



Universidad  
Industrial de  
Santander

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CABINA DE FLUJO  
LAMINAR VERTICAL PARA LA EMPRESA UNIDOSSIS S.A.S.**

**DIEGO ALEJANDRO SANABRIA PEÑA**

**OSCAR JAVIER HOYOS ABAUNZA**

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

**2016**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CABINA DE FLUJO  
LAMINAR VERTICAL PARA LA EMPRESA UNIDOSSIS S.A.S.**

**DIEGO ALEJANDRO SANABRIA PEÑA**

**OSCAR JAVIER HOYOS ABAUNZA**

**Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Director**

**OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA**

**Ingeniero Mecánico**

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

**2016**

## DEDICATORIA

*A DIOS por darme todo lo que soy, por ser el camino y guía, por permitirme conocer y entender lo hermoso detrás de los números a EL ante todo muchas gracias.*

*A mis padres, a mi madre por creer en mí aun en los momentos en los que mi convicción flaqueaba, a ella por ser fuente de sabiduría, por ser ejemplo, por ser mi madre, pero también mi mejor amiga, a mi padre por ser el primer maestro en mi vida, por sus regaños que me han forjado y por orientarme siempre a ser el mejor cada día.*

*A mi hermano tuticas, sin el este proyecto no hubiese podido hoy ser una realidad y a alexandra por unirse en esta aventura.*

*A dianita que con su devoción y amistad intervino para que el todo poderoso siempre estuviera a mi lado.*

*A alejo por ser confidente y amigo por estar ahí en las buenas y en las malas sin importar la circunstancia y sin pedir nada a cambio.*

*A lisette por acompañarme en eternas soledades, por su ayuda, por su amor y cariño. Por hacer de mí una mejor persona cada día.*

*A salome.*

*A mis profesores, pero más que a ellos a los que a su vez fueron maestros, a los que pasaron de un libro a compartir un sentir y respeto por la ciencia.*

*A todos ustedes muchas gracias, que sea de ustedes este un triunfo más, sin ustedes nada de lo que hoy soy sería posible.*

Oscar

*A DIOS primeramente, por darme la sabiduría necesaria para estudiar en esta prestigiosa universidad.*

*A mi abuela, por ser mi apoyo espiritual en los momentos de debilidad y no dejarme flaquear, ni desistir de mis metas a lograr.*

*A mi madre, motor de mi vida, gracias por apoyarme en cada uno de mis pasos, por amarme, por creer en mí, por ser incondicional y estar presente ayudándome hombro a hombro, a lograr cada una de mis metas.*

*A mi padre, un ejemplo a seguir, hombre incondicional en mi formación, gracias por ser mi amigo, compañero y apoyo, por amarme y ser una guía de rectitud a lo largo de mi vida.*

*A mi hermana, amiga y compañera permanente a lo largo de mi formación, gracias por ser incondicional, amorosa, persistente y por acompañarme en momentos de soledad.*

*A todos los que por alguna razón han ayudado en mi formación, de alguna u otra forma,*

*gracias*

*DIEGO.*

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	19
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	19
1.2 OBJETIVO GENERAL	20
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	22
2.1 DEFINICION DE CABINA DE FLUJO LAMINAR	22
2.2 CLASES DE CABINA DE FLUJO LAMINAR	23
2.2.1 Cabinas de seguridad biológica clase I	24
2.2.2 Cabina de seguridad biológica clase II	26
2.2.3 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo A	27
2.2.4 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B	29
2.2.5 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B1	30
2.2.6 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B2	31
2.2.7 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B3	32
2.2.8 Cabinas de seguridad biológica clase III	33
3. ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS	35
3.1 DIMENSIONES	35
3.2 ASEPCIA	36
3.3 FILTRACION	36
3.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN	38
3.4 VELOCIDAD	38
3.5 PRESIÓN	39
3.6 SISTEMA DE SENSADO	39
3.7 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	39
3.8 SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE AIRE	39
4. DISEÑO CONCEPTUAL	41
4.1 ESQUEMA CONCEPTUAL	41
4.2 SISTEMA DE VENTILACION	42
4.2.1 Motor eléctrico	42
4.2.2 Ventilador Helico-Centrifugo	44
4.3 SISTEMA DE FILTRADO	46
4.3.1 Características del filtrado	46
4.3.2 Etapas de filtrado	48
4.3.3 Componentes de un filtro	50

4.4 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD	51
4.4.1 Variación de velocidad mediante Triac	51
4.4.2 Circuito a utilizar	53
4.5 SISTEMA DE SENSADO	53
4.5.1 Controlador - Arduino DUE Atmel SAM3X8E	54
4.5.2 Pantalla LCD - 20x4 I2C	55
4.5.3 Temperatura y humedad - Sensor DTH 22	55
4.5.4 Velocidad de aire - Sensor D6F – V03A1	56
4.5.5 Densidad de partículas – GP2Y1010AU0F	58
4.5.6 Sensor de radiación ultravioleta - UV GY-ML8511	59
4.6 RADIACION ULTRAVIOLETA	60
4.6.1 Propiedades de la radiación ultravioleta	61
4.6.2 Energía requerida para destruir algunos microorganismos	63
4.6.3 Componentes del sistema radiación ultravioleta	64
5. ANALISIS DEL DISEÑO	65
5.1 SISTEMA DE VENTILACIÓN	65
5.1.1 Parámetros mecánicos para la selección del ventilador	66
5.1.2 Cálculo de caudal	66
5.1.3 Cálculos caída de presión	67
5.1.4 Perdidas en el Pre-filtro	68
5.1.5 Perdidas entrada al ventilador	68
5.1.6 Perdidas ducto de transición	69
5.1.7 Pérdidas filtro HEPA	71
5.1.8 Presión moto-ventilador	72
5.1.9 Moto-ventilador seleccionado	73
5.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELECTRICO	75
5.3 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD	76
5.4 SISTEMA DE RADIACION ULTRAVIOLETA	77
6. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE LAS CABINAS DE FLUJO LAMINAR	78
6.1 DESCRIPCION DE LA NORMA	78
6.2 REFERENCIAS NORMATIVAS	78
6.3 MATERIALES	79
6.3.1 Generalidades	79
6.3.2 Superficies interiores	79
6.3.3 Superficies interiores expuestas	79
6.3.4 Ventanas	80
6.3.5 Soldaduras	80
6.3.6 Juntas y sellantes	80
6.3.7 Revestimientos protectores	80
6.4 GENERALIDADES DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCION	81
6.4.1 Generalidades	81
6.4.2 Ergonomía en la limpieza	81

6.4.3 Esquinas y ángulos internos	81
6.4.4 Esquinas Y ángulos externos	82
6.5 TAMAÑO DE LA CABINA	82
6.6 FILTROS	83
6.7 COMPONENTES ELECTRICOS	84
6.7.1 Motor	84
6.7.2 Cableados eléctrico	84
6.8 ILUMINACIÓN	85
6.8.1 Trabajo	85
6.8.2 Iluminación ultravioleta	85
6.9 METOS DE FIJACION	85
6.9.1 Anclajes al descuberto	85
6.9.2 Cierres exteriores	85
6.9.3 Cierres interiores	86
6.10 RENDIMIENTOS DE LA CABINA	86
6.10.1 Generalidades	86
6.10.2 Fugas en el filtro de alta eficiencia	86
6.10.3 Niveles de ruido	86
6.10.4 Nivel de la intensidad de la luz	86
6.10.5 Vibración	87
6.10.6 Estabilidad	87
7. SIMULACION	88
7.1 SIMULACIÓN DE FLUJO EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN	88
7.1.1 Diseño CAD	88
7.1.2 Parámetros de la simulación	89
7.1.3 Resultados de la simulación	89
7.1.4 Cálculos para comprobar laminaridad	91
7.2 RESULTADOS	92
7.2.1 Resultados de los parámetros mecánicos	92
7.2.2 Pruebas realizadas	93
7.2.3 Cálculos para comprobar laminaridad	94
7.2.4 Resultados de los parámetros físicos	94
8. CONCLUSIONES	96
9. RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	100

