viga frontal inferior, en vista de que era el elemento horizontal de mayor longitud y sometido a las mayores cargas. Para estimar los esfuerzos y deformaciones en la viga se seleccionó inicialmente, en la tabla del apéndice



B.1, un ángulo de dimensiones 2 pulg. x 2 pulg. x 1/8 pulg. (51 mm. x 51 mm. x 3 mm.), siendo este el de menor espesor encontrado en dicha tabla.

A continuación, en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8, se presentan los diagramas de corte, momento y deflexión construidos:

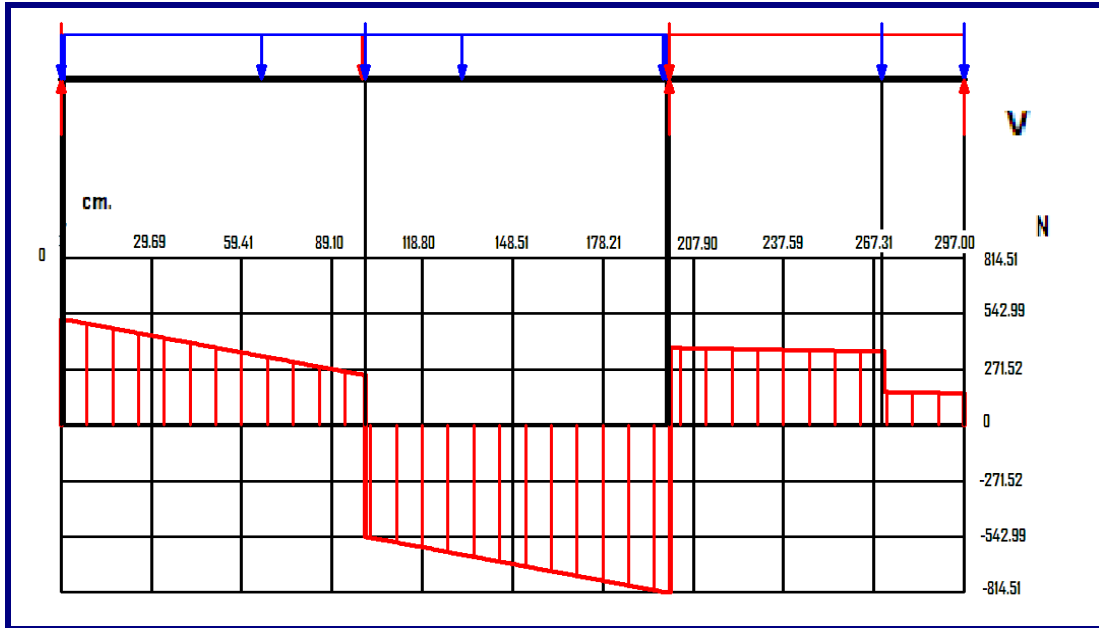


Figura 3.6.- Diagrama de corte – Viga frontal inferior

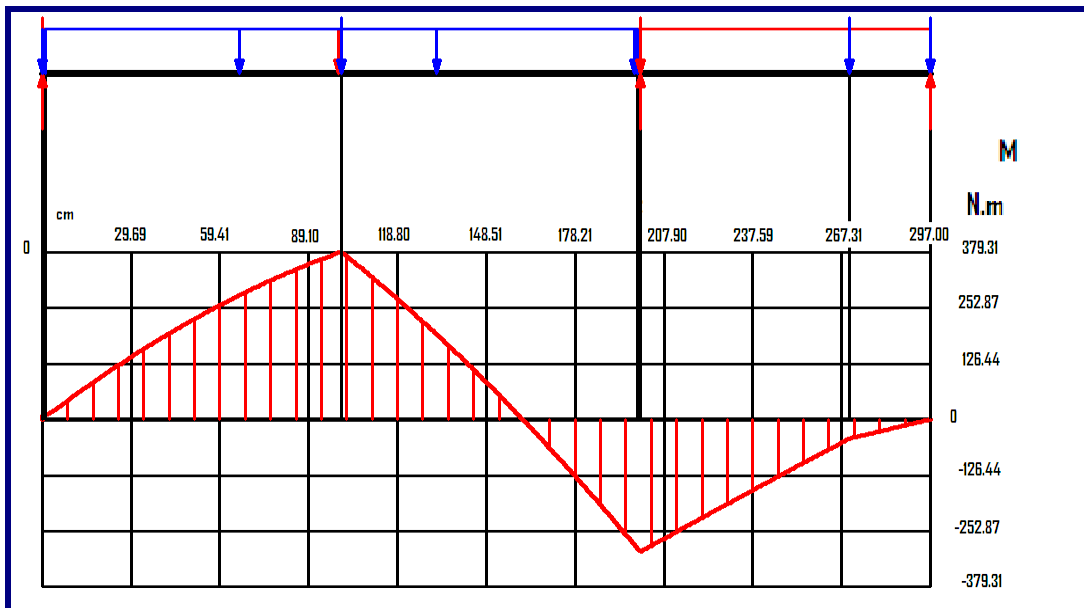


Figura 3.7.- Diagrama de momento – Viga frontal inferior

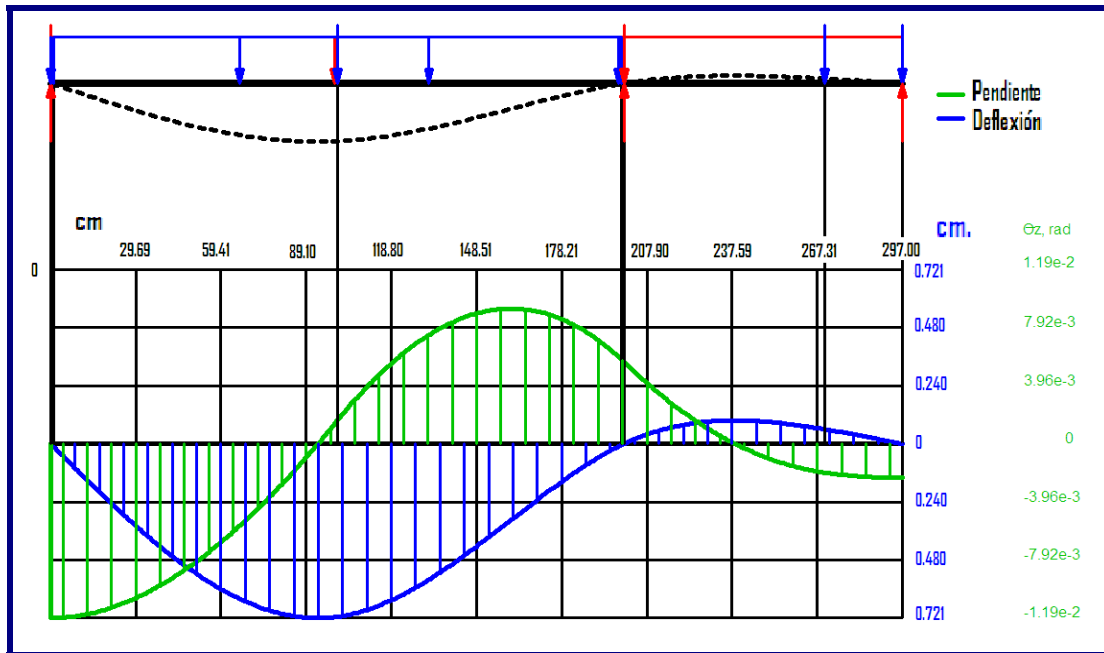


Figura 3.8.- Diagrama de deflexión y pendiente – Viga frontal inferior

En la figura 3.7, se observa la magnitud del momento flector máximo presente en la viga en estudio. Con dicha magnitud se estimó, utilizando las ecuaciones 2.4 y 2.5, el esfuerzo máximo cuyo valor fue  $\sigma_{max} = 175MPa$ . Con este valor y el de la resistencia a la fluencia del material de la viga ( $S_y = 345MPa$ ) se estimó el factor de seguridad mediante la ecuación 2.6, cuyo valor fue  $n = 2$ . Como el factor de seguridad fue mayor que 1, se garantizó que las dimensiones del ángulo seleccionadas eran adecuadas. Sin embargo, fue necesario adquirir ángulos de espesor mayor debido a la disponibilidad en el mercado, utilizando ángulos de dimensiones 2 pulg. x 2 pulg. x 1/6 pulg. (51 mm. x 51 mm. x 4 mm.), mayores a las estudiadas.

De la figura 3.8 se obtuvo el valor de la deflexión máxima, el cual fue menor a un centímetro, deflexión aceptable considerando la longitud de la viga y las condiciones del diseño.

Los siguientes elementos de la estructura que fueron motivo de estudio, fueron los verticales sometidos a una carga axial (pandeo). Se supuso inicialmente una viga de igual área de sección transversal que la supuesta en el estudio de flexión. Mediante la utilización de la ecuación 2.9, se estimó la carga crítica para una de las vigas verticales,

cuyo valor fue  $P_{cr} = 200$  kN. Se introdujo ese valor en la ecuación 2.10 y se comprobó que la viga vertical no pandeaba, ya que la carga que debía soportar era mucho menor que el valor crítico. Se utilizaron ángulos de igual sección transversal que los dispuestos horizontalmente.

Una vez dimensionados los ángulos de acero estructural, se procedió a seleccionar las características de la soldadura que cumpliera con los parámetros de diseño. El tipo de electrodo adecuado para este material se seleccionó en la del apéndice A.2, utilizando aquel con una resistencia igual o mayor a la del acero estructural de los ángulos utilizados. Los electrodos utilizados fueron del tipo E6013.

Para comprobar la resistencia de los cordones de soldadura utilizados con el tipo de electrodos seleccionados, se estimó el esfuerzo cortante que actuaba sobre aquellos sometidos a mayor carga, utilizando la ecuación 2.17, cuyo valor fue 126 MPa. Al compararlo con el permisible obtenido en la tabla del apéndice A.1, con un valor de 128.1 MPa, se comprobó la resistencia de los cordones de soldadura utilizando la ecuación 2.18.

Mediante un proceso iterativo se seleccionó un tornillo que sometido a las cargas axiales o cargas cortantes puras presentes en el banco, dependiendo del caso, no presentara fallas (factor de seguridad mayor que 1). Mediante la ecuación 2.19, se estimó el factor de seguridad para el caso más desfavorable, la pared frontal, que fue fijada con tornillos sometidos a cargas cortantes puras. El resultado obtenido para este caso fueron 22 tornillos (para la pared estudiada) de acero al carbono de cuatro milímetros de diámetro y 38,1 milímetros de longitud, para los cuales el factor de seguridad tuvo un valor de 1,45.

Utilizando el valor de la reacción en el segundo apoyo se seleccionó, en los catálogos de diversos fabricantes, el modelo de las ruedas giratorias que se utilizaron para apoyar el banco de pruebas.

Por último, se determinaron los acabados finales de cada pieza del banco de pruebas, ya fuera con fines estéticos o de protección.

Una vez realizado el listado de materiales y componentes, se creó el diseño definitivo en planos de isometría y tres vistas, con sus respectivas cotas y demás detalles necesarios para iniciar el proceso de construcción del banco de pruebas.

## CAPÍTULO IV

### CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Una vez concebido el sistema completo, se inició el proceso de construcción del banco de pruebas.

#### 4.1.- Manufactura de la estructura y el ambiente cerrado.

Inicialmente se cortaron a la medida, mediante el proceso de tronzado, todos los ángulos de acero estructural utilizados en la construcción de la estructura del banco de pruebas. Utilizando el taladro de banco, se taladraron todos los orificios que después fueron usados para introducir los tornillos de fijación de las paredes, techo y piso. Posteriormente se lijaron todas las caras de los ángulos para aplicar la primera capa de fondo anticorrosivo.



**Figura 4.1.- De izquierda a derecha: Tronzado, taladrado y ángulos esmerilados y pintados con fondo anticorrosivo**

Se realizó el proceso de soldadura por arco eléctrico de los ángulos de acero estructural, construyendo así la estructura completa del banco de pruebas.



**Figura 4.2.- Proceso de soldadura de la estructura del banco de pruebas**

Una vez construida la estructura del banco de prueba, se aplicó una segunda capa de fondo anticorrosivo para cubrir los cordones de soldadura y obtener un acabado uniforme. Luego se aplicaron tres capas de pintura negra para obtener el acabado final de la estructura.

Se procedió a cortar y fijar la lámina de compuesto que se utilizó para el piso del ambiente cerrado.



**Figura 4.3.- De izquierda a derecha: Aplicación de pintura negra, corte del compuesto, estructura con piso**

En este punto de la fabricación, ya con la estructura del banco de pruebas lista, se inició el proceso de corte, acondicionamiento y montaje de las láminas de yeso (drywall) del techo, la pared trasera y las paredes laterales dejando, en estas últimas, los respectivos espacios para la instalación de ventanillas y los puntos de toma de muestras. Todas las láminas de yeso fueron masilladas con la pasta recomendada por el fabricante. Una vez seca la pasta se lijó hasta obtener el acabado final y, por último, se le aplicaron tres capas de esmalte blanco por la cara exterior.



**Figura 4.4.- Proceso de instalación de las láminas de yeso**

Se instalaron de las láminas de yeso en la estructura del banco de pruebas, colocando en las esquinas internas comunes ángulos de aluminio que presionaban las

láminas de yeso entre ellos y los ángulos de acero estructural, tal como se muestra en la figura 4.5. Adicionalmente, estos ángulos de aluminio se instalaron para sellar las esquinas interiores del ambiente cerrado y evitar la salida o entrada de aire que pudiera dañar la muestra al hacer las pruebas. Se utilizaron los tornillos con tuercas y arandelas de presión para unir los ángulos de aluminio, los de acero estructural y las láminas de yeso entre ellos.



**Figura 4.5.- Ángulo de aluminio en esquina común de dos láminas de yeso**

A cada tornillo y a las uniones de los ángulos de aluminio en las esquinas, se le aplicó silicón para evitar el paso del aire por cualquier grieta u orificio.

Se procedió a instalar el equipo de acondicionamiento de aire siguiendo las instrucciones recomendadas por el fabricante.

#### **4.2.- Instalación del equipo de acondicionamiento de aire.**

El acondicionador de aire utilizado en el banco de pruebas fue uno de tipo dividido con capacidad de enfriamiento de 3517 W (12.000 Btu/h), marca LG, tipo Art Cool, modelo C122CM. Se inició el proceso de instalación de la unidad interior atornillando la placa de fijación de la unidad, de forma que los tornillos atravesaran la lámina de yeso y las pletinas de acero en la parte trasera del banco de pruebas para darle mayor resistencia. Se respetó la distancia mínima establecida por el fabricante entre el techo y la unidad interior. Se perforó un orificio en la pared de yeso trasera para pasar las tuberías y cableado del equipo, y se fijó la unidad interior en la placa. Se instaló una tubería de drenaje para el agua producto del condensado recogido de la bandeja de condensado de la unidad interior, llevándola hasta el envase fijado en la estructura.



**Figura 4.6.- Instalación de la unidad interior**

Una vez instalada la unidad interior, se procedió a instalar la unidad condensadora (exterior) en el lugar de la estructura de ángulos de acero destinado para dicho fin, colocando gomas en las cuatro bases para evitar vibraciones y ruidos molestos. Se conectó el cable de alimentación eléctrico entre la unidad interior y la exterior, respetando el código de colores de las placas de control de las unidades.

Ya con las unidades (interior y exterior) en posición, se inició el proceso de corte, abocinado e instalación de las tuberías de conexión. Se cortaron las tuberías de cobre de  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  pulgadas con el corta-tubos a una longitud de cinco metros, longitud mínima recomendada por el fabricante para equipos de estas capacidades. Se eliminaron las rebabas de la sección cortada, evitando que cayera viruta en el interior del tubo. Se quitaron las tuercas de abocinado de la unidad interior y exterior, y se colocaron en las respectivas tuberías. Con la herramienta adecuada, se procedió a abocinar los extremos de los tubos teniendo sumo cuidado de no realizar un abocinado defectuoso, ya que ésta es la principal causa para las fugas de refrigerante. Se enrutaron las tuberías desde la unidad exterior hasta las tuberías sobresalientes a través de la pared trasera que provenían de la unidad interior. Se alinearon los centros de las tuberías y se apretó suficientemente las tuercas de abocinado tanto en la unidad interior como en la exterior, inicialmente a mano y posteriormente con una llave de apriete, aplicando un par de apriete de 1.8 kg.m para la tubería de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y 5.5 kg.m para la tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada, aproximadamente. Se envolvieron las tuberías con material aislante para evitar posible condensado que pudiera producir charcos de agua en el lugar de ubicación del banco de pruebas.





Figura 4.7.- Instalación de las tuberías de cobre

Se comprobó la correcta instalación de los tubos de líquido y gas que hay entre las unidades exterior e interior, así como todo el cableado. Con las válvulas de servicio de la unidad exterior cerradas, se quitaron las tapas de las mismas y se conectó la válvula colectora y presostatos. Se presurizó el sistema con gas nitrógeno seco y se comprobó que no hubiera fugas utilizando una solución jabonosa. Comprobada la inexistencia de fugas en el sistema, se liberó la presión del nitrógeno aflojando el conector de la manguera de carga. Esta manguera se conectó a la bomba de vacío para evacuar el tubo y la unidad interior. Se conectó la bomba de vacío y se dejó operando por un tiempo de treinta minutos, tiempo recomendado por el fabricante para garantizar que no exista humedad dentro del sistema.

Para finalizar, se abrieron las válvulas de líquido y gas, se liberó la presión y se retiró la manguera de carga, finalizando así el proceso de purga y dejando el equipo listo para ser utilizado.

### **4.3.- Finalización de la construcción.**

Una vez instalado el equipo, se instaló el marco de aluminio de la puerta de acceso en la parte frontal del ambiente cerrado y se trabajaron las dos láminas de yeso que terminaron de cerrar el ambiente, siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el techo, paredes laterales y pared trasera. Se instalaron las cuatro ventanillas en los espacios dispuestos para ello y se sellaron todas las ranuras con silicón para evitar el paso del aire a través de ellas. Se fijaron con abrazaderas los guantes de PVC en los puntos de toma de muestras y se instaló la puerta de vidrio en el marco de aluminio, separando por completo el ambiente cerrado del banco de pruebas.

Se aplicaron cuatro capas de esmalte brillante a todas las superficies de yeso por el interior y a los ángulos de aluminio, con el fin de proteger los materiales de la humedad y el sucio. Se fabricaron dos repisas para el interior del banco de pruebas, con la finalidad de sostener las placas de Petri, instrumentos y cualquier otro objeto necesario para hacer los estudios.



Figura 4.8.- Montajes finales

#### 4.4.- Detalles finales.

Se instalaron las lámparas y el toma corriente internos de 110 voltios y su respectivo cableado especificado en el diseño. Se prestó especial atención a la estética del banco de pruebas, revisando y mejorando detalles para garantizar un producto de calidad. Para finalizar, se instaló un alfombrado en el piso y se retocaron los detalles de pintura.

## CAPÍTULO V

### METODOLOGÍA DE MUESTREOS

#### 5.1.- Monitoreo de mohos y bacterias en el aire.

Para el monitoreo de las poblaciones de mohos y bacterias presentes en el aire en el interior del banco de pruebas, se utilizó el método de Gravitación o impactación natural. En el Laboratorio de Micotoxicología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, se prepararon las placas de Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) para mohos y agar nutritivo (AN) para bacterias. En el diseño experimental se estableció realizar un muestreo cada 20 minutos durante un tiempo total de 140 minutos y cinco repeticiones del experimento (cinco días). En cada muestreo se utilizaron los cuatro puntos de exposición correspondientes a los cuatro puntos de acceso al banco de pruebas definidos en el diseño. El tiempo de exposición en cada muestreo, así como su duración total, se establecieron con la asesoría de investigadores expertos en el área (comunicación personal), en base al tipo de ambiente en el cual se realizaron las pruebas. Para cada muestreo se colocaron en las repisas del banco de pruebas 28 placas de Petri con cada medio, 7 con AN y 7 con PDA en cada uno de los cuatro puntos de exposición. Se cerró la puerta y se procedió a destapar una placa con AN y una con PDA en cada punto, utilizando los guantes de PVC dispuestos para dicho fin. Las placas de inicio ( $t_0$ ) permanecieron expuestas durante 20 minutos con el equipo apagado. Se taparon las placas, se encendió el equipo de acondicionamiento de aire con la función del filtro de plasma activada y se destaparon las siguientes placas ( $t_1$ ). Sucesivamente, se repitió el procedimiento hasta alcanzar el tiempo de cada ensayo.



**Figura 5.1.- Muestreo de mohos y bacterias en el aire**

### **5.1.1.- Incubación y recuento de mohos.**

Después de cada prueba, las placas de Petri con PDA fueron introducidas en bolsas plásticas transparentes e incubadas a temperatura ambiente promedio de 25°C y períodos alternos de luz y oscuridad (día y noche) durante cinco días. Finalmente, se realizó el conteo de colonias visibles en cada placa. Los resultados se expresaron como propágulos de mohos/m<sup>2</sup>.h.



**Figura 5.2.- De izquierda a derecha: propágulos de mohos en una placa de Petri y proceso de conteo de placas**

### **5.1.2.- Incubación y recuento de bacterias.**

De igual forma que para los mohos, las placas de Petri con agar nutritivo fueron introducidas en bolsas plásticas transparentes, pero éstas fueron incubadas en estufa a 37°C durante 48 h. Una vez transcurrido ese tiempo, se realizó el conteo de colonias visibles en cada placa. Los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonias de bacterias/m<sup>2</sup>.h.



**Figura 5.3.- Bacterias en placas de Petri**

## **5.2.- Monitoreo de porcentaje de humedad relativa.**

Para la realización de esta prueba se colocó en el interior del ambiente cerrado un equipo humidificador (como el de la figura 5.4), con la finalidad de llevar el porcentaje de humedad relativa inicial hasta valores elevados, cercanos a 90%. El porcentaje de

humedad relativa se midió utilizando un higrómetro digital portátil con un rango de apreciación de  $\pm 0,1 \%$ . Con un porcentaje de humedad relativa elevado, se encendió el equipo de acondicionamiento de aire con las funciones de filtro de plasma y de deshumidificación activadas, el cual se mantuvo en funcionamiento por un período de tiempo de 120 minutos, manteniendo el humidificador encendido hasta el final de la prueba. Se tomaron mediciones de porcentaje de humedad relativa y temperatura cada 60 segundos. Se repitió la prueba cinco veces.



Figura 5.4.- De izquierda a derecha: equipo humidificador y realización de la prueba

### 5.3.- Medición de iones en el aire.

Utilizando un ionómetro digital portátil con un rango de apreciación de  $\pm 1$  ión/cm<sup>3</sup>, se midió la cantidad de iones por centímetro cúbico de aire presentes a la salida de la unidad interior del equipo de acondicionamiento de aire. En cada prueba se realizaron tres mediciones: una con el equipo apagado, otra con el equipo encendido pero sin haber activado la función del filtro de plasma, y la última con la función del filtro de plasma activada.

### 5.4.- Medición de la concentración de polvo total en el ambiente.

Esta prueba se realizó siguiendo la metodología establecida por la norma COVENIN 2252:1998, junto con la accesoria del Jefe de la División de Ambiente, Salud y Trabajo del Departamento de Higiene y Seguridad de la U.C.V. El método consistió en hacer pasar a través de un filtro de 37 milímetros de diámetro un caudal de aire establecido, utilizando para ello tres bombas de aspiración portátiles para toma de muestras de tipo personal que garantizaran un intervalo de caudal de aire de 1 L/min. a 2,5 L/min.

Inicialmente se acondicionaron seis filtros durante 24 horas a una temperatura de 25°C en una cámara de desecado para extraer la humedad presente en los mismos. Estos se pesaron en una balanza digital inmediatamente después de ser extraídos de la cámara y se colocaron, junto con un soporte, en los portafiltros de tres cuerpos debidamente identificados. Se calibraron las bombas de aspiración portátiles, garantizando un caudal entre 1,5 a 2 L/min., tal como lo establece la norma mencionada. Se ensambló el equipo de bombas, mangueras flexibles y tres portafiltros con filtros. Se instalaron las bombas en sitios equidistantes en el interior del banco de pruebas y se encendieron, permitiendo su funcionamiento durante un tiempo de sesenta minutos, manteniendo el equipo de acondicionamiento de aire apagado.

Concluido el tiempo de toma de muestras de la primera prueba, se desmontaron los portafiltros y se repitió el calibrado de las bombas. El caudal promedio entre el caudal medido inicialmente y el medido al final, se fijó como el caudal utilizado para calcular el volumen de aire que se hizo pasar por cada bomba.

Se encendió el equipo de acondicionamiento de aire con la función de filtro de plasma activada y se mantuvo en funcionamiento por una hora. Posteriormente se repitió la prueba nuevamente con otros tres filtros, siguiendo la misma metodología.

Los seis filtros expuestos se sometieron 24 horas a las mismas condiciones en la cámara de desecado y se pesaron en la balanza digital inmediatamente después de ser extraídos de la cámara. La diferencia entre el peso inicial y el final de los filtros determinó el peso del polvo obtenido en cada medición.



Figura 5.5.- De izquierda a derecha: Calibración de las bombas, realización de la prueba y desecado de los filtros

### 5.5.- Medición de niveles de ruido.

Aún cuando el ruido generado por un equipo de acondicionamiento de aire no influye sobre la calidad del aire que este equipo acondiciona, es un factor determinante en la comodidad que pueda existir en el ambiente que se está acondicionando.

Se realizó una prueba adicional relacionada con la contaminación sónica que pueda generar un equipo de acondicionamiento de aire. Utilizando un sonómetro digital con un rango de apreciación de  $\pm 0,1$  dB, se midieron los niveles de ruido máximos generados, tanto por la unidad interior como por la unidad exterior del equipo instalado en el banco de pruebas, y se compararon con los niveles de ruido generados por cuatro equipos adicionales de diferentes marcas y características, entre los que se encontraban dos equipos compactos y dos del tipo divididos.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **6.1.- Producto final: Banco de pruebas para el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma.**

Como resultado final del proceso de diseño y construcción, se obtuvo un banco de pruebas con una estructura sólida, de fácil movilidad, didáctico y con los sistemas de protección adecuados para ser conectado a la red de alimentación eléctrica.