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cabina de seguridad biológica clase I	24
Figura 2. Cabina de seguridad biológica clase II	26
Figura 3. Conexión de ducto de bioseguridad/ ducto de extracción	28
Figura 4. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B1	30
Figura 5. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B2	33
Figura 6. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B3	33
Figura 7. Esquema de trabajo de la cabina de flujo Laminar	40
Figura 8. Diseño conceptual de la cabina de flujo laminar	41
Figura 9. Motor eléctrico	43
Figura 10. Ventilador Helico-Centriufgo	45
Figura 11. Curvas características ventiladores	45
Figura 12. Disposición de fibras	47
Figura 13. Intercepción de partículas	47
Figura 14. Impacto de partículas	48
Figura 15. Difusión de partículas	48
Figura 16. Proceso de filtrado	49
Figura 17. Filtro HEPA (Hight Efficiency Particle Arresting)	50
Figura 18. Control de velocidad por relación de voltaje de línea	51
Figura 19. Circuito Triac	52
Figura 20. Circuito Triac utilizado	53
Figura 21. Caracterización del sistema de sensado	54
Figura 22. Pantalla LCD - 20x4 I2C	55
Figura 23. Sensor de temperatura DTH 2	56
Figura 24. Principio de funcionamiento de los sensores	58
Figura 25. Sensor GP2Y1010AU0F	59
Figura 26. Sensor UV GY-ML8511	60
Figura 27. Componentes del Sistema de radiación ultravioleta	64
Figura 28. Caídas de presión en el sistema de ventilación	65
Figura 29. Esquema de caída de presiones en el sistema de ventilación	67
Figura 30. Perdidas en conductos rectos en la entrada de aire	69
Figura 31. Ducto de transición	70
Figura 32. Curva característica del moto-ventilador	74
Figura 33. Moto-ventilador ebm r4e310	75
Figura 34. Esquema moto ventilador ebm r4e310	75
Figura 35. Esquinas y ángulos internos	82
Figura 36. Esquinas y ángulos externos	82
Figura 37. Dimensiones de la cabina	83
Figura 38. Modelo CAD de la simulación de flujo de aire	88
Figura 39. Simulación del flujo a la entrada de la cabina	89

Figura 40. Vista lateral de la simulación del flujo dentro de la cabina	90
Figura 41. Vista inferior de la parte lateral de la simulación del flujo	90
Figura 42. Simulación del flujo a la salida del filtro HEPA	90
Figura 43. Cálculo del diámetro hidráulico de un perfil cuadrado	91
Figura 44. Lamina de velocidades a la salida de la cabina de flujo	92
Figura 45. Dimensiones de la cabina de flujo laminar	95

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de arrestancia del polvo según la prueba ASHRAE 52.1–1992	37
Tabla 2. Controlador - Arduino DUE Atmel SAM3X8E	54
Tabla 3. Tabla de características sensor DTH 22	56
Tabla 4. Sensor D6F-V03A1	57
Tabla 5. Características del sensor GP2Y1010AU0F	59
Tabla 6. Características del sensor UV GY-ML8511	60
Tabla 7. Requerimientos de radiación ultravioleta para eliminar el 99.99% de los microorganismos	63
Tabla 8. Coeficiente de presión dinámica	70
Tabla 9. Características del filtro HEPA	71
Tabla 10. Características del Moto Ventilador	74
Tabla 11. Características máximas y mínimas de la cabina	93
Tabla 12. Prueba de saturación en el Filtro HEPA	93

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Registro fotográfico	100
Anexo B. Planos	103
Anexo C. Manual de uso	106
Anexo D. Manual de mantenimiento	119

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CABINA DE FLUJO LAMINAR VERTICAL PARA LA EMPRESA UNIDOSSIS S.A.S.\*

**AUTOR:** DIEGO ALEJANDRO SANABRIA PEÑA, OSCAR JAVIER HOYOS ABAUNZA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, Construcción, Flujo, Laminar, Filtración, Ventilación, Simulación, HEPA, UV, Germicida.

**DESCRIPCIÓN:** Este proyecto tiene como propósito el diseño, simulación, construcción y puesta en marcha de una cabina de flujo laminar vertical para la empresa Unidossis S.A.S de acuerdo a la norma NSF/ANSI 49-2008. La máquina es una superficie de trabajo estéril para profesionales del sector de la salud, allí se podrían trabajar con muestras biológicas no peligrosas, preparaciones oncológicas o productos farmacéuticos. En el desarrollo de la cabina se utilizó un ventilador helicocentrífugo que impulsa aire a través de un filtro HEPA (High Efficiency Particle Arresting), el cual cuenta con una capacidad de filtración de hasta el 99.99% de partículas de un tamaño no menor a 0.3  $\mu\text{m}$ , para mantener un mayor ciclo de uso del filtro HEPA se instaló un pre filtro MERV 4 en la succión del ventilador, al salir el aire del filtro HEPA fluye casi 100% puro hacia una cámara que a su vez es el área de trabajo los operadores.

Para compensar la caída de presión resultado de la saturación del filtro el moto-ventilador cuenta con un variador de velocidad que periódicamente el operario puede graduar, la cabina de flujo laminar cuenta con múltiples sensores que en tiempo real muestran el estado de: la velocidad del aire en la cabina, temperatura, humedad, calidad del aire y potencia UV. En la etapa de diseño se simuló el flujo de aire sobre el sistema de ventilación, esto con el propósito de comprobar que el aire en la cámara se comportara como laminar, que garantiza la correcta remoción de partículas asentadas en paredes de la cámara o superficies de los materiales con los que se allí trabaje, para eliminar microorganismos que el operario pudiera traer al área o de tamaño menor a 0.3  $\mu\text{m}$  se instaló una lámpara UV germicida con rango en longitudes de onda UV-B y UV-C.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ing. Mecánico Omar Armando Gelvez Arocha.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A VERTICAL LAMINAR FLOW CABINET PROTOTYPE FOR THE COMPANY UNIDOSSIS S.A.S.\*

**AUTHOR:** DIEGO ALEJANDRO SANABRIA PEÑA, OSCAR JAVIER HOYOS ABAUNZA\*\*

**KEY WORDS:** Design, Construction, Flow, Laminar, Filtration, Ventilation, Simulation, HEPA, UV, Germicidal.

**SUMMARY:** This project aims to design, simulate, construction and startup of a vertical laminar flow hood for the company unidossis s.a.s. according to the standard NSF / ANSI 49-2008, the machine is a sterile surface for health professionals, there could work with nonhazard biological samples, oncological preparations or prescription pharmaceuticals. In the development to the cabinet was used a helico-centrifugal fan which drives air through a HEPA (High Efficiency Particle Arresting) filter, this filter has a filtration capacity up to 99.99% of particles not smaller to 0.3  $\mu\text{m}$ , to maintain a greater cycle to the HEPA filter was used a MERV 4 pre filter wich was installed in the suction of the fan, air upon leaving the air to the HEPA filter flows almost 100% pure into a chamber which in turn is the work surface to operators.

To compensate for the pressure drop result of filter saturation moto-fan has a variable speed drive periodically the operator can be adjusted easily, the laminar flow has multiple sensors that real-time display the status of: the air velocity in the cabin, temperature, humidity, air quality and UV power. In the design phase the airflow over the ventilation system was simulated, this for the purpose to check that the air in the chamber behaves as laminar, laminarity secure proper removal of settled particles in the chamber walls or surfaces of the materials with which to work there, to eliminate microorganisms that the operator could bring to the area or smaller particles than 0.3  $\mu\text{m}$  was installed a UV germicidal lamp with range in lengths wave of UV-B and UV-C.

---

\*Degree Work

\*\*Physic Mechanical Faculty of Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Mechanical Engineer Omar Armando Gelvez Arocha.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto está orientado a la necesidad de lograr un aumento en los niveles de producción, actualmente obtenidos en la industria de los farmacéuticos, los cuales están disminuyendo por los altos costos de adquisición de las mismas.

Las cabinas de flujo laminar, forma parte de un grupo de equipos propuestos a mejorar las condiciones generales bajo las cuales se realizan una gran diversidad de actividades en los laboratorios y de investigación en el área de salud pública. El papel de la cabina de flujo laminar, en el proceso de empaquetado de medicamentos oncológicos ha conseguido una gran importancia ya que garantizan la existencia de ambientes controlados indispensables para realizar actividades que por sus particularidades resultan parcialmente peligrosas para la salud del hombre y del medio ambiente, algunas otras cabinas cuidan el estado de productos y cultivos biológicos.

La idea y adelanto de este tipo de equipos comenzó a principios del siglo XX, cuando se diseñó una caja de aislamiento microbiológico, esta mantenía presión negativa dentro. Contaba con un filtro de ingreso y finalmente se extraía el aire de la misma a través de un frasco que contenía una solución desinfectante.

Se diseñó y construyó, en 1943 la que puede considerarse la primera cabina de flujo, en esta se generaba un movimiento de aire hacia el área contenida a través de un quemador, colocado sobre el conducto llamado chimenea. Este diseño fue refinado y hacia 1954 se logró una versión de las cabinas conocidas hoy en día como CLASE I, aunque con filtros fabricados en lana de vidrio que estos únicamente proporcionaban, como máximo, una eficiencia de un 95%, de forma que el aire de extracción debía ser incinerado.