##### **6.1.1.- Vistas isométrica y real del diseño.**

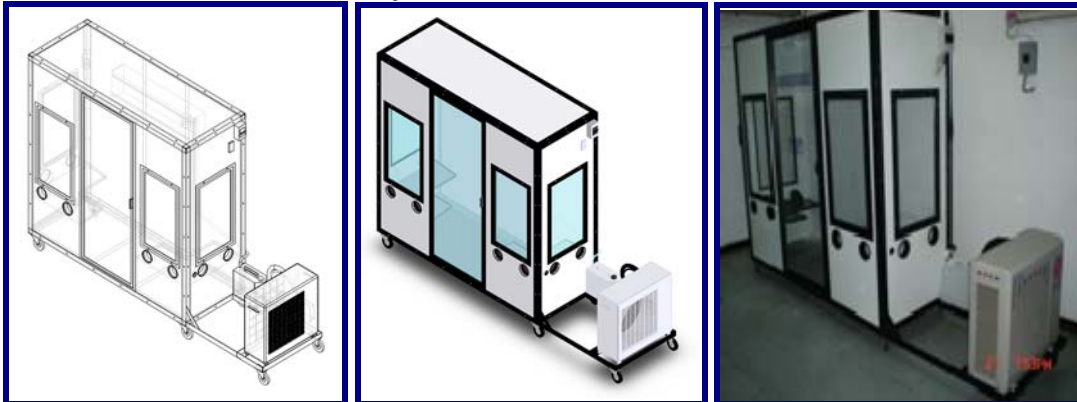
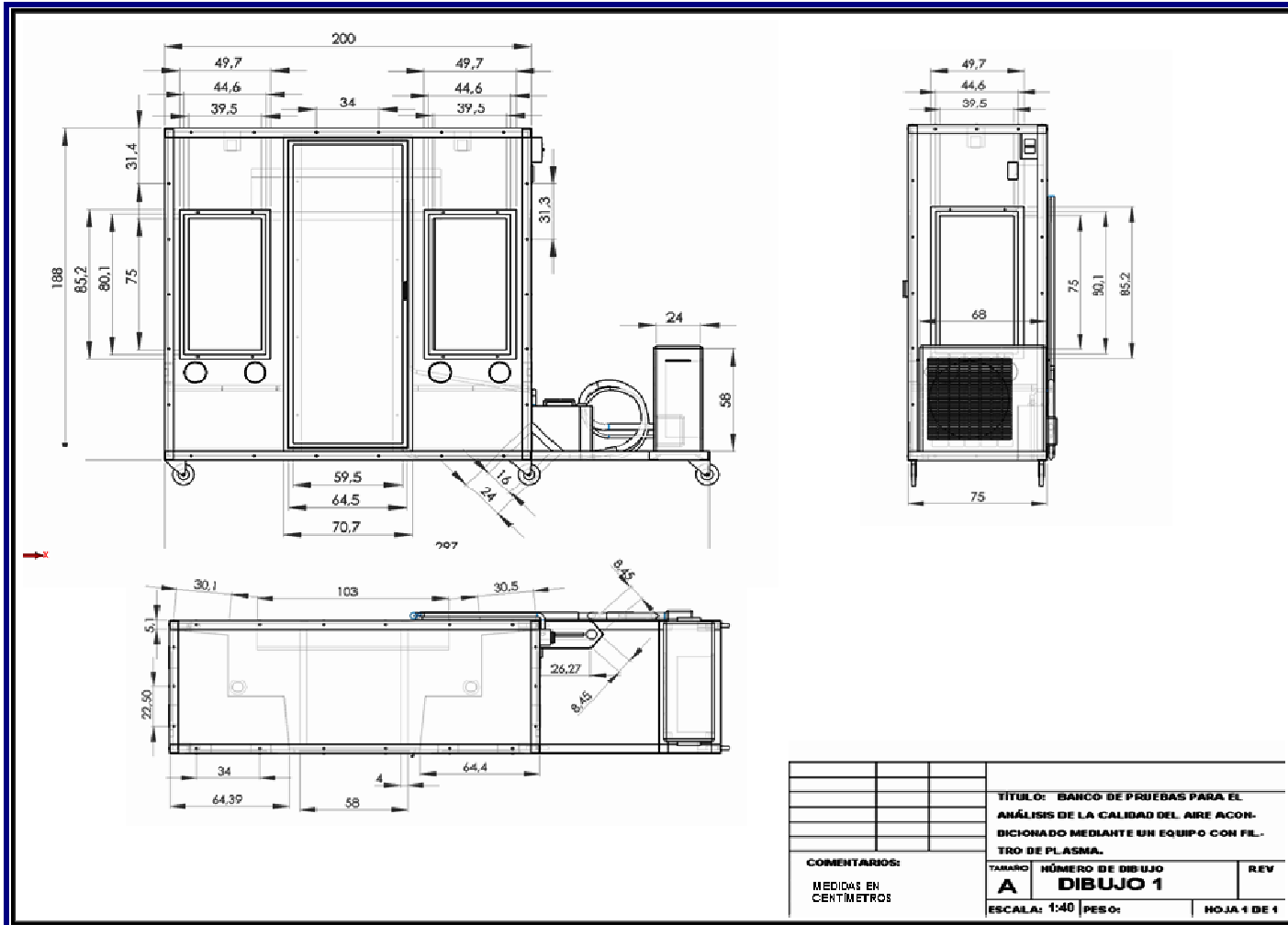


Figura 6.1.- Vista isométrica y real del diseño



### 6.1.2.- Plano acotado del diseño.



### 6.1.3.- Listado de materiales.

Tabla 6.1.- Listado de materiales

CANTIDAD	DESCRIPCION	ESPESOR (mm.)	DIAMETRO (mm.)	ANCHO (mm.)	LARGO (mm.)	ALTO (mm.)
1	Angulo en L de acero estructural L51x51x4	4		51 x 51	22.000	-
1	Pletina de cero estructural	4		51	6.000	-
6	Rueda giratoria con capacidad para 200 kg.	-		-	-	150
1	Lámina de compuesto	18		750	2.000	-
1	Lámina de yeso pared trasera	12		1880	-	2.000
2	Lámina de yeso pared lateral	12		750	-	1.880
2	Láminas de yeso pared frontal	12		650	-	1.880
1	Angulo de aluminio L38x38x3	3		38	18.000	-
152	Tornillos de acero al carbono	-	4	-	38	-
152	Arandelas de presión (seguridad)	1	6	-	-	-
8	Guantes de PVC	-	-	-	-	-
1	Envase plástico de 10 litros	-		150	-	350
2	Lámparas de techo 110 V / 55 W	-	-	-	-	-
10	Cable calibre 12 (por metro)	-	-	-	-	-
1	Protector de voltaje para 220 V	-	-	-	-	-
1	Interruptor trifásico 50 amp.	-	-	-	-	-

#### Observaciones:

- Lámina de compuesto del piso se encuentra recubierta de sellador por su cara inferior para su protección.
- Ángulos de acero estructural poseen recubrimiento anticorrosivo y pintura de aceite de color negro como acabado final.
- Paredes y techo poseen un recubrimiento de pintura de aceite blanco brillante para su protección.
- Equipo de acondicionamiento de aire de tipo dividido (split) capacidad de enfriamiento de 3517 W (12.000 Btu/h), marca LG, tipo Art Cool, modelo C122CM.
- El volumen interno del banco de pruebas es de 2,66 m<sup>3</sup>.

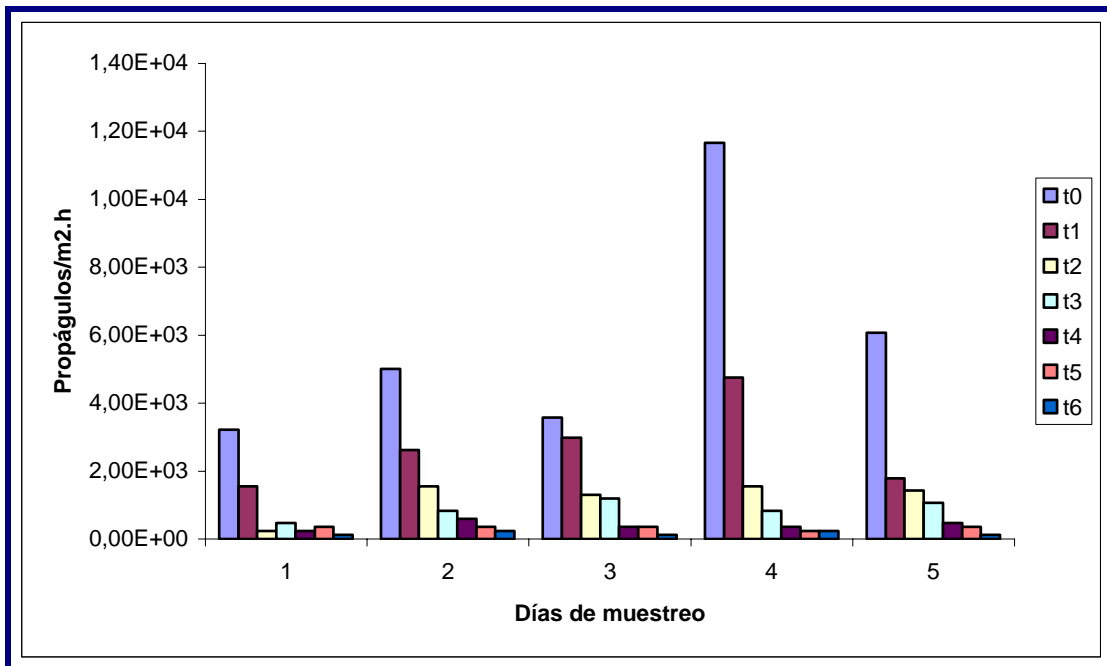
Una vez construido el banco de pruebas, respetando las especificaciones de diseño, se observa que el mismo cubre todas las necesidades para las cuales fue diseñado. Dicho producto logra separar un volumen de aire dentro de un ambiente cerrado permitiendo el análisis de la calidad del aire en su interior. Los cuatro puntos de acceso de las manos al interior del banco de pruebas garantizan una distribución uniforme del área a muestrear. Su manufactura se realizó en el tiempo estipulado y sin ningún tipo de inconvenientes de relevancia. Adicionalmente el banco de pruebas tiene total utilidad para fines didácticos y representa una oportunidad para el Laboratorio de Termodinámica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la U.C.V. para generar nuevas prácticas que contribuyan con la formación de futuros ingenieros.

## **6.2.- Resultados de las pruebas para el análisis de la calidad de aire.**

### **6.2.1.- Resultados del monitoreo de mohos y bacterias.**

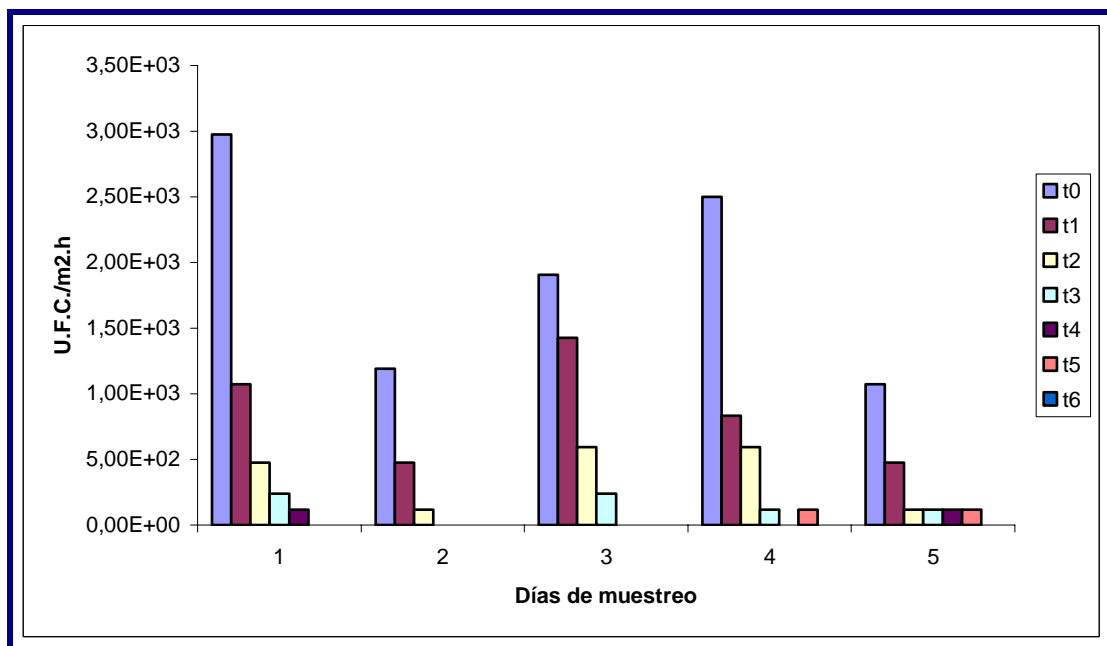
Es de suma importancia destacar que la totalidad de las pruebas se realizó con el equipo de acondicionamiento de aire del banco de pruebas funcionando a su máxima velocidad y con la menor temperatura de funcionamiento programada (18°C).

Los resultados obtenidos en cada uno de los cinco muestreos se originaron a partir de un área de exposición de 252 cm<sup>2</sup> equivalente a cuatro placas de Petri con tiempo de exposición de 20 minutos, expresados en propágulos/m<sup>2</sup>.h y unidades formadoras de colonias (UFC)/m<sup>2</sup>.h para mohos y bacterias, respectivamente. Los resultados de cada muestreo se promediaron para obtener una representación homogénea de la presencia de mohos y bacterias en el aire, y se reflejaron en las tablas del anexo 2. Utilizando estos resultados se construyeron los gráficos que se muestran a continuación:



Fig

ura 6.2.- Propágulos de mohos por metro cuadrado para una hora de exposición en los cinco muestreos



Fig

ura 6.3.- Unidades formadoras de colonias de bacterias por metro cuadrado para una hora de exposición en los cinco muestreos

En dichos gráficos, cada tiempo mostrado en la leyenda (t0, t1, t2, etc.) representa un tiempo de exposición de las placas de Petri (destapadas) de 20 minutos.

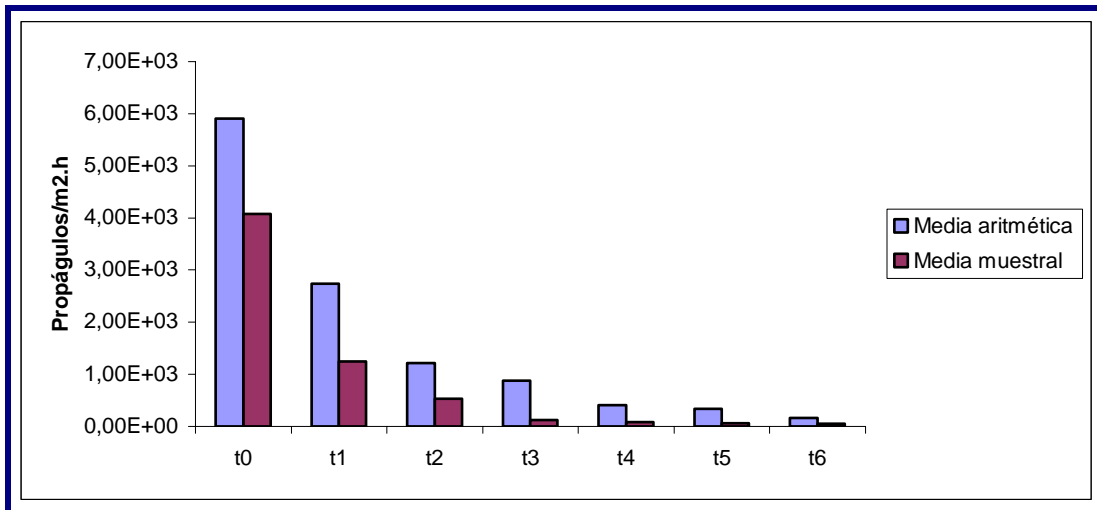
En la figura 6.2 se observan tendencias similares en cada día de muestreo. Sin embargo, los valores iniciales y de los muestreos siguientes entre un día y otro poseen diferencias marcadas. De forma análoga ocurre en la figura 6.3.

Esta diferencia observada entre muestreos es normal en este tipo de estudios ya que la presencia de microorganismos en el ambiente al momento de realizar cada monitoreo depende de diversos factores, entre los que se puede mencionar el tránsito de diferente número de personas presentes en el laboratorio entre los días de muestreo, duración variable de las actividades realizadas en el mismo y, probablemente, diferencias en la intensidad y sentido de las corrientes de aire durante el tiempo de exposición del interior del banco de pruebas al aire ambiental (banco de pruebas abierto), lo cual se tradujo en una mayor o menor contaminación del aire que se introdujo en el banco de pruebas en cada día de muestreo.

Para lograr construir una curva que expresara la tendencia del funcionamiento del equipo sobre la calidad microbiológica del aire acondicionado por el mismo, tanto para mohos como para bacterias, se estimó la media aritmética y la media muestral de los resultados obtenidos en los diferentes días de muestreo, para establecer los intervalos de confianza.

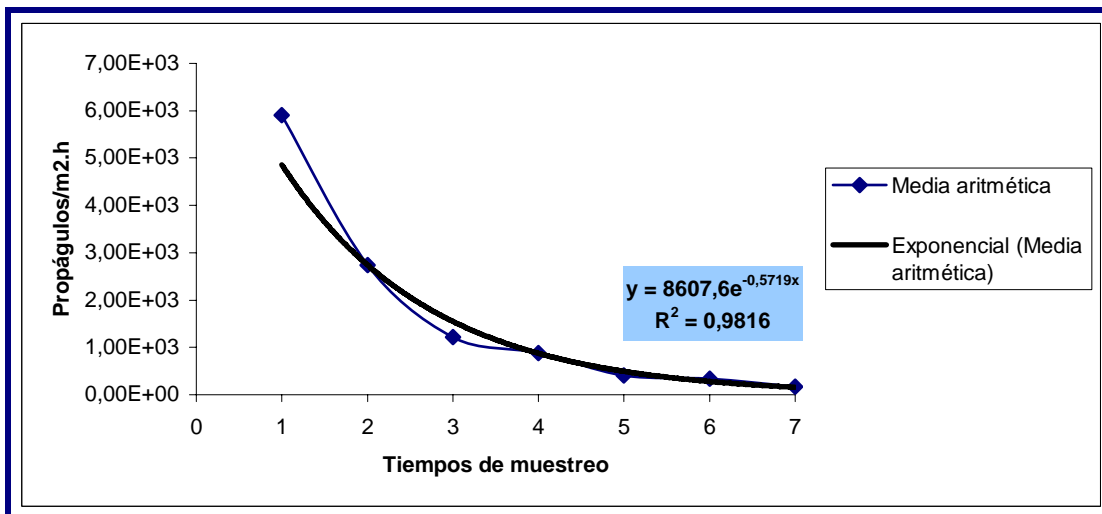
Cada tiempo en el gráfico se consideró como una muestra pequeña. El estudio de la distribución muestral de estadísticos se realizó utilizando una teoría de muestras pequeñas denominada distribución de *t de Student*. Adicionalmente se verificó que la línea de tendencia de los puntos fuera exponencial decreciente, lo que corresponde al modelo matemático para decrecimientos poblacionales.

Las curvas que expresan la tendencia del funcionamiento del equipo sobre la presencia de mohos en el aire acondicionado por el mismo, así como la línea de tendencia de los puntos, se presentan a continuación:



Fig

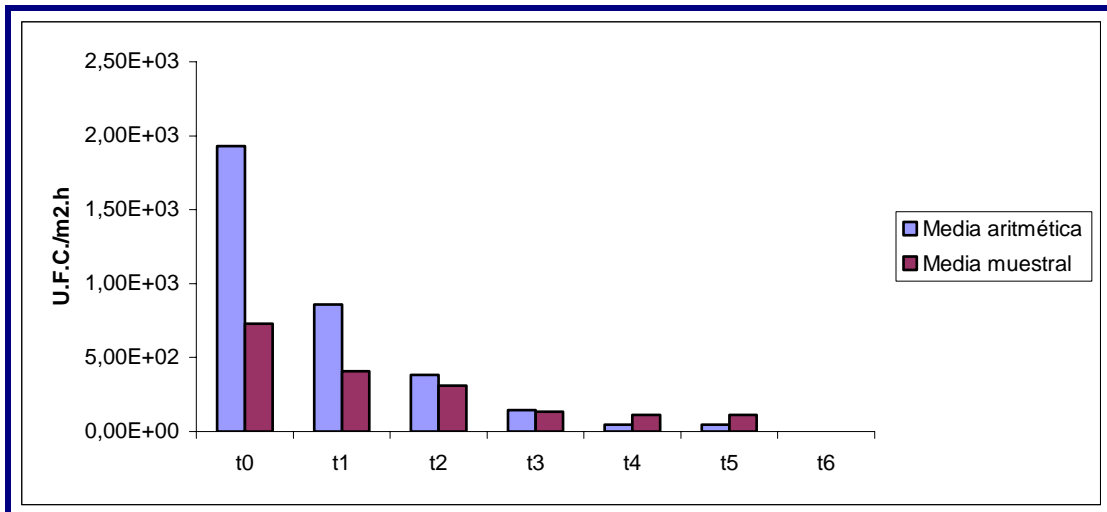
ura 6.4.- Gráfico de media aritmética y media muestral de resultados obtenidos en el monitoreo de mohos



Fig

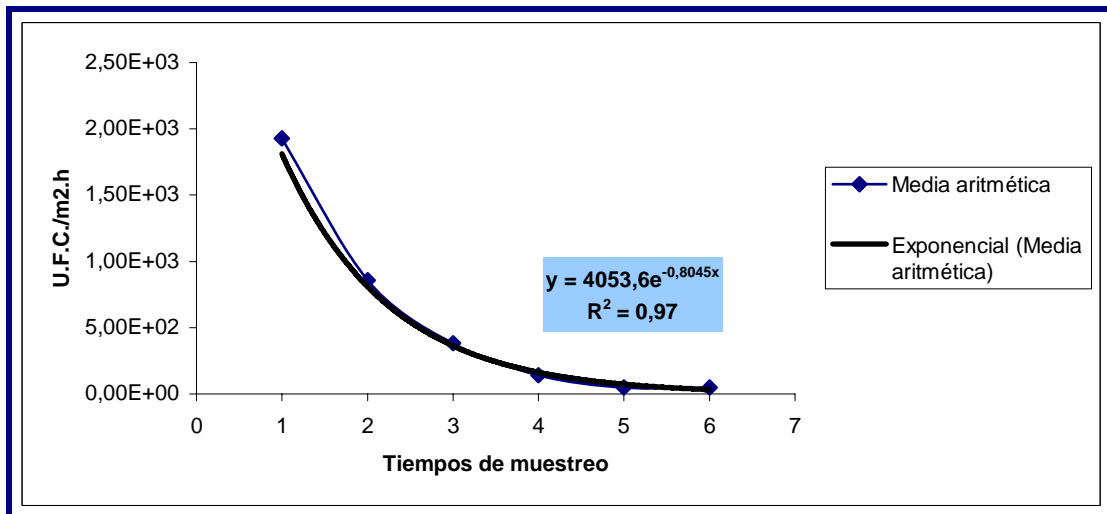
ura 6.5.- Gráfico de la línea de tendencia de media aritmética de los resultados obtenidos en el monitoreo de mohos

Análogamente, las curvas que expresan la tendencia del funcionamiento del equipo sobre la presencia de bacterias en el aire acondicionado por el mismo, así como la línea de tendencia de los puntos, se presentan a continuación:



Fig

ura 6.6.- Gráfico de media aritmética y media muestral de resultados obtenidos en el monitoreo de bacterias



Fig

ura 6.7.- Gráfico de la línea de tendencia de media aritmética de los resultados obtenidos en el monitoreo de bacterias

Los resultados obtenidos y reflejados en la figura 6.4 muestran una reducción de alrededor de un 97 por ciento de propágulos/m<sup>2</sup>.h de mohos. Aún cuando en la literatura revisada no se encontraron estándares para comparar el número máximo de propágulos de mohos por metro cuadrado, que se debe obtener en un ambiente interior acondicionado como el del banco de pruebas durante una hora de exposición del medio de cultivo, se observó que en el aire acondicionado por el equipo con filtro de plasma se redujo la presencia de mohos casi en su totalidad.

En la figura 6.6 se observó una reducción del 100 por ciento de U.F.C./m<sup>2</sup>.h de bacterias. De igual forma que para los mohos, en la literatura consultada no se encontraron estándares con los cuales se pudiera comparar el número máximo de unidades formadoras de colonias de bacterias por metro cuadrado, que debe obtenerse en un ambiente interior acondicionado como el del banco de pruebas durante una hora de exposición del medio de cultivo. Sin embargo los resultados obtenidos muestran una reducción total de las bacterias presentes en el aire.