En este trabajo se explicará el concepto de cabina de flujo laminar, su clasificación, además de definir y caracterizar los Sub-Sistemas implicados para su funcionamiento. También se tendrán en cuenta los parámetros fundamentales para su diseño y construcción según el estándar internacional NSF (NATIONAL SANITATION FOUNDATION), Aplicable a cabinas de Seguridad biológicas.

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las razones principales por la cuales se propone Diseñar y Construir una cabina de flujo laminar vertical para la empresa Unidossis S.A.S. son las siguientes:

- Económica
- Social
- Productiva

Las cuales justifican su implementación:

Económica: Debido a que empresas como Kassel Group, Acequilabs, cienytec, entre otras, se dedican a la importación y comercialización de este tipo de cabinas de flujo laminar (tanto vertical como Horizontal, en diferentes dimensiones) con precios que van desde los 6.000 a 13.000 € + IVA llevan a que pequeñas y medianas empresas no puedan cubrir los costos de adquisición de este tipo de cabinas, obligándolos en su mayoría de casos a fabricar estas autónomamente, con un sistema de control muy básico, transformándolas de estaciones de trabajo a superficies de operación con altos precios y bajos servicios. Gracias a la implementación este prototipo lograremos disminuir las importaciones de este tipo de cabinas, compitiendo con mejores precios. Esto hará que más empresas cuenten con este tipo de cabinas en su línea de producción, mejorando así su producción.

Social: Gracias a información suministrada por el Ministerio de Salud y Protección Social, después de reunirse con Representantes de farmacéuticas, INVIMA, Instituto nacional de Cancerología, Superintendencia de Industria y comercio entre otras, se llegó a la conclusión que hay desabastecimiento de algunos medicamentos

Farmacéuticos en el país. Esto se debe a incumplimientos de proveedores extranjeros, además de que no se cuenta con un buen músculo productivo. Es por esto que, implementando este prototipo, lograremos aumentar la cantidad y la calidad de los productos farmacéuticos en el país, dando como resultado una mejora en el bienestar físico a una mayor cantidad de pacientes, además de una disminución en la tasa de desempleo del país.

Productiva: Se pretende mediante la implementación de este tipo de cabina de flujo laminar aumentar la producción, por medio de mejoras sustanciales en las condiciones de trabajo, la tecnología aplicada, tanto en su producción como en su funcionamiento, la organización del espacio de trabajo y sobre todo la calidad del producto.

Es por esto, que se hace necesario desarrollar un prototipo a evaluar para UNIDOSIS S.A.S., empresa líder en la fabricación de medicamentos oncológicos; proporcionando así, los mejores productos con excelente acabado a un precio módico.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

En concordancia con la misión de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander UIS, Contribuir al desarrollo de procesos y equipos que permitan mejorar la industria farmacéutica, posibilitando así el avance científico, social e industrial.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseño y construcción un prototipo de cabina de flujo laminar vertical estándar ISO 5 para la empresa Unidossis S.A.S. con las siguientes características generales:
  - Tamaño 700x700x1250 [mm]
  - Filtrado de partículas de hasta 99.99% mediante filtro HEPA.
  - Velocidad de flujo en área de trabajo entre 0.3 y 0.5 [m/s]
  - Desinfección germicida mediante lámpara UV.
  
- Implementar un control en lazo abierto sobre el sistema de ventilación que permita al operador compensar cambios en el flujo de aire debidos a obstrucción en los filtros de alta eficiencia, basados en las mediciones obtenidas a través del sensor de flujo de aire D6F-V o similar ubicado después del filtro.
  
- Exhibir lecturas de calidad del aire, humedad relativa, temperatura y eficiencia germicida de la lámpara UV en la estación de trabajo por medio de: sensor óptico para la detección de partículas de polvo GP2Y1010AU0F o similar, sensor digital-capacitivo combinado para muestras de humedad relativa y temperatura DTH-22 o similar y sensor UV GUVA-S12SD o similar.
  
- Elaboración de manual de funcionamiento, instrucciones de uso y mantenimiento del prototipo.

## 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### 2.1 DEFINICION DE CABINA DE FLUJO LAMINAR

Son equipos que proveen una barrera de contención para trabajar de forma muy segura contra agentes infecciosos. A estas se les conoce equivalentemente bajo otras denominaciones tales como cabinas de bioseguridad, campanas microbiológicas o campanas de flujo laminar, nombres menos conocidos.

Sin embargo, este último término genera malas interpretaciones o interpretaciones erróneas, porque existen equipos aparentemente similares que han sido desarrollados para efectuar otro tipo de actividades, en las cuales se requiere de algunos escenarios de aislamiento que pueden no tener nada que ver con microorganismos. Entre esta última categoría estarían los denominados “Bancos de trabajo limpio” (horizontales o verticales) siendo sus principales usuarios las industrias electrónicas y farmacéuticas. Se debe tener en cuenta que dependiendo su diseño y clasificación, las cabinas de seguridad biológica son adecuadas para cuidar al:

- A) trabajador
- B) Medio ambiente
- C) Producto

Estos son equipos que han sido diseñados para mantener un área denominada “zona de trabajo, libre de partículas” o de probables contaminantes tales como bacterias que puedan afectar el producto con el cual se está trabajando, afectar la salud del trabajador que adelanta el trabajo, o afectar el medio ambiente. La protección se logra mediante la combinación de elementos electromecánicos/electrónicos como moto-ventilador, filtros, ductos, iluminación,

etc., y procesos físicos (flujo laminar, diferencias de presiones) que impulsan el aire a través de unos filtros especiales de gran superficie (HEPA O ULPA), estratégicamente situados, que tienen una eficiencia mínima de retención de partículas del 99,99% según la necesidad, cuando el tamaño de las mismas es en promedio de 0,3  $\mu\text{m}$  (micrómetros). Dichos filtros se conocen internacionalmente como filtros HEPA y resultan adecuados para detener los aerosoles que se generan cuando se realizan procedimientos experimentales con agentes biológicos como agitación, centrifugación o mezcla de sustancias.

Existen tres clases básicas, conocidas como:

- Clase I
- Clase II (Tipos: A, B1, B2 y B3)
- Clase III

## **2.2 CLASES DE CABINA DE FLUJO LAMINAR**

Existen varias clasificaciones de las cabinas de seguridad biológica, pero se mencionarán las más comunes:

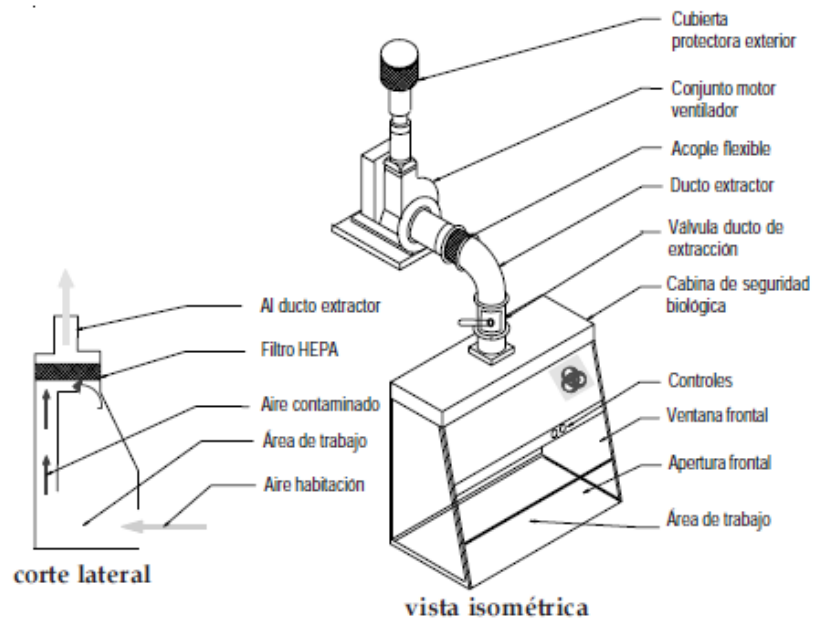
- Cabinas de seguridad biológica clase I
- Cabinas de seguridad biológica clase II
- Cabinas de seguridad biológica clase II, Tipo A
- Cabinas de seguridad biológica clase II, Tipo B
- Cabinas clase II, Tipo B1
- Cabinas clase II, Tipo B2
- Cabinas clase II, Tipo B3

**2.2.1 Cabinas de seguridad biológica clase I.** Las cabinas de seguridad Clase I se caracterizan por suministrar protección:

- Al personal
- Al ambiente

Su mayor desventaja reside en que no ofrecen protección al producto.