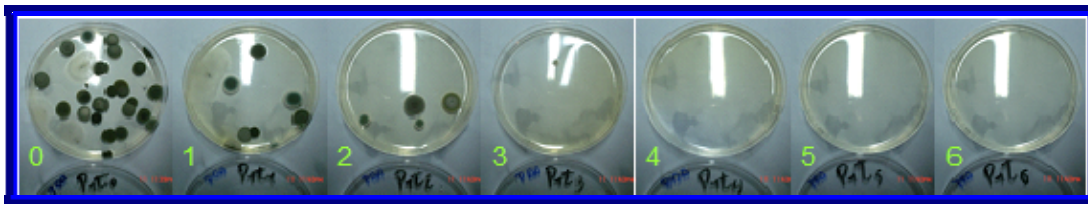


Figura 6.8.- Secuencia de las siete placas de Petri con mohos obtenidas en el muestreo de un punto de exposición en el banco de pruebas

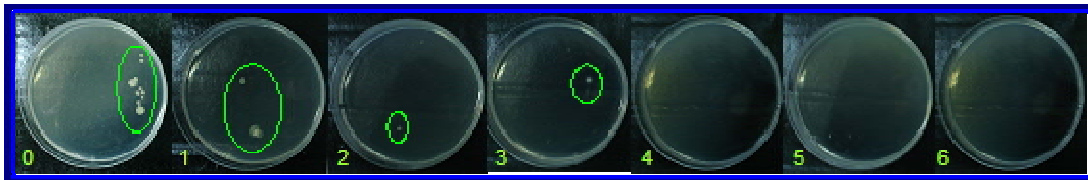


Figura 6.9.- Secuencia de las siete placas de Petri con bacterias obtenidas en el muestreo de un punto de exposición en el banco de pruebas

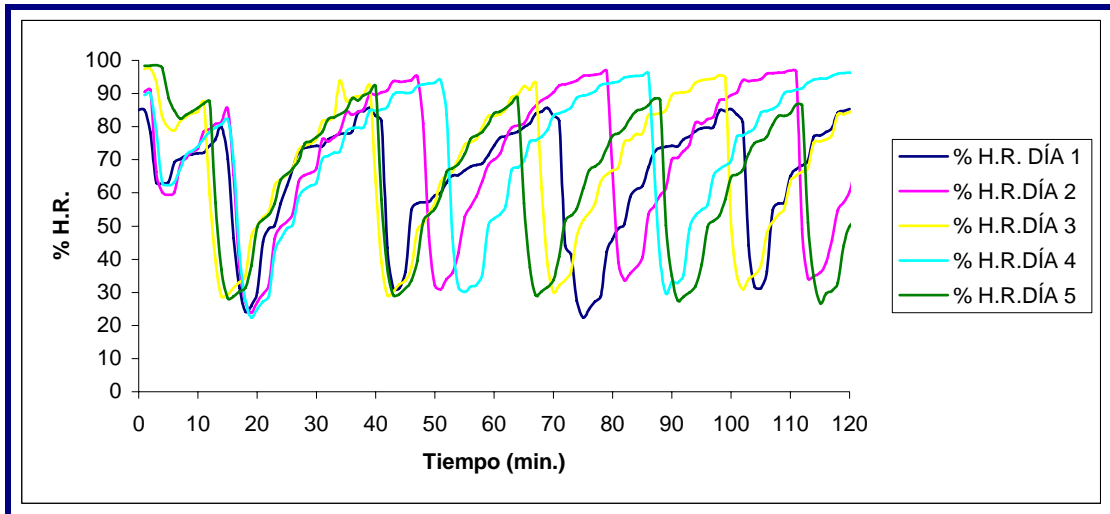
Se observó la presencia de *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp. y *Penicillium* sp. como los mohos predominantes en el aire estudiado, los cuales fueron identificados por el personal del Laboratorio de Micotoxicología, Instituto de Química y Tecnología, de la Facultad de Agronomía de la U.C.V.

### 6.2.2.- Resultados obtenidos en las mediciones del porcentaje de humedad relativa.

En los cinco días de muestreo durante los cuales se realizaron las mediciones del porcentaje de humedad relativa en el interior del banco de pruebas, así como la influencia del equipo en estudio con su función de deshumidificación activada sobre ese ambiente interno, se obtuvieron los valores reflejados en las tablas del anexo 3 y se construyeron



las gráficas de porcentaje de humedad relativa y temperatura que se presentan a continuación:

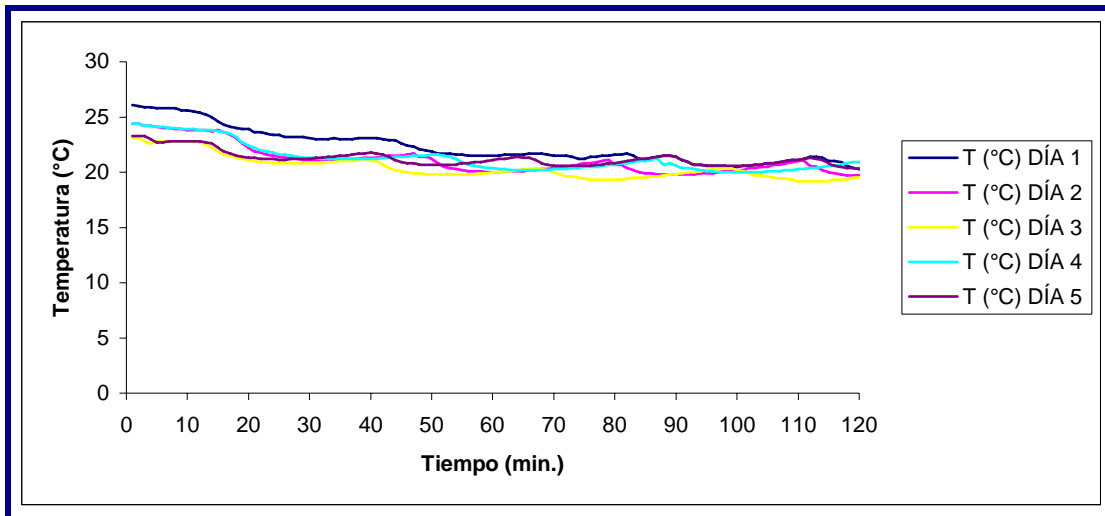


Fig

ura 6.10.- Porcentaje de humedad relativa en los cinco muestreos

En la figura 6.10 se observa una marcada tendencia en cada día de muestreo, que consistió en una rápida disminución del porcentaje de humedad relativa por acción del acondicionador de aire, el cual, una vez alcanzados valores relativamente bajos de humedad, permitió que esta aumentara de forma menos brusca pero todavía acelerada, hasta alcanzar valores similares a los iniciales y comenzar este ciclo nuevamente.

Es importante resaltar que este aumento del porcentaje de humedad relativa ocurrió de forma acelerada debido a la acción permanente del equipo humidificador colocado en el interior del banco de pruebas. Es posible que en ambientes menos húmedos y sin esta constante generación de humedad, el rango entre la humedad máxima y la mínima en cada prueba sea menor y el aumento de la misma se produzca de forma menos brusca.



Fig

Figura 6.11.- Temperatura en los cinco muestreos

En la figura 6.11 se observa que la temperatura presenta una tendencia similar en los cinco días de muestreo. Tal y como lo establece el fabricante, el acondicionador de aire con la función de deshumidificación activada, reguló automáticamente la temperatura para poder controlar la humedad del ambiente.

Es importante destacar que las diferencias tanto de los valores del porcentaje de humedad relativa como de los valores de temperatura medidos en las cinco pruebas, se pueden atribuir a las condiciones ambientales existentes en el laboratorio donde se ubicó el banco de pruebas, las cuales, en vista de que cada prueba se realizó en un día y un horario diferente, no eran las mismas.

En la literatura y normas consultadas, entre ellas la ASHRAE y las notas técnicas de prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de España, no existe un intervalo específico ideal de humedad relativa para ambientes interiores, aunque el más generalizado se fija entre el 20 y el 60 por ciento (preferiblemente del 30 al 50 por ciento). Niveles muy altos de humedad (mayores a 70 por ciento) favorecen el incremento del crecimiento de contaminantes microbiológicos, mientras que niveles inferiores al 30 por ciento ocasionan sequedad en las membranas mucosas. Los resultados obtenidos en las mediciones de humedad relativa presente en el interior del banco de prueba permiten comprobar que, aún con condiciones iniciales bastante desfavorables

(porcentajes elevados de humedad relativa) el equipo mantuvo los porcentajes de humedad relativa, la mayor parte del tiempo, dentro del rango recomendado.

### 6.2.3.- Resultados obtenidos en las mediciones de iones en el aire.

Utilizando los valores obtenidos y reflejados en las tablas del anexo 4, se construyó el gráfico que se presenta a continuación, en el cual se observa una tendencia a ionizar negativamente el ambiente con el equipo encendido sin la función del filtro de plasma activada, y a presentar aún más iones negativos por centímetro cúbico de aire con la función del filtro de plasma activada.

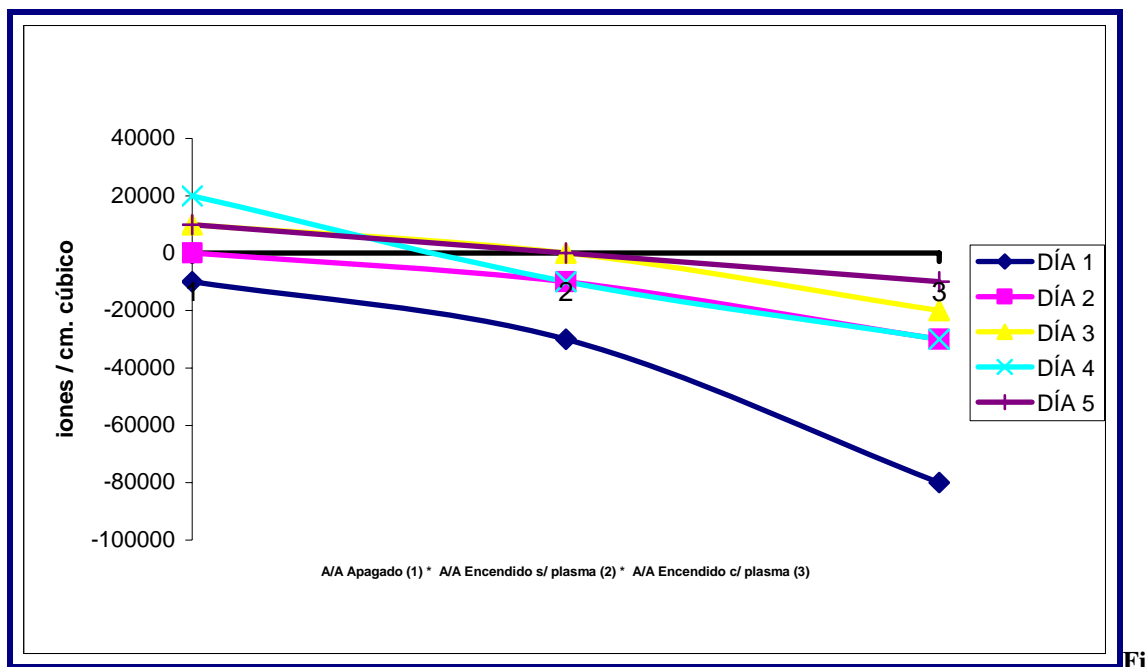


Figura 6.12.- Iones presentes en el aire

Algunos fabricantes de equipos ionizadores recomiendan que un ambiente interior, ya sea una vivienda o lugar de trabajo, debería tener una concentración mínima de mil iones negativos por centímetro cúbico de aire. Como se observó en los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el banco de pruebas, las concentraciones de iones negativos en el aire fueron mayores al mínimo recomendado para un ambiente

interior, lo cual indica que el aire acondicionado por el equipo aporta los beneficios que los iones negativos tienen sobre la salud y el cuerpo humano.

#### 6.2.4.- Resultados obtenidos en la medición de polvo total en el ambiente.

Los resultados obtenidos en la medición del polvo total en el ambiente se presentan en las tablas del anexo 5. Con dichos resultados se construyó el siguiente gráfico:

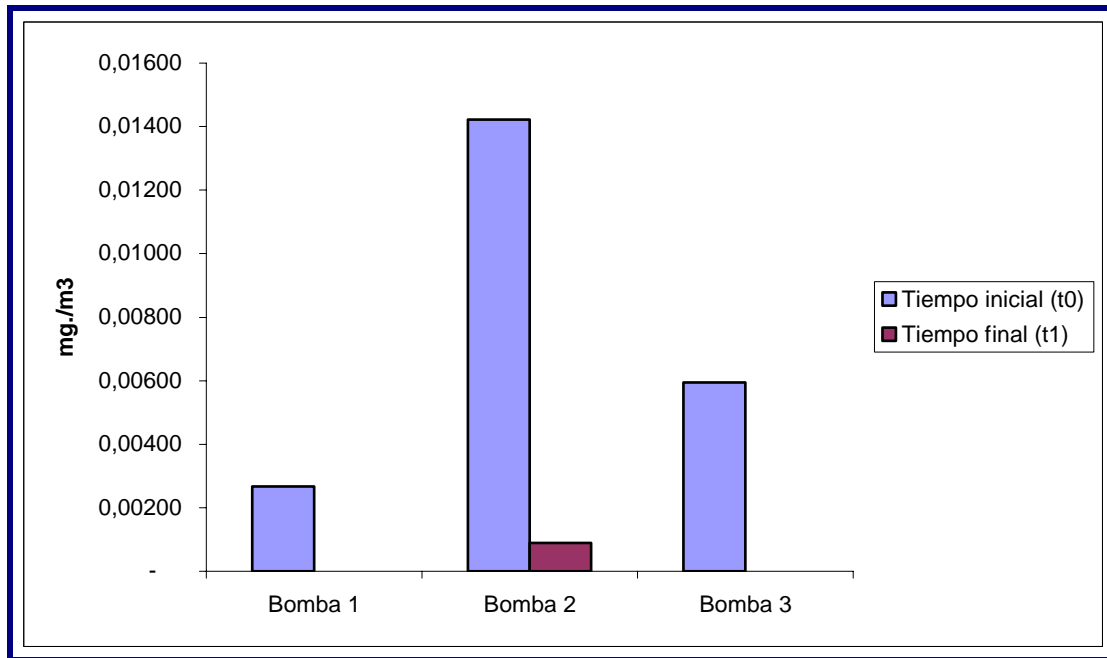


Figura 6.13.- Polvo total en el ambiente para el tiempo inicial y el tiempo final

Una vez realizada la prueba y pesados los filtros, se observó que la concentración del polvo total en el ambiente disminuyó entre la prueba inicial (antes del funcionamiento del acondicionador de aire) y la final (después de una hora de funcionamiento del acondicionador de aire con la función de filtro de plasma activada). De esta forma se pudo comprobar que el equipo contribuye a reducir la concentración de polvo total en el ambiente en el cual se encuentra instalado.

La Norma Covenin N° 2253 – 97 establece como límite máximo de exposición para polvos molestos, una concentración promedio ponderada de 10 mg. de polvo total/m<sup>3</sup> de aire durante 8 horas diarias de exposición de un trabajador. Esto equivale a 1,25 mg. de polvo total/m<sup>3</sup> de aire durante una hora de muestreo.

Los resultados obtenidos muestran concentraciones mucho menores a los valores máximos de exposición, lo cual era de esperarse para un ambiente como el analizado en el interior del banco de pruebas.

### 6.2.5.- Resultados obtenidos en la medición de los niveles de ruido.

Los niveles de ruido alcanzados por los equipos a los cuales se realizaron las mediciones se muestran en las tablas del anexo 6. Con dichos valores se construyó el siguiente gráfico comparativo, en donde:

- 1- Equipo de acondicionamiento de aire con filtro de plasma LG.
- 2- Equipo compacto de 12.000 BTU/h de capacidad.
- 3- Equipo compacto de 12.000 BTU/h de capacidad.
- 4- Equipo tipo dividido de 12.000 BTU/h de capacidad.
- 5- Equipo tipo dividido de 12.000 BTU/h de capacidad.

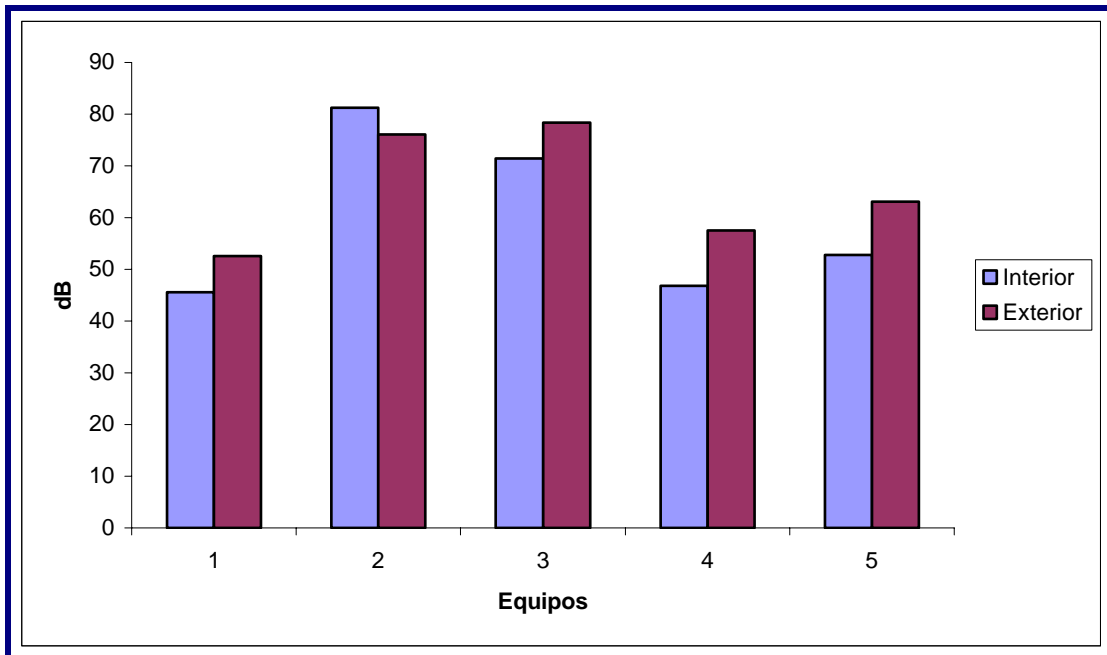


Figura 6.14.- Gráfico comparativo de los niveles de ruido alcanzados por cinco equipos acondicionadores de aire

Se observó que los equipos que alcanzaron los niveles máximos de ruido durante su funcionamiento fueron los de tipo compacto o de pared.

Por su parte el equipo acondicionador de aire de tipo dividido con filtro de plasma de la marca LG alcanzó niveles de ruido aceptables al compararlos con los valores límite recomendados para ambientes internos en las guías de la Organización Mundial de la Salud sobre niveles de ruido, e incluso dichos niveles estuvieron por debajo de los niveles de ruido especificados por el fabricante.

## CONCLUSIONES

- La identificación de los parámetros físicos y técnicos que rigieron el desarrollo del proyecto, permitió elaborar un diseño del banco de pruebas que cumpliera con la necesidad identificada inicialmente, abordando todas las fases de diseño conceptual.
- La construcción del banco de pruebas se llevó a cabo sin ningún inconveniente, ejecutando adecuadamente cada uno de los procesos de fabricación requeridos en el diseño en un tiempo de seis semanas. La utilización de las herramientas adecuadas fue fundamental para realizar un proceso de construcción exitoso.
- Con la asesoría de especialistas, se elaboró un protocolo de pruebas que permitiera el monitoreo y medición de los diferentes factores requeridos para el análisis de la calidad del aire acondicionado por el equipo con filtro de plasma. Este protocolo de pruebas permitió definir de forma adecuada la duración de las mismas y su número de repeticiones.
- La aplicación del protocolo de pruebas elaborado permitió analizar la influencia del equipo con filtro de plasma sobre la calidad del aire acondicionado por el mismo.
- El análisis de la calidad microbiológica del aire acondicionado por el equipo con filtro de plasma permitió observar una marcada reducción en la cantidad de mohos y bacterias presentes en el aire durante el transcurso de las pruebas, mostrando una clara tendencia de decrecimiento poblacional de los microorganismos presentes en el aire.



- El funcionamiento del acondicionador de aire durante las pruebas realizadas mostró una marcada tendencia a mantener la humedad relativa del ambiente en estudio dentro de un rango de valores aceptables para ambientes interiores.
- La medición de iones por centímetro cúbico de aire realizada permitió comprobar la ionización negativa del aire acondicionado por el equipo en estudio, generada por el filtro de plasma. Dicho aire ionizado negativamente es favorable para el ser humano.
- El equipo acondicionador de aire con filtro de plasma redujo la concentración del polvo total en el ambiente después de una hora de funcionamiento.
- Se evaluó la influencia del uso de filtros de plasma en la calidad del aire acondicionado por el equipo de estudio, obteniendo mejoras significativas en todas las pruebas realizadas. Se redujo notablemente la cantidad de mohos y bacterias presentes en el aire, se mantuvo el porcentaje de humedad relativa dentro de rangos aceptables, se ionizó negativamente el aire acondicionado por el equipo y se redujo la concentración de polvo total en el ambiente del interior del banco de pruebas.
- Los equipos acondicionadores de aire con filtro de plasma representan una buena alternativa para mejorar la calidad del aire en ambientes interiores, ya que reducen significativamente los factores de riesgo a los que puede estar expuesta una persona, que pueden producir enfermedades e incomodidad.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda incrementar el número de muestreos realizados durante el análisis de la calidad microbiológica del aire, para de esta forma verificar la confiabilidad de la prueba y del banco de pruebas mediante la función de densidad de población (muestreos grandes).
- El banco de pruebas construido permite generar diversas prácticas de laboratorio para la Cátedra de Termodinámica e incluso la Cátedra de Transferencia de Calor.
- En vista de la movilidad del banco de pruebas, se recomienda repetir las pruebas en otros ambientes diferentes al del Laboratorio de Termodinámica para analizar el funcionamiento del equipo de acondicionamiento de aire con filtro de plasma en los mismos.
- Existe la posibilidad de sustituir el equipo acondicionador de aire instalado en el banco de pruebas por un equipo sin filtro de plasma y repetir el estudio para de esta forma comparar el funcionamiento de los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso, H. (2003). *Mejoramiento integral del servicio de aire acondicionado en el área de quirófanos de un hospital*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas.

Avallone, E. y Baumeister III, T. (1995). *Marks manual del ingeniero mecánico*. Mc. Graw Hill, México.

Barajas, O. (2004). *El proceso de diseño en proyectos de ingeniería*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.oscarbarajas.com/design.html>. [Consulta: 2008, Enero, 28].

Beer, F. y Johnston, E. (1994). *Mecánica de materiales*. Mc Graw Hill, Colombia.

Carnicer, E. (1999). *Aire acondicionado*. Paraninfo, España.

Cengel, Y.A. (2002). *Termodinámica*. Mc. Graw Hill, México.

COVENIN 2252-98. Polvo. Determinación de la concentración en el ambiente de trabajo. Norma venezolana.

De la Rosa, M. et al. (2003). *Microbiología en ciencias de la salud: conceptos y aplicaciones*. Elsevier, España.

Deutschman, A. (1975). *Machine Design Theory and Practice*. Macmillan Publishing Co., Inc. New York - USA

Díaz, V. y Berreneche, R. (2005). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Nobuko, Argentina.

Enríquez, G. (2002). *Manual de instalaciones electromecánicas en casas y edificios*. Limusa, México.

Fernández, F. y Lugo, A. (1992). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para un laboratorio virológico de alta seguridad biológica*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas.

Fireman, P. (2006). *Atlas de alergia e inmunología clínica*. Elsevier, España.

Gamazo, C. *et al.* (2005). *Manual práctico de microbiología*. Elsevier, España.

Gana, S. y Villegas, R. (1995). *Diseño y construcción de un equipo de aire acondicionado para entrenamiento y simulación de fallas en la empresa Insmaca*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas.

García, N. *et al.* (2005). *Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingeniería de La Universidad del Zulia*. [Resumen en línea]. La Universidad del Zulia. Disponible: <http://www.serbi.luz.edu.ve> [Consulta: 2007, Noviembre, 20].

Gere, J. y Timoshenko, S. (1997). *Mecánica de materiales*. Thomson, Internacional.

Gómez, T. *et al.* (2002). *Elementos amovibles*. Paraninfo, España.

Gonzales, G. y Salas, P. (1990). *Actualización del diseño en el acondicionamiento ambiental de las salas quirúrgicas*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas.

González, J. (2004). *Técnicas y métodos de laboratorio clínico*. Elsevier, España.

Grech, P. (2001). *Introducción a la ingeniería*. Pearson, Colombia.

Hernández, E. y Hernández, E. (2002). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. Limusa, México.

Iglesias L., Silvia y Gonzales T., Mario. (2001). *Situación de la Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana y Callao*. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.cmm.uchile.cl/~umesam/info/activities\\_fir/pe\\_contamination\\_lima\\_callao.htm](http://www.cmm.uchile.cl/~umesam/info/activities_fir/pe_contamination_lima_callao.htm). [Consulta: 2007, Noviembre, 22].

Isoba, O. (2007). *Innovación y creatividad*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.gestiopolis.com> . [Consulta: 2008, Mayo, 15].

Jawetz, E. *et al.* (1971). *Manual de microbiología médica*. El manual moderno, México.

Jones, J.B. (1997). *Ingeniería Termodinámica*. Prentice Hall, México.

Kalpakjian S. y Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Prentice Hall, México.

Korc E., Marcelo. (2000). *Situación de los Programas de Gestión de Calidad del Aire Urbano en América Latina y el Caribe*. [Resumen en línea]. Disponible: <http://www.medioambiente.gov.ar> [Consulta: 2007, Noviembre, 21].

Krick, E. (1974). *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*. Limusa, México.

LG Electronics, División de Aire Acondicionado. (2007). *Sistema MPS*. Guía técnica. LG, Caracas.

Londoño M., Hernán y Rúa C., Nelson. (1997). *Ionización del aire y contaminación electromagnética: Causas, efectos y soluciones*. [Documento en línea]. Disponible: <http://monografias.com>. [Consulta: 2007, Noviembre, 20].

Martín, J. *et al.* (2000). *Técnicas de mecanizado*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.google.com/books>. [Consulta: 2008, Mayo, 16].

Méndez, F. (2006). *Higiene industrial: Manual para la formación del especialista*. Lex Nova, España.

Mermet, A. y Yarke, E. (2005). *Ventilación natural en edificios*. Nobuko, Argentina.

Milani, R. (1985). *Diseño para nuestra realidad*. Editorial de la Universidad Simón Bolívar, Caracas.

Miranda, F. (2000). *La gestión del proceso de diseño y desarrollo de productos*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.5campus.com/leccion/desapro> [Consulta: 2007, Diciembre, 1].

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson, México.

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.arikah.net> [Consulta: 2008, Mayo, 20].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.climatecnica.com> [Consulta: 2007, Marzo, 21].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: [www.coolpoint.nl](http://www.coolpoint.nl) [Consulta: 2008, Mayo, 15].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.drywall.com.ve> [Consulta: 2008, Marzo, 18].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.dsalud.com>. [Consulta: 2007, Noviembre, 20].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ecofreezeinternational.com> [Consulta: 2008, Junio, 16].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.goldpoint.com.ar>. [Consulta: 2007, Noviembre, 20].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.innovaforum.com> [Consulta: 2008, Mayo, 15].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://materiales.eia.edu.co>. [Consulta: 2008, Mayo, 25].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: [www.sciencemusings.com](http://www.sciencemusings.com) [Consulta: 2008, Mayo, 05].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.struers.com> [Consulta: 2008, Mayo, 16].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: [www.telmeds.org](http://www.telmeds.org) [Consulta: 2008, Mayo, 05].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.tyrolit.com.ar/> [Consulta: 2008, Mayo, 04].

Praglia, C. (1999). *Atlanti universali giunti: microbiologia*. Giunti, Italia.

Prescott, L. (1999). *Microbiología*. Mc Graw Hill, España.

Puente, P. *et al.* (2007). *Temario volumen II: Oposiciones técnico especialista de laboratorio*. Cep, España.