Figura 1. Cabina de seguridad biológica clase I



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 3

Características:

- Algunos fabricantes incorporan a la cabina un ventilador. De ser así, dicho ventilador debe estar interbloqueado con el sistema de extracción (ventilador del edificio) para no generar problemas

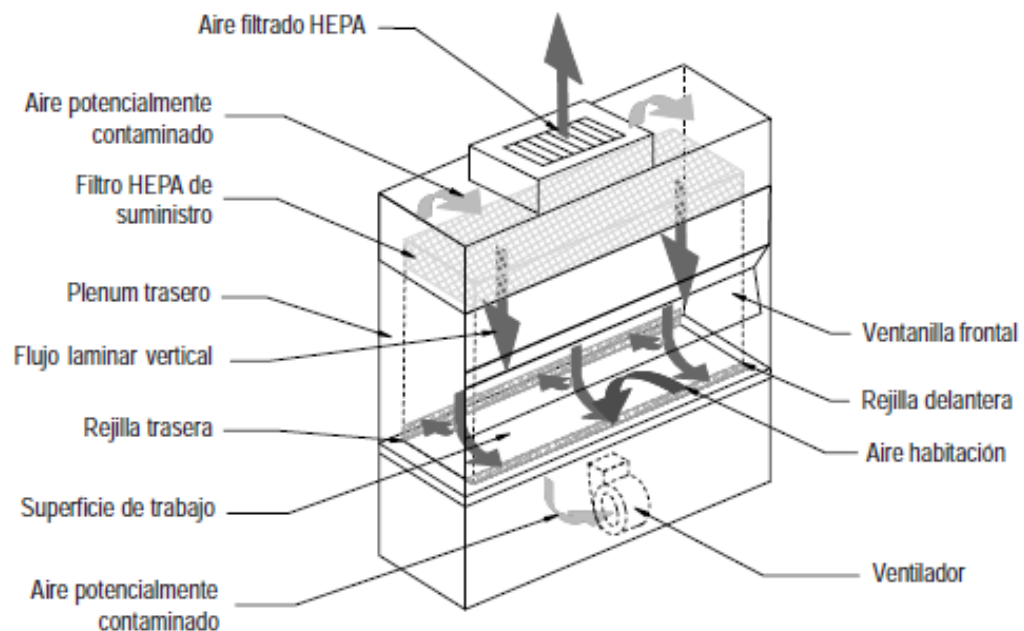
- Están acopladas a los sistemas de extracción de los edificios a través de un ducto, o pueden disponer de un sistema de extracción autónomo que tiene su propio ducto de extracción. Este sistema de extracción crea la presión negativa necesaria para el correcto funcionamiento de la cabina mediante la articulación de un ventilador remoto.
- A través de un filtro HEPA el aire de la cabina es extraído (para cuidar el ambiente) y mediante un sistema de extracción transmitido al exterior. El sistema de filtración señalado es la característica que diferencia esta clase de cabinas de las cabinas de extracción de vapores químicos, las cuales no poseen este sistema de filtración.
- Se usan concretamente para aislar equipos como centrifugadoras, equipos de cultivo o pequeños fermentadores. Igualmente, para airear cultivos, homogeneizar tejidos con potencial para crear aerosoles y también para pesar agentes químicos en forma de polvo.
- La defensa al personal se logra debido a que el flujo de aire hacia la cabina tiene una velocidad mínima de 76 pies lineales por minuto a través de la apertura frontal. El aire de la habitación (sin filtrar) fluye directamente sobre el área de trabajo, razón por la que no ofrecen protección al producto.
- No son convenientes para trabajar con materiales radiactivos, a menos que se les instale un sellado frontal con guantes.
- Algunas cabinas instalan un tablero frontal con orificios para los brazos para acceder a las áreas de trabajo. Las limitaciones debidas a las aberturas generan una mayor velocidad de ingreso del aire aumentando la protección al trabajador.
- Para aumentar la seguridad, pueden ser adheridos al tablero frontal, guantes de la longitud de los brazos.

**2.2.2 Cabina de seguridad biológica clase II.** Es una cabina que se caracteriza por suministrar protección:

- Al personal
- Al ambiente
- Al producto

Características:

Figura 2. Cabina de seguridad biológica clase II



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 5

- Estas cabinas cuentan con dos rejillas, una frontal y una trasera, a través de las estas es succionado el aire que circula sobre el área de trabajo. A través de la rejilla frontal es absorbido el aire que proviene de la habitación y que pasa junto al

trabajador a una determinada velocidad, aislándolo de los agentes existentes en el interior de la cabina.

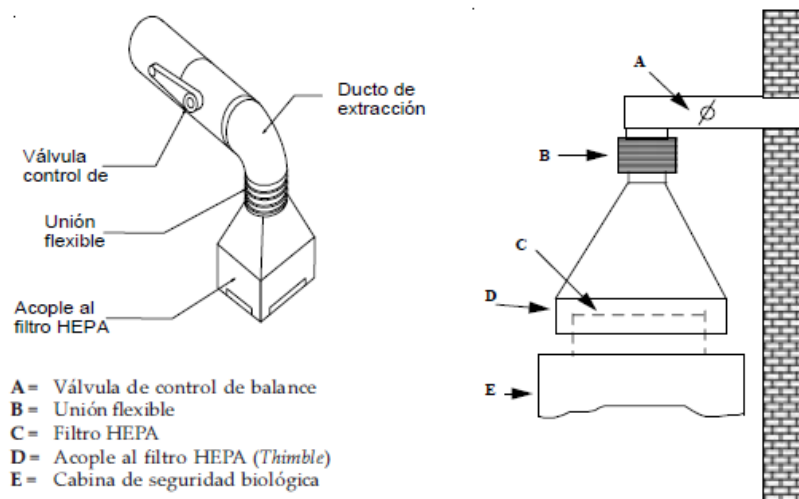
- Si se recicla el aire dentro del laboratorio, se identifica la cabina como de tipo A.
- Si el aire se extrae hacia el exterior a través de un ducto, se asemeja la cabina como de tipo B.
- Dispone de un filtro HEPA a través del cual se suministra un flujo de aire vertical laminar (filtro HEPA de suministro) que cuida el producto y evita la posibilidad de que ocurra un contagio cruzado a lo largo del área de trabajo de la cabina.
- A través del segundo filtro HEPA, sale el aire de la cabina (filtro HEPA de extracción). Como resultado de esta particularidad del diseño, el aire que transita dentro de la cabina está libre de contaminantes y puede ser reciclado y reutilizado.
- Existen diversos tipos de cabinas de seguridad biológica, Clase II. Los más comunes son los denominados tipo A, B1, B2 y B3.

### **2.2.3 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo A.** Se caracteriza por:

- El ventilador del equipo absorbe el aire del ambiente a través de la hendidura frontal a una velocidad promedio de 76 pies lineales por segundo.
- El aire es suministrado verticalmente al área de trabajo a través del filtro HEPA de abastecimiento y fluye libre de partículas de forma laminar. El flujo laminar reduce el potencial de contagio cruzado sobre el área de trabajo.
- El aire que fluye internamente en la cabina, a medida en que se acerca a el área de trabajo, se parte en dos corrientes, una que va hacia la rejilla delantera y otra que va hacia la rejilla trasera.

- Sucede generalmente la dispersión de las corrientes en un poco más de la mitad del recorrido entre las rejillas frontal y trasera y a una altura que alterna entre 3 y 5 pulgadas en el área de trabajo.
- El aire que se succiona a través de las rejillas frontal y trasera es aliviado a través de un sistema de ductos por el ventilador al espacio localizado entre los filtros HEPA de suministro y extracción. Estos filtros están ubicados en la parte superior de la cabina. Desde este espacio, el aire fluye a través de los filtros HEPA de provisión y extracción.

Figura 3. Conexión de ducto de bioseguridad/ ducto de extracción



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 6

- Debido al tamaño relativo de los filtros, aproximadamente el 30% del volumen del aire que circula es extraído de la cabina; el 70% restante es recirculado hacia la zona de trabajo.

- La mayoría de las cabinas Clase II, Tipo A, tienen controles para regular la relación 30/70 del flujo de aire.
- Estas cabinas se usan para trabajar con agentes de bajo o moderado riesgo biológico.
- Es prohibido trabajar en este tipo de cabinas con materiales que sean tóxicos o volátiles.

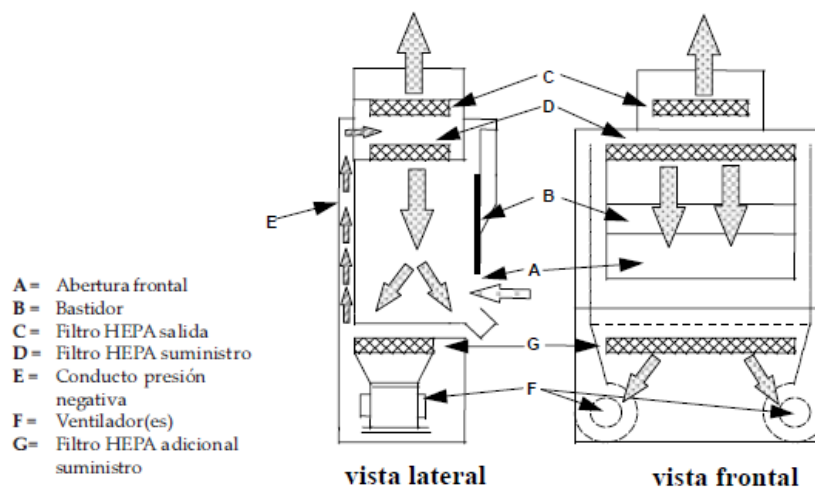
#### **2.2.4 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B. Características:**

- Los ventiladores de la cabina extraen el aire de la habitación, así como también una porción del aire que es reciclado por la rejilla frontal y de allí través de un filtro HEPA, que se encuentra localizado directamente bajo el área de trabajo.
- El aire una vez filtrado, fluye hacia la parte superior de la cabina a través de unos conductos localizados a cada lado de la cabina y a continuación fluye hacia el área de trabajo a través de una placa de presión trasera.
- El aire de la habitación es succionado a través de la abertura frontal de la cabina a una velocidad de ingreso mínima de 100 pies lineales por minuto.
- Aproximadamente, el 70% del volumen de aire que fluye dentro de la cabina de forma vertical, es extraído a través de la rejilla trasera, y de allí, a través de un filtro HEPA es extraído del edificio.
- El 30% restante del volumen es extraído de la cabina a través de la rejilla delantera.
- Las actividades que puedan generar vapores químicos peligrosos o producir partículas, deben ser trabajados en la parte trasera de la cabina.

### 2.2.5 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B1. Características:

- Estas cabinas mantienen una velocidad promedio mínima de ingreso del aire de 100 pies lineales por minuto (50,8 cm/s).
- Todo el aire reciclado y extraído pasa a través de dos filtros HEPA en serie.
- Los ductos internos (contaminados) y el plenum están presurizados negativamente.
- Disponen de su propio ducto de extracción, o están conectados a un sistema de extracción diseñado de acuerdo a las necesidades; extrae principalmente el flujo contaminado a la atmósfera, previa filtración en el filtro HEPA de extracción. El ventilador de extracción está generalmente ubicado al final del ducto.

Figura 4. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B1



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 8

- Deben disponer de un sensor independiente de presión, conectado a un dispositivo que active una alarma y apague el ventilador de la cabina de seguridad biológica en el caso de que ocurra alguna falla en el sistema de extracción.
- El ventilador del sistema de extracción debe estar conectado al sistema eléctrico de emergencia de la instalación. (Alimentado por el generador eléctrico de emergencia).
- Estas cabinas se utilizan cuando se requiere trabajar en condiciones estériles. La doble filtración logra una atmósfera mucho más limpia.
- En este tipo de cabinas pueden ser trabajados agentes tratados con cantidades mínimas de materiales tóxicos, o volátiles o volátiles radiactivos, si dicho trabajo se realiza en la zona de extracción de la cabina. No deben trabajarse cantidades que no sean mínimas.
- Son adecuadas para trabajar con agentes que requieren nivel de contención 1, 2 ó 3.

#### **2.2.6 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B2. Características:**

- Es una cabina de seguridad biológica de extracción total; el aire no es reciclado ni dentro de la cabina ni hacia el laboratorio. Por esta razón, esta clase de cabinas proporciona contención química y biológica y permite trabajar con agentes biológicos tratados con pequeñas cantidades de químicos tóxicos o inflamables y radionúclidos.
- Estas cabinas no deben utilizarse en reemplazo de cabinas para contención de químicos o vapores, ni para preparar existencias de sustancias químicas peligrosas para almacenar.

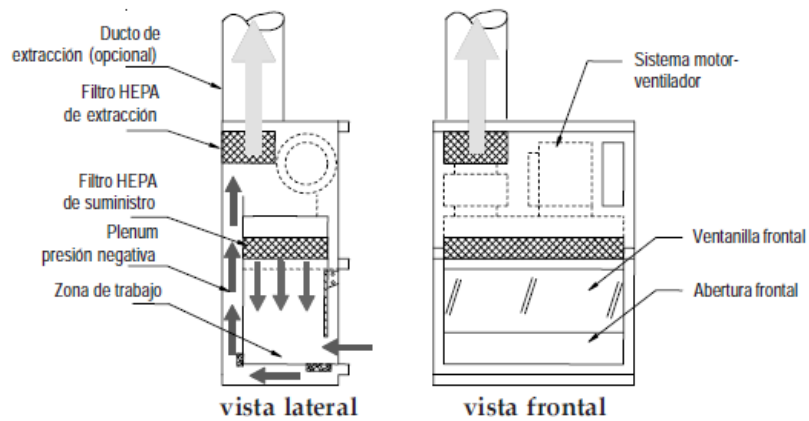
- El ventilador de suministro succiona aire de la habitación y a través de un filtro HEPA lo envía a el área de trabajo de la cabina.
- El sistema de extracción de la cabina succiona a través de las rejillas delantera y trasera, el aire filtrado, más una cantidad adicional de aire proveniente de la habitación, a una velocidad lineal mínima de 100 pies por minuto.
- Todo el aire que ingresa a este tipo de cabina es extraído y pasa a través de filtros HEPA y de otros dispositivos (filtros de carbón activado) si es el caso, antes de ser descargado al exterior.

### **2.2.7 Cabinas de seguridad biológica clase II, tipo B3. Características:**

- Esta cabina es similar a la cabina con ducto, tipo A
- El aire que succiona desde el laboratorio tiene una velocidad lineal aproximada de 100 pies lineales por minuto.
- Los conductos contaminados, positivamente presurizados, están rodeados por conductos de aire negativamente presurizados. Cualquier fuga en el conducto contaminado se quedará en la cabina y no llegará al medio ambiente.
- Recicla el 70% del aire dentro de la cabina
- Permite el uso de mínimas cantidades de químicos no inflamables que deban ser usados coincidencialmente con agentes de bajo o moderado riesgo biológico.
- No deben utilizarse en este tipo de cabinas sustancias químicas inflamables ni cantidades que no sean mínimas de químicos tóxicos, radiactivos o volátiles.

Figura 5. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B2

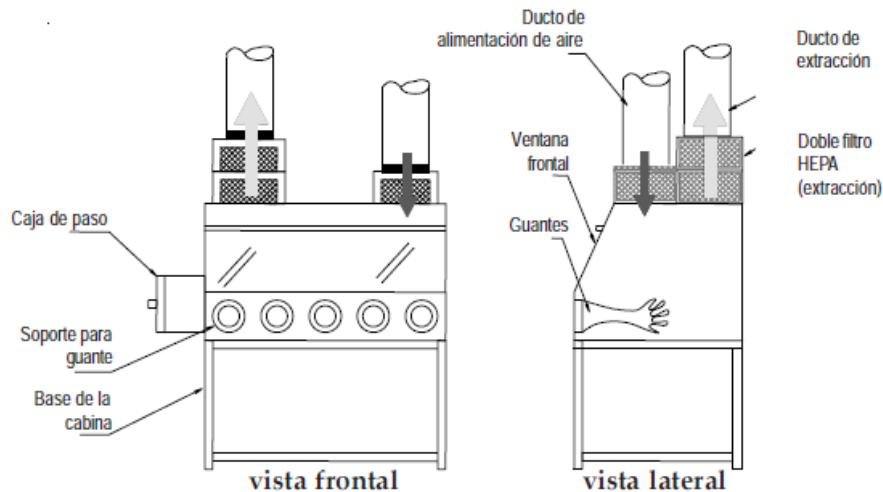
**Ilustración No. 6:**  
**Cabina de seguridad biológica Clase II, Tipo B3**



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 9

### 2.2.8 Cabinas de seguridad biológica clase III. Características:

Figura 6. Cabina de seguridad biológica clase II, Tipo B3



Fuente: VILLAMIL GUTIÉRREZ, Jorge. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento. Washington: OPS, 2002. p. 10

- Es una cabina que se caracteriza por ser totalmente cerrada. Su construcción es sellada a los gases.
- Está diseñada para trabajar con agentes microbiológicos clasificados en el nivel de bioseguridad 4.
- Suministran máxima protección al trabajador y al ambiente. La ventana es sellada, no es posible abrirla
- La colocación de los materiales dentro de la cabina se realiza a través de una caja de paso, (doble puerta sellada), que puede ser descontaminada entre usos.
- La inyección y la extracción del aire a la cabina se realizan a través de filtros HEPA.
- El aire extraído de la cabina pasa a través de dos filtros HEPA, o de un filtro HEPA y un incinerador de aire, antes de ser descargado al exterior.
- El flujo de aire es mantenido a través de un sistema externo, independiente de la cabina, que mantiene el interior a una presión negativa de aproximadamente 0,5 pulgadas de agua (12,7 mm/H<sub>2</sub>O) comparada con el exterior.
- Estas cabinas son adecuadas para trabajar con agentes microbiológicos que requirieran contenciones/confinamientos de bioseguridad de niveles 1, 2, 3 ó 4.