Riba R., C. (2002). *Diseño concurrente*. Upc, España.

Sandoval, D. y Armas, R. (2001). *Diseño de ambientes controlados y especificación de equipos para optimizar las condiciones de producción de fármacos estériles*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Santaromita, D. (2007). *Ingeniería de diseño*. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Shigley, J. y Mischke, C. (2002). *Diseño en ingeniería mecánica*. Mc. Graw Hill, México.

Tricomi, E. (1979). *Abc del aire acondicionado*. Marcombo, España.

Van Wylen, G. (1995). *Fundamentos de Termodinámica*. Limusa, México.

Whitman, W. y Jonson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. Paraninfo, España.

## ANEXOS

**Anexo 1: Banco de pruebas para el análisis de la calidad del aire acondicionado mediante un equipo con filtro de plasma.**





## Anexo 2: Tablas de resultados del monitoreo de mohos y bacterias.

### Resultados del monitoreo de mohos y bacterias para el día 1

DÍA 1	Equipo Apagado			Equipo Encendido											
Tiempo (Min.)	0	t0	20	t1	40	t2	60	t3	80	t4	100	t5	120	t6	140
MOHOS		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h	
		3,21E+03		1,55E+03		2,38E+02		4,76E+02		2,38E+02		3,57E+02		1,19E+02	
BACTERIAS		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h	
		2,98E+03		1,07E+03		4,76E+02		2,38E+02		1,19E+02		0,00E+00		0,00E+00	
% HUMEDAD	65,0		64,3		66,2		70,1		73,8		73,9		75,2		75,8
TEMPERATURA (°C)	23,9		24,5		20,5		19,0		18,3		18,0		18,0		18,0

### Resultados del monitoreo de mohos y bacterias para el día 2

DÍA 2	Equipo Apagado			Equipo Encendido											
Tiempo (Min.)	0	t0	20	t1	40	t2	60	t3	80	t4	100	t5	120	t6	140
MOHOS		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h	
		5,00E+03		2,62E+03		1,55E+03		8,33E+02		5,95E+02		3,57E+02		2,38E+02	
BACTERIAS		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h	
		1,19E+03		4,76E+02		1,19E+02		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00	
% HUMEDAD	73,3		71,7		84,2		86,3		86,9		87,3		86,9		86,8
TEMPERATURA (°C)	23,9		20,8		18,6		17,8		17,7		17,6		17,6		17,6

### Resultados del monitoreo de mohos y bacterias para el día 3

DÍA 3	Equipo Apagado			Equipo Encendido											
Tiempo (Min.)	0	t0	20	t1	40	t2	60	t3	80	t4	100	t5	120	t6	140
MOHOS		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h	
		3,57E+03		2,98E+03		1,31E+03		1,19E+03		3,57E+02		1,19E+02		1,19E+02	
BACTERIAS		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h	
		1,90E+03		1,43E+03		5,95E+02		2,38E+02		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00	
% HUMEDAD	69,2		68,5		71,1		80,1		80,0		66,6		76,1		75,0
TEMPERATURA (°C)	23,8		23,7		19,8		18,0		17,6		17,5		17,5		17,5

### Resultados del monitoreo de mohos y bacterias para el día 4

DÍA 4		Equipo Apagado			Equipo Encendido										
Tiempo (Min.)	0	t0	20	t1	40	t2	60	t3	80	t4	100	t5	120	t6	140
MOHOS		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h	
		1,17E+04		4,76E+03		1,55E+03		8,33E+02		3,57E+02		2,38E+02		2,38E+02	
BACTERIAS		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h	
		2,50E+03		8,33E+02		5,95E+02		1,19E+02		0,00E+00		1,19E+02		0,00E+00	
% HUMEDAD	60,9		65,9		68,4		76,8		78,8		79,5		79,3		76,1
TEMPERATURA (°C)	24,9		24,7		20,6		18,5		17,9		17,7		17,7		17,7

**Resultados del monitoreo de mohos y bacterias para el día 5**

DÍA 5		Equipo Apagado			Equipo Encendido										
Tiempo (Min.)	0	t0	20	t1	40	t2	60	t3	80	t4	100	t5	120	t6	140
MOHOS		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h		Prop./m2.h	
		6,07E+03		1,79E+03		1,43E+03		1,07E+03		4,76E+02		3,57E+02		1,19E+02	
BACTERIAS		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h		UFC/m2.h	
		1,07E+03		4,76E+02		1,19E+02		1,19E+02		1,19E+02		1,19E+02		0,00E+00	
% HUMEDAD	58,1		60,4		44,2		77,6		82,9		83,4		83,1		83,2
TEMPERATURA (°C)	25,7		25,6		21,4		19,1		18,3		18,1		18,0		17,9

**Anexo 3: Tablas de resultados de las mediciones del porcentaje de humedad relativa.**

**Resultados de las mediciones de humedad relativa para el día 1**

Hora de Inicio:	3:00 pm.		55	21,5	66,8
DIA 1	FECHA:	30-Abr	56	21,5	67,9
Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)	% Humedad Relativa	57	21,5	68,5
0	26,1	85	58	21,5	69
1	26	85,1	59	21,5	71,3
2	25,9	78,2	60	21,5	74,3
3	25,9	63,1	61	21,6	76,6
4	25,8	63	62	21,6	77,2
5	25,8	63,3	63	21,6	77,9
6	25,8	69,2	64	21,6	78,5
7	25,8	70,2	65	21,7	79,9
8	25,6	71,4	66	21,7	81
9	25,6	71,6	67	21,7	83,9
10	25,5	72	68	21,6	84,5
11	25,4	72,2	69	21,5	85,6
12	25,2	74,2	70	21,5	83,2
13	25	76,1	71	21,5	81,8
14	24,6	80,1	72	21,4	44,1
15	24,3	70,2	73	21,2	41,5
16	24,1	46,3	74	21,2	27,3
17	24	31,4	75	21,4	22,4
18	23,9	24,2	76	21,4	25
19	23,9	26	77	21,5	27,2
20	23,6	29,9	78	21,5	28,8
21	23,6	45,3	79	21,6	42,2
22	23,5	49,2	80	21,6	46,1
23	23,4	50,3	81	21,7	49,3
24	23,4	56,9	82	21,5	50,6
25	23,2	62,1	83	21,2	58,8
26	23,2	67,6	84	21,2	61
27	23,2	72,3	85	21,3	62,1
28	23,2	73,6	86	21,4	67,6
29	23,1	73,9	87	21,5	72,3
30	23	74,3	88	21,5	73,6
31	23	74,1	89	21,4	73,9
32	23	76,2	90	21,1	74,3
33	23,1	76,9	91	20,9	74,1
34	23	77,8	92	20,7	76,2
35	23	78	93	20,7	76,9
36	23	78,6	94	20,6	78,6
37	23,1	84,2	95	20,6	79,5
38	23,1	84,7	96	20,6	79,7
39	23,1	85,6	97	20,6	79,9
40	23,1	83,2	98	20,5	84,9
41	23	81,8	99	20,5	84,7
42	22,9	43,5	100	20,6	85,3
43	22,9	31	101	20,6	83,6
44	22,6	31,3	102	20,7	81,3
45	22,4	36,2	103	20,7	44,2
46	22,3	54,9	104	20,8	31,8
47	22,1	56,8	105	20,8	31,3
48	22	57,1	106	20,9	36,2
49	21,9	57,3	107	21	54,9
50	21,7	59,2	108	21,1	56,8
51	21,7	60	109	21,1	57,1
52	21,7	63,2	110	21,2	65
53	21,6	65,2	111	21,4	67,1
54	21,6	65,3	112	21,4	68,3
			113	21,3	69,7
			114	21	76,9
			115	21	77,3
			116	20,9	78,5
			117	20,6	79,6
			118	20,4	84,2
			119	20,3	84,7
			120	20,3	85,3

**Resultados de las mediciones de humedad relativa para el día 2**

Hora de Inicio:	10:12 am.		
DIA 2	FECHA:	07-May	
Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)	% Humedad Relativa	
0	24,4	90,5	55
1	24,4	91,2	56
2	24,2	66,3	57
3	24,2	60,2	58
4	24,1	59,5	59
5	24	60,3	60
6	24	68,5	61
7	23,9	70,6	62
8	23,9	72,4	63
9	23,8	73,5	64
10	23,8	78,6	65
11	23,8	79,3	66
12	23,8	80,8	67
13	23,7	81,3	68
14	23,8	85,3	69
15	23,6	65,3	70
16	23,4	37,5	71
17	23,1	27	72
18	22,6	23,9	73
19	22,2	27,1	74
20	21,9	29,4	75
21	21,8	32,3	76
22	21,6	46,2	77
23	21,5	49,8	78
24	21,4	51,3	79
25	21,3	53,9	80
26	21,3	63,5	81
27	21,2	65,3	82
28	21,1	66	83
29	21,1	67,5	84
30	21,1	76,1	85
31	21,1	75,6	86
32	21,1	76,8	87
33	21,1	78,4	88
34	21,2	84,3	89
35	21,2	83,5	90
36	21,2	84,6	91
37	21,2	85,4	92
38	21,3	89,7	93
39	21,3	89,5	94
40	21,3	90,3	95
41	21,4	91	96
42	21,5	93,7	97
43	21,5	93,5	98
44	21,5	93,7	99
45	21,6	94	100
46	21,7	95,2	101
47	21,4	81	102
48	21,4	46,8	103
49	21,2	32,1	104
50	20,8	30,9	105
51	20,5	33,9	106
52	20,4	35,9	107
53	20,3	41,9	108
54	20,2	52,8	109
			110
			111
			112
			113
			114
			115
			116
			117
			118
			119
			120

**Resultados de las mediciones de humedad relativa para el día 3**

Hora de Inicio:	01:13		55	19,8	75,3
DIA 3	FECHA:	08-May	56	19,8	76,4
Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)	% Humedad Relativa	57	19,9	79,8
0	23,1	97,4	58	19,9	83,2
1	23,1	97,5	59	20	83,3
2	22,8	93,6	60	20	83,7
3	22,6	83	61	20,1	85,4
4	22,8	79,7	62	20,1	88,9
5	22,8	78,9	63	20,2	89,6
6	22,8	81,6	64	20,3	92,2
7	22,8	83	65	20,3	91,1
8	22,8	84	66	20,4	93,2
9	22,8	84,5	67	20,3	61,3
10	22,8	87,4	68	20,2	38,5
11	22,7	59,6	69	20	30,1
12	22,5	39,6	70	19,8	32
13	22,2	28,9	71	19,6	33,6
14	21,9	29,5	72	19,6	36,2
15	21,6	31,4	73	19,5	46,8
16	21,5	33	74	19,4	51,7
17	21,3	34,9	75	19,3	53,9
18	21,2	46,9	76	19,3	56,9
19	21,1	49,9	77	19,3	63,4
20	21	52,6	78	19,3	65,6
21	20,9	54,5	79	19,3	66,9
22	20,9	62,1	80	19,3	67,8
23	20,8	64,1	81	19,4	75,4
24	20,8	65,5	82	19,5	76
25	20,8	67,7	83	19,5	77,7
26	20,8	73,1	84	19,5	78
27	20,8	74,2	85	19,6	83,6
28	20,8	74,9	86	19,6	83,8
29	20,8	76,3	87	19,7	84,1
30	20,8	81,6	88	19,8	85,1
31	20,8	82	89	19,8	89,5
32	20,9	82,9	90	19,9	90,1
33	20,9	93,9	91	20	90,4
34	21	87,8	92	20	90,8
35	21	88,7	93	20,1	93,2
36	21	89,2	94	20,2	94,1
37	21,1	89,7	95	20,3	94,3
38	21,2	92,4	96	20,3	94,5
39	21	63,4	97	20,4	95,5
40	21	39,2	98	20,4	94,9
41	20,7	29,2	99	20,2	50,4
42	20,4	30,2	100	20,1	34,9
43	20,2	32,3	101	19,9	30,9
44	20,1	33,6	102	19,7	34
45	20	37,5	103	19,7	35,2
46	19,9	48,8	104	19,6	38
47	19,9	50,8	105	19,5	48
48	19,8	53,8	106	19,4	51,2
49	19,8	57	107	19,4	53,5
50	19,8	63,5	108	19,3	55,4
51	19,8	65,1	109	19,2	63,4
52	19,8	66,5	110	19,2	65,2
53	19,8	70,4	111	19,2	66,3
54	19,8	74,6	112	19,2	67,7
			113	19,2	75,2
			114	19,2	75,6
			115	19,3	76,2
			116	19,3	77,4
			117	19,3	83,8
			118	19,5	83,8
			119	19,5	84,3
			120	19,6	85,2