### 3. ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS

#### 3.1 DIMENSIONES

El tamaño de la cabina está determinado por el siguiente orden de prioridades: número de personas que operan la cabina, dimensiones del filtro (estándar), disposición de espacio en la locación, laminaridad y ergonomía.

- ◆ Número de personas que operan la cabina: el número de personas es determinante para definir el tamaño de la cabina de flujo laminar, de acuerdo al producto realizado en la misma podrán ser una o dos personas, como es el caso de algunas preparaciones oncológicas que por su corta periodo de vida requieren de más de una persona para su preparación.
- ◆ Dimensiones del filtro: tanto los filtros HEPA como los filtros ULPA tienen dimensiones estandarizadas, 12"x6", 12"x12", 12"x24" 24"x24", 24"x48". Estas medidas son de la sección transversal del filtro y para las cabinas de flujo vertical condicionan el tamaño de la sección plana a algo un poco más grande que el tamaño del filtro.
- ◆ Disposición del espacio en la locación: la industria farmacéutica colombiana utiliza pequeños volúmenes para la producción de fármacos, debido a que son espacios con ventilación y filtración permanente, contención de partículas y agentes biológicos y que continuamente requieren de esterilización total es conveniente que el área sea de un tamaño apenas justo para su producción.
- ◆ Laminaridad: es importante para la contención de agentes biológicos fuera del área de trabajo y que a su vez permita un flujo de aire limpio sin retornos al área, sin embargo, a mayor distancia de salida del aire del filtro es más difícil mantener la laminaridad, dicho principio natural también restringe el tamaño.

♦ Ergonomía: las cabinas son áreas de altos periodos de uso, el que los operadores puedan trabajar en un área cómoda y que le permitan realizar sus tareas sin restricciones es al igual importante.

Se determinó que por los requerimientos de la empresa la cabina sería utilizada por una sola persona, por tanto, un filtro de 24"x24" o 609x609 mm sería suficiente, por ultimo dado a que se debe dejar espacio a la fijación del filtro se decidió que un tamaño de 700x700 mm sería suficiente para la manufactura de la cabina de flujo laminar.

### **3.2 ASEPCIA**

La asepsia en las cabinas de flujo laminar no solo depende de cuan limpia sea el área al iniciar la producción, también se debe a que tan limpia se mantenga y cuan permisiva sea con la acumulación y asentamiento de partículas y organismos, las formas ortogonales son las más convenientes. Los materiales y superficies lisas también posibilitan una mayor asepsia y menor acumulación.

Por tanto, la cabina será lo más ortogonal posible con el propósito de que acumule el menor número de partículas y a su vez permita una fácil limpieza, otro factor que se tendrá en cuenta es las superficies lisas con la misma intención.

### **3.3 FILTRACION**

Dado a que el polvo disperso en el aire transporta microorganismos y es este el medio con mayor transmisión de organismos, contenerlo es requisito para la construcción de cualquier área estéril (habitación o cabina)<sup>1</sup>. La filtración depende

---

<sup>1</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Reporte técnico No 961. Suiza: OMS, 2011. p. 237

del tamaño de las partículas, de la densidad de las partículas y del medio por el cual se contienen dichas partículas, dígase intercepción, impacto y/o difusión.

Tabla 1. Clasificación de arrestancia del polvo según la prueba ASHRAE 52.1–1992

Clase de filtro HEPA	Arrestancia total	Arrestancia local
E10	>85%	...
E11	>95%	...
E12	>99.5%	...
H13	>99.95%	>99.75%
H14	>99.995%	>99.975%
U15	>99.9995%	>99.9975%
U16	>99.99995%	>99.99975%
U17	>99.999995%	>99.9999%

Fuente: FLANDERS CORP. Guía de eficiencia de filtros. Washington: Flanders corp.,2012. p. 1

Con el propósito de alargar la vida de los filtros se dispone en la admisión de aire un pre filtró, el cual deberá tener una eficiencia de retención alrededor del 70% a partículas de más de 1  $\mu\text{m}^2$ . El filtro principal (filtro HEPA) deberá tener una arrestancia mayor al 99% sin embargo aún para retenciones tan altas existe un gran número de clases de filtros.

Con el propósito de tener arrestancia total como localizada y a su vez tener la menor caída de presión posible se escoge el filtro HEPA clase H13 como el más indicado para la cabina de flujo laminar.

---

<sup>2</sup> ASHRAE. Informe de eficiencia mínima de filtrado. 1999. p. 1

### **3.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN**

El sistema de ventilación (motor – ventilador) debe de vencer una presión de hasta 500 [Pa] y con una velocidad de hasta 0.6 m/s sobre un área de 0.7x0.7 [m<sup>2</sup>], estas consideraciones y el limitado espacio reducen la selección del ventilador a los Helicocentrífugos y los centrífugos, sin embargo, los centrífugos requieren un mayor espacio por la disposición de la entrada y salida del fluido, un extra de los ventiladores Helicocentrífugos es su bajo nivel de ruido.

El suministro de electricidad dependiendo del tipo de motor seleccionado implicará diferentes medios para controlar la velocidad de rotación, no obstante, conforme a mayor sea el voltaje de la red menor será la corriente consumida por la máquina. El motor seleccionado deberá funcionar con corriente alterna, preferiblemente monofásica a 110V o bifásica a 220V.

### **3.4 VELOCIDAD**

La velocidad dentro de una cabina de flujo laminar define cada cuanto se cambia el aire del área de trabajo, el tipo de flujo (laminar o turbulento), la vida útil del filtro y el confort del operador. La velocidad media en el área de trabajo debe de estar entre 0.3 y 0.6 m/s<sup>3</sup>. Sin embargo, dicha velocidad se debe garantizar para el filtro saturado y no saturado, esto se tendrá en cuenta a la hora de seleccionar el ventilador, puesto que la caída de presión conforme al filtro se ensucia es considerable.

---

<sup>3</sup> ANSI/NSF 49. Cabinas de bioseguridad: diseño, construcción, rendimiento y certificación. Michigan: NSF international, 2008. p. 5

### **3.5 PRESIÓN**

La presión a vencer por el ventilador para un filtro HEPA clase H13 seleccionado es de  $160 \pm 15\%$  Pa @ 1400 m<sup>3</sup>/h, en su estado nuevo, fabricantes de filtros recomiendan cambiar filtros cuando la diferencia de presión en filtro sea de 2 [Pulg. H<sub>2</sub>O] o 500 [Pa].

### **3.6 SISTEMA DE SENSADO**

Este sistema medirá: Velocidad, temperatura, humedad, densidad de partículas y potencia UV. Para cada variable a medir se optará por seleccionar el sensor que más se adecue a los rangos sobre los cuales operará.

### **3.7 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES**

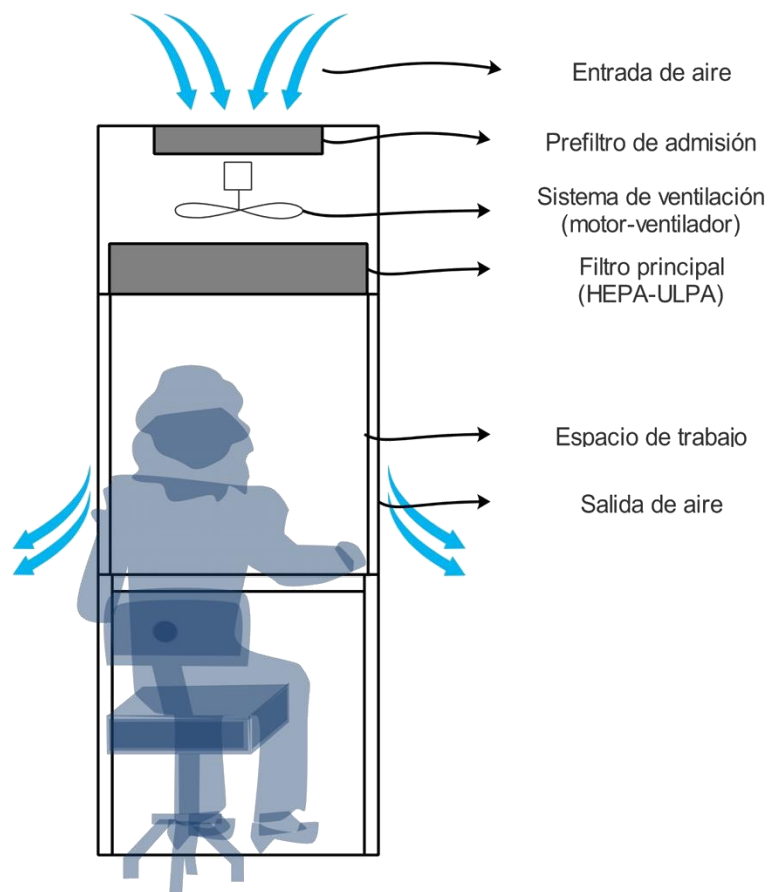
En esta sección se tratará la disposición del armazón, tamaño y resistencia de los materiales, dado a que las cargas a soportar no son significativas y que los perfiles usados tendrán que mantener la rigidez de la estructura múltiples perfiles metálicos cumplirán este propósito. El perfil apto para la cabina de flujo laminar es el cuadrado de sección transversal de 1 1/2 "en metal.

### **3.8 SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE AIRE**

El sistema de control de velocidad permitirá determinar el flujo requerido (0.3 a 0.5 m/s) conforme se va saturando el filtro HEPA, dependerá del tipo de motor utilizado, puesto que un variador de corriente continua es el más sencillo y barato de implementar, pero los moto-ventiladores de estos caudales y presiones comúnmente no trabajan con corriente continua y el uso de fuentes de conversión DC/AC ahondan el consumo, usar un motor DC no es factible.

Los motores trifásicos permitirían un ahorro de energía en el tiempo, por el manejo de altos voltajes pero suponen la adquisición de un variador de velocidad, que a su vez tiene pérdidas por conversión y el costo inicial es alto. Por tanto la variación de velocidad por medio de recorte de onda sinusoidal (circuito Triac-Diac) para el caso es la mejor opción, un factor que permite implementar este sistema de control es el uso de bajas potencias.

Figura 7. Esquema de trabajo de la cabina de flujo Laminar

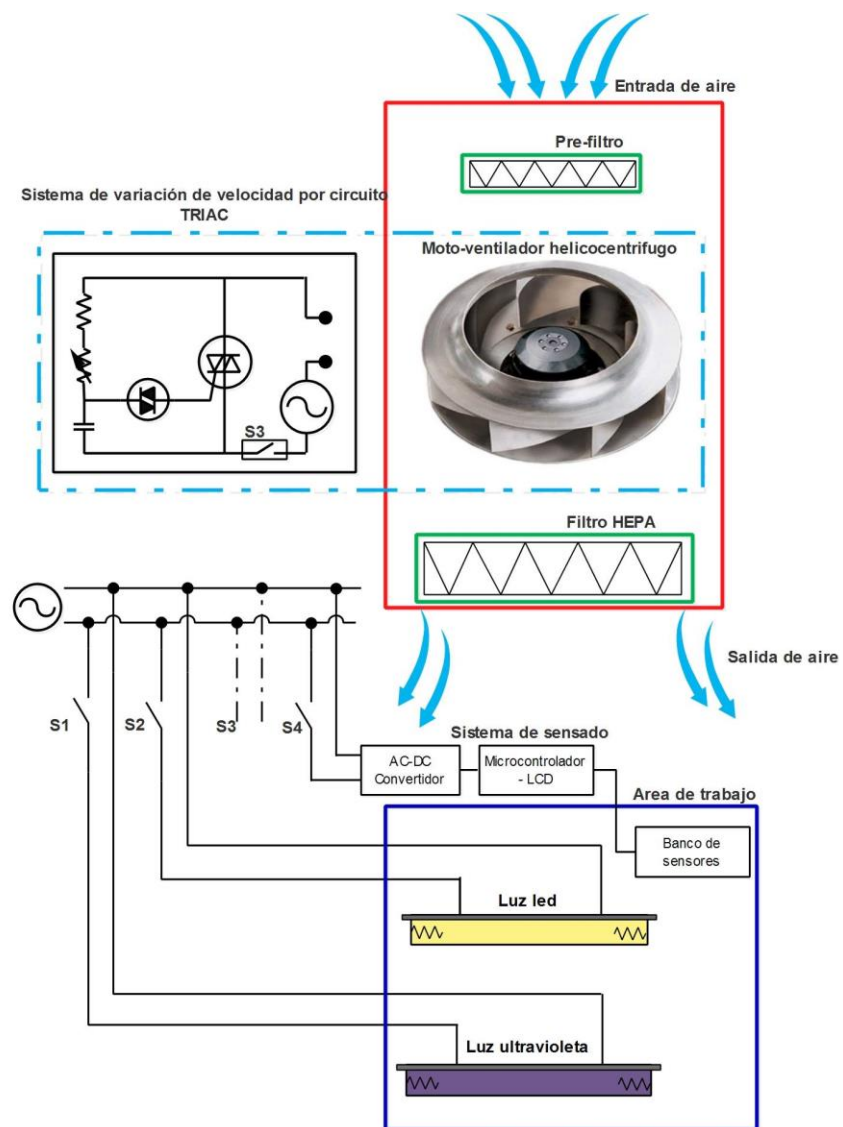


## 4. DISEÑO CONCEPTUAL

### 4.1 ESQUEMA CONCEPTUAL

La Cabina de Flujo laminar está compuesta por los siguientes sistemas globales:

Figura 8. Diseño conceptual de la cabina de flujo laminar



- Sistema de Ventilación
- Sistema de Filtrado
- Sistema de Variación de Velocidad
- Sistema de Sensado
- Radiación Ultravioleta

## **4.2 SISTEMA DE VENTILACION**

Es el encargado de generar la energía necesaria para que el aire sea absorbido desde el ambiente en el cual se encuentra instalada hacia la parte interior de la cabina, esto lo logra con un moto-ventilador, esta energía logra también que el aire dentro de la cabina circule.

El moto-ventilador, es un dispositivo que toma aire en unas determinadas circunstancias y lo impulsa a una presión superior a la de entrada del fluido. También se puede definir como una máquina de funcionamiento alternativo o rotatorio que tiene por objeto la compresión de un fluido (aire generalmente) para utilizar su fuerza de expansión debidamente regulada y transmitida al lugar más idóneo.

Este también a su vez se descompone en:

- Motor Eléctrico
- Ventilador

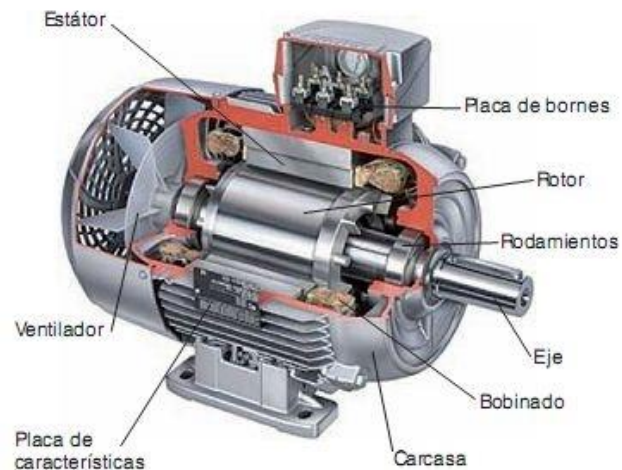
**4.2.1 Motor eléctrico.** El motor es eléctrico, normalmente es de una sola fase, siempre está sellado, auto lubricado y su velocidad es regulada mediante un control de estado sólido. Convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de una bobina y un estator.

Está diseñado para que pueda funcionar las 24 horas del día de forma ininterrumpida. Las especificaciones eléctricas del mismo deben ser cuidadosamente seleccionadas para que resulten compatibles con las especificaciones de los sistemas eléctricos de las regiones donde llegue a instalarse la cabina (hay versiones que trabajan con 115 voltios/60 Hz (hertzios), 230 voltios/50 Hz). El circuito eléctrico que alimenta esta clase de equipos debe tener en general una capacidad para manejar entre 15 y 20 A (amperios) y debe cumplir con la normativa eléctrica vigente.