**Resultados de las mediciones de humedad relativa para el día 4**

Hora de Inicio:	11:52 a.m.	
DIA 4	FECHA: 12-May	
Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)	% Humedad Relativa
0	24,4	89,5
1	24,4	90
2	24,2	78,8
3	24,2	62,9
4	24,1	62,3
5	24,1	63,3
6	24	67,3
7	24	71,5
8	23,9	72,7
9	23,9	74
10	23,9	76,4
11	23,8	78,5
12	23,8	79,7
13	23,8	80,6
14	23,7	82,2
15	23,6	69,5
16	23,5	41,5
17	23,2	27,3
18	22,7	22,4
19	22,4	25
20	22,2	27,2
21	22	28,8
22	21,9	42,2
23	21,8	46,1
24	21,6	49,3
25	21,6	50,6
26	21,5	58,8
27	21,4	61
28	21,3	62,2
29	21,3	63,1
30	21,3	70,2
31	21,2	71,2
32	21,2	72,1
33	21,2	72,5
34	21,2	78,6
35	21,2	79,5
36	21,2	79,7
37	21,2	79,9
38	21,2	84,9
39	21,2	84,7
40	21,2	85,2
41	21,3	86
42	21,3	89,7
43	21,4	90,3
44	21,4	90,2
45	21,4	90,4
46	21,5	92,1
47	21,5	92,8
48	21,5	93,1
49	21,6	93,2
50	21,6	94
51	21,5	83,5
52	21,4	46,6
53	21,2	31,5
54	20,9	30,1
55	20,7	31,7
56	20,6	32,2
57	20,5	35,6
58	20,4	50,1
59	20,4	52,4
60	20,3	53,5
61	20,3	56,4
62	20,2	67
63	20,2	67,6
64	20,2	69,7
65	20,2	75,5
66	20,2	75,8
67	20,2	77
68	20,2	79
69	20,3	83,3
70	20,3	84
71	20,3	84,7
72	20,4	85,8
73	20,4	88,8
74	20,5	89,3
75	20,5	89,9
76	20,5	90,6
77	20,6	92,6
78	20,7	92,9
79	20,7	93,2
80	20,8	93,5
81	20,8	94,9
82	20,9	95,1
83	21	95,3
84	21	95,5
85	21,1	96,2
86	21,2	67,2
87	20,7	39,8
88	20,8	29,6
89	20,6	33,1
90	20,4	32,9
91	20,4	35,2
92	20,3	49,1
93	20,2	53,2
94	20,1	54,9
95	20,1	56,5
96	20	65
97	20	67,1
98	20	68,3
99	20	69,7
100	20	76,9
101	20	77,3
102	20	78,5
103	20	79,6
104	20,1	84,2
105	20,1	84,7
106	20,1	85,3
107	20,2	86,6
108	20,2	90,1
109	20,3	90,6
110	20,3	91,2
111	20,4	91,6
112	20,4	93,3
113	20,5	94,2
114	20,6	94,5
115	20,6	94,6
116	20,7	95,3
117	20,8	96
118	20,9	96,1
119	20,9	96,3
120	21	96,1

**Resultados de las mediciones de humedad relativa para el día 5**

Hora de Inicio:	14:30				
DÍA 5	FECHA:	13-May			
Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)	% Humedad Relativa			
0	23,3	98,4	55	20,8	76,4
1	23,3	98,4	56	20,9	77,3
2	23,3	98,5	57	20,9	78,5
3	23	97,7	58	21	80,8
4	22,7	88,6	59	21,1	84
5	22,7	84,9	60	21,2	84,5
6	22,8	82,5	61	21,2	85,6
7	22,8	83,6	62	21,3	87,1
8	22,8	84,5	63	21,4	88,7
9	22,8	85,6	64	21,3	56,9
10	22,8	86,9	65	21,3	37,6
11	22,8	87,6	66	21,1	29,1
12	22,7	57	67	20,8	30,3
13	22,6	36,9	68	20,7	31,5
14	22,2	28,1	69	20,6	33,6
15	21,9	28,8	70	20,6	40,8
16	21,7	30,3	71	20,6	51,6
17	21,5	31,4	72	20,6	53,2
18	21,4	38	73	20,6	55,3
19	21,3	49,6	74	20,6	61,4
20	21,3	52	75	20,6	66,9
21	21,2	53,5	76	20,7	68
22	21,2	56,8	77	20,7	69,6
23	21,2	64	78	20,8	73,5
24	21,1	65,7	79	20,8	77,3
25	21,1	67,4	80	20,9	78
26	21,2	69,8	81	21	79,6
27	21,2	74,8	82	21,1	82,4
28	21,2	75,5	83	21,2	84,7
29	21,2	76,8	84	21,2	85,3
30	21,3	78,5	85	21,3	86,4
31	21,3	82,3	86	21,4	88,4
32	21,4	82,7	87	21,5	88,1
33	21,4	83,8	88	21,5	50,2
34	21,5	85	89	21,4	34,9
35	21,5	88,6	90	21,1	27,5
36	21,6	88	91	20,9	28,6
37	21,7	89,5	92	20,7	30
38	21,7	90,3	93	20,7	31,7
39	21,8	92,3	94	20,6	38,5
40	21,7	58	95	20,6	49,7
41	21,6	37	96	20,6	51,5
42	21,4	29,1	97	20,6	53,2
43	21,1	29,5	98	20,6	58
44	20,9	31,3	99	20,6	64,8
45	20,8	33,5	100	20,6	65,5
46	20,8	39,5	101	20,6	67
47	20,7	51,4	102	20,7	71,9
48	20,7	53,4	103	20,7	75,1
49	20,7	55,3	104	20,8	75,8
50	20,7	59,2	105	20,8	77
51	20,7	66,4	106	20,9	80,6
52	20,7	67,5	107	21	83,2
53	20,7	68,8	108	21,1	83,3
54	20,8	71,9	109	21,1	84,1
			110	21,2	86,6
			111	21,3	86,4
			112	21,2	51
			113	21,1	34,5
			114	20,8	26,7
			115	20,6	29,7
			116	20,5	30,4
			117	20,4	32,8
			118	20,4	44,2
			119	20,3	49,9
			120	20,3	51,6

#### Anexo 4: Tablas de resultados de las mediciones de iones en el aire.

##### Resultados de las mediciones de iones en el aire para el día 1

<b>DIA N°:</b>	1	<b>FECHA:</b>	05 de Mayo
	<b>Equipo Apagado</b>	<b>Equipo encendido sin función PLASMA</b>	<b>Equipo encendido con función PLASMA</b>
<b>iones / cm3</b>	-10000	-30000	-80000

##### Resultados de las mediciones de iones en el aire para el día 1

<b>DIA N°:</b>	2	<b>FECHA:</b>	06 de Mayo
	<b>Equipo Apagado</b>	<b>Equipo encendido sin función PLASMA</b>	<b>Equipo encendido con función PLASMA</b>
<b>iones / cm3</b>	0	-10000	-30000

##### Resultados de las mediciones de iones en el aire para el día 1

<b>DIA N°:</b>	3	<b>FECHA:</b>	07 de Mayo
	<b>Equipo Apagado</b>	<b>Equipo encendido sin función PLASMA</b>	<b>Equipo encendido con función PLASMA</b>
<b>iones / cm3</b>	10000	0	-20000

##### Resultados de las mediciones de iones en el aire para el día 1

<b>DIA N°:</b>	4	<b>FECHA:</b>	08 de Mayo
	<b>Equipo Apagado</b>	<b>Equipo encendido sin función PLASMA</b>	<b>Equipo encendido con función PLASMA</b>
<b>iones / cm3</b>	20000	-10000	-30000

##### Resultados de las mediciones de iones en el aire para el día 1

<b>DIA N°:</b>	5	<b>FECHA:</b>	09 de Mayo
	<b>Equipo Apagado</b>	<b>Equipo encendido sin función PLASMA</b>	<b>Equipo encendido con función PLASMA</b>
<b>iones / cm3</b>	10000	0	-10000



## Anexo 5: Tablas de resultados de medición de polvo total en el ambiente.

### Peso de los filtros antes de las pruebas

Peso inicial de los filtros antes de las pruebas (mg)			
	P1	P2	P3
Tiempo 0	13,43	14,79	13,16
Tiempo 1	13,59	13,27	13,36
Testigo	14,53		

### Peso de los filtros después de las pruebas

Peso final de los filtros después de las pruebas (mg)			
	P1	P2	P3
Tiempo 0	13,46	14,95	13,23
Tiempo 1	13,59	13,28	13,36
Testigo	14,53		

### Peso del polvo atrapado en los filtros

Peso del polvo atrapado en los filtros (mg)			
	P1	P2	P3
Tiempo 0	0,03	0,16	0,07
Tiempo 1	-	0,01	-

### Volumen de aire analizado

	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3
Volumen de aire analizado en t0 (l)	112,20	112,50	117,90
Volumen de aire analizado en t1 (l)	113,40	112,50	117,30

### Concentraciones de polvo en el ambiente

Conc. de polvo en el ambiente (t0) (mg./m3)	0,00267	0,01422	0,00594
Conc. de polvo en el ambiente (t1) (mg./m3)	-	0,00089	-

## Anexo 6: Tablas de resultados de las mediciones de niveles de ruido.

### Niveles de ruido del equipo con filtro de plasma

EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON FILTRO DE PLASMA			
	Equipo Apagado	Equipo Encendido	Incremento de sonido (dB)
Nivel de Sonido UNIDAD INTERIOR (dB)	42,2	45,6	3,4
Nivel de Sonido UNIDAD EXTERIOR (dB)	49,2	52,6	3,4

### Niveles de ruido de un equipo de pared de 12.000 BTU/h

EQUIPO: de pared 12,000 BTU/h			
	Equipo Apagado	Equipo Encendido	Incremento de sonido (dB)
Nivel de Sonido INTERIOR (dB)	53,2	81,2	28
Nivel de Sonido EXTERIOR (dB)	56	76,1	20,1

### Niveles de ruido de un equipo de pared de 12.000 BTU/h

EQUIPO: de pared de 12,000 BTU/h 2			
	Equipo Apagado	Equipo Encendido	Incremento de sonido (dB)
Nivel de Sonido INTERIOR (dB)	57,1	71,4	14,3
Nivel de Sonido EXTERIOR (dB)	65,7	78,4	12,7

### Niveles de ruido de un tipo partido de 12.000 BTU/h

EQUIPO: tipo partido de 12.000 BTU/h			
	Equipo Apagado	Equipo Encendido	Incremento de sonido (dB)
Nivel de Sonido INTERIOR (dB)	38	46,8	8,8
Nivel de Sonido EXTERIOR (dB)	39,9	57,5	17,6

### Niveles de ruido de un equipo tipo partido de 12.000 BTU/h

EQUIPO: tipo partido de 12.000 BTU/h			
	Equipo Apagado	Equipo Encendido	Incremento de sonido (dB)
Nivel de Sonido INTERIOR (dB)	42,2	52,8	10,6
Nivel de Sonido EXTERIOR (dB)	45,6	63,1	17,5

**Anexo 7: Manual de usuario.**



***BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD  
DEL AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE UN EQUIPO  
CON FILTRO DE PLASMA***

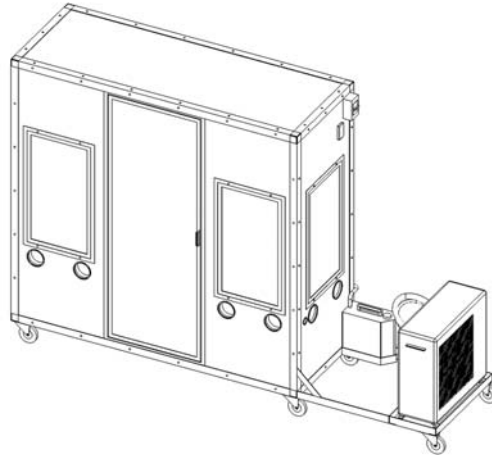
# **MANUAL DEL USUARIO**

## PRECAUCIONES DE SEGURIDAD



- El vidrio de las ventanillas y puerta del banco de pruebas es sumamente frágil. Procure no golpearlo y manipular con precaución la puerta.
- No destape la cubierta del interruptor principal con la toma de corriente conectada.
- Lea con atención las indicaciones del manual de usuario del equipo de acondicionamiento de aire antes de utilizar el banco de pruebas.
- No permanezca en el interior del banco de pruebas cerrado por períodos mayores a treinta (30) minutos, ya que es posible que se reduzca el contenido de oxígeno y se produzca dificultad para respirar.
- No exceda los 100 kg. en el interior del banco de pruebas.

## INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN



- Verifique que el enchufe del banco de pruebas está conectado a la toma de corriente.
- Coloque el interruptor principal en la posición de encendido.
- Espere el tiempo necesario hasta que la luz verde del protector de corriente se encienda.
- Verifique que no hay objetos obstruyendo el flujo de aire de la unidad exterior.
- Encienda el acondicionador de aire y proceda a hacer las mediciones en el banco de pruebas.
- Para una mejor utilización del acondicionador de aire, asegúrese de leer el manual proporcionado por el fabricante y mostrado al final de este instructivo.

## MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS



### **Paredes y techo:**

- La paredes y el techo del banco de pruebas están fabricadas de un material que no es resistente al agua. Asegúrese de secar cualquier resto de humedad de las superficies luego de finalizadas las pruebas.
- Si llega a ser necesario reparar un golpe sufrido por alguna de las paredes, utilice masilla de yeso, lije y aplique esmalte brillante para proteger nuevamente la superficie.

### **Alfombra del piso:**

- aspire con regularidad la alfombra del piso para evitar el exceso de polvo en el interior del banco de pruebas.
- Evite el contacto de líquidos con la alfombra del piso. Si llega a ser necesaria su limpieza, utilice un trapo húmedo para retirar el sucio y posteriormente, con un trapo seco, elimine los excesos de humedad remanentes en la alfombra.

### **Ruedas giratorias:**

- Si observa dificultad en el movimiento de las ruedas del banco de pruebas, aplique un poco de aceite en el eje y grasa a los rodamientos en la base.