El motor eléctrico está compuesto por los siguientes Componentes:

- Estator
- Rotor
- Bobina
- Cojinetes
- Caja de Conexiones

Figura 9. Motor eléctrico



Fuente: Página de internet: <<http://comofuncionaque.com/como-funciona-el-motor-electrico>>

a) Estator: Es la parte más importante del motor después del bobinado, este está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio (se les llama

“paquete”), que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

b) Rotor: Constituye la parte móvil del motor. El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete

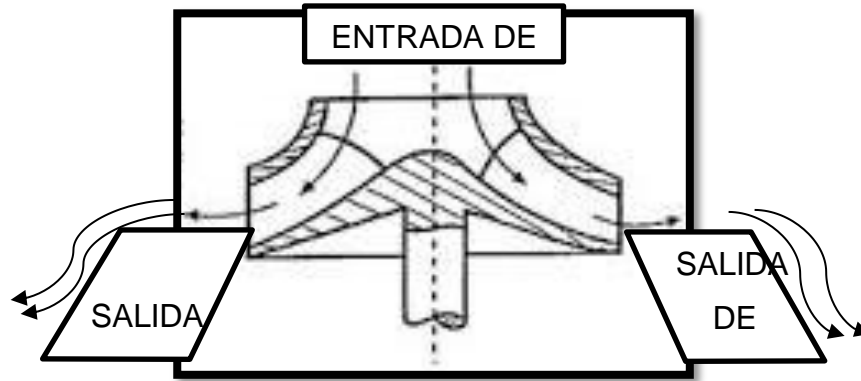
c) Bobina: Está compuesta por la cabeza hueca de un material conductor (alambre o hilo de cobre esmaltado, por ejemplo) y puede estar instalado en un circuito integrado. La pieza polar, el núcleo, el devanado inductor, la expansión polar, el polo auxiliar y la culata son las partes que conforman un inductor.

d) Cojinetes: Estos pueden ser de deslizamiento o de Rodamiento. Contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia.

e) Caja de Conexiones: La totalidad de motores eléctrico cuentan cajas de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

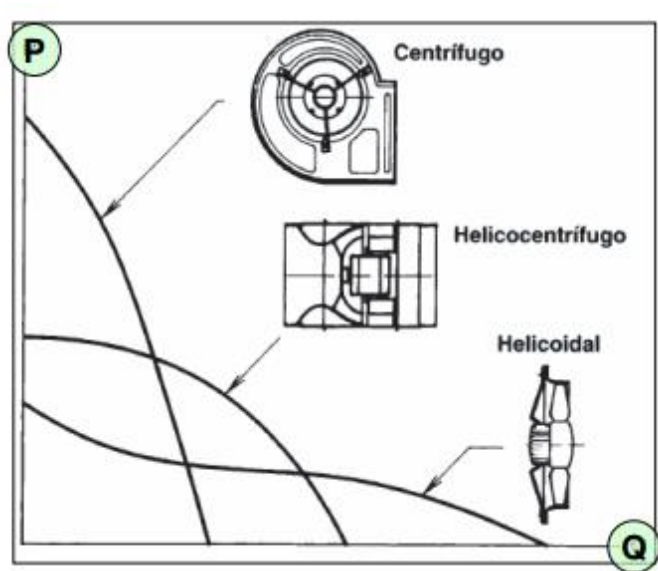
**4.2.2 Ventilador Helico-Centrifugo.** Una de sus definiciones es de una máquina de funcionamiento alternativo o rotatorio que tiene por objeto la compresión de un fluido (aire generalmente) para utilizar su fuerza de expansión debidamente regulada y transmitida al lugar más idóneo. También se puede definir como una máquina o dispositivo que absorbe el fluido (aire) con unas determinadas condiciones del medio y lo impulsa a una presión superior a la de entrada.

Figura 10. Ventilador Helico-Centriufgo



El Ventilador helico-centrífugo es extremadamente silenciosos, certificados por la Noise Abatement Society (Asociación para la reducción del ruido), fabricados en material plástico, con elementos acústicos (estructura interna perforada que direcciona las ondas sonoras, y aislamiento interior fonoabsorbente que amortigua el ruido radiado).

Figura 11. Curvas características ventiladores



Fuente: SALVADOR ESCODA S.A.. Manual Práctico de Ventilación. BARCELONA: Salvador escoda S.A.,2010. p. 4

Este ventilador se compone de:

- Carcasa
- Rodete Helico-Centriufgo
- Rodamientos

a) Carcasa: elemento en la cual se aloja el rotor Helico-Centrifugo, esta permite gracias a su forma y junto con la turbina, la conversión de energía del motor a energía de movimiento del fluido.

b) Rodete Helico-centrifugo: El rotor es el encargado de transformar la energía del motor, transmitida por el rotor; en energía de movimiento (o energía cinética) del gas que maneja por medio de la geometría del mismo.

c) Rodamientos: Estos permiten la rotación del eje del motor (Rotor), y el rodete; también minimizan la fricción generada entre estos.

### **4.3 SISTEMA DE FILTRADO**

Es uno de los sistemas más importantes de la cabina de Flujo laminar. Está conformado por dos filtros en donde se lleva a cabo los procesos de retención de Partículas, de su estado dependerá en buena parte el correcto funcionamiento de la cabina. Los filtros se clasifican por su eficiencia mínima de recolección. Actualmente existen muchas normas y clases internacionales de filtros de alta eficiencia.

**4.3.1 Características del filtrado.** Aunque el medio filtrante, permite retener microorganismos o partículas sostenidas en el fluido de las dimensiones ya señaladas, no impide el paso directo de los gases. En el interior del medio filtrante las partículas son retenidas por medio de cinco fenómenos bien diferenciados que son:

Figura 12. Disposición de fibras



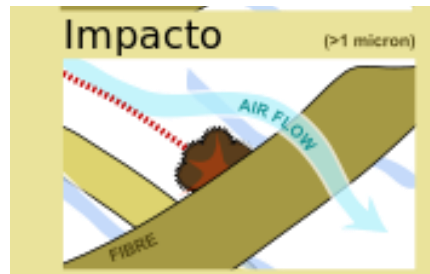
- a) Sedimentación: Ocurre cuando las partículas se depositan sobre el medio filtrante debido a las fuerzas gravitacionales.
- b) Atracción electrostática: Ocurre cuando la partícula es atraída hacia el material filtrante como consecuencia de las cargas eléctricas opuestas entre el material filtrante y la partícula, cargas opuestas se atraen; cargas iguales, se repelen.
- c) Intercepción: Depende del tamaño de la partícula y se presenta cuando la partícula sigue las líneas de flujo hasta el material filtrante en donde es retenida.

Figura 13. Intercepción de partículas



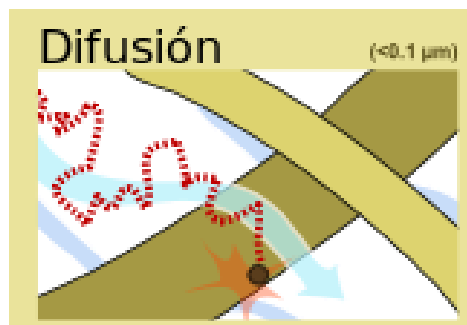
- d) Impacto inercial: Ocurre cuando una partícula deja las líneas de flujo y se estrella directamente contra el material filtrante.

Figura 14. Impacto de partículas



e) Difusión: Fenómeno que afecta las partículas más pequeñas y que es influida por el movimiento Browniano.

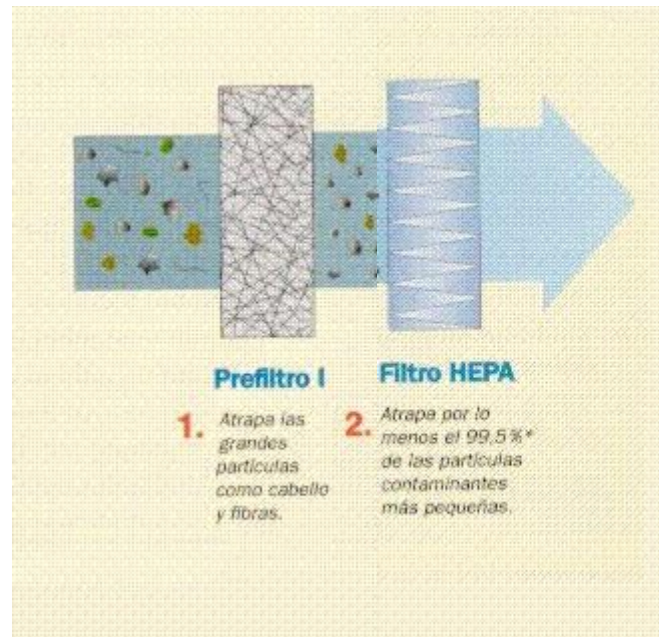
Figura 15. Difusión de partículas



**4.3.2 Etapas de filtrado.** El filtrado en la Cabina de Flujo se Realiza por dos Etapas:

- Filtro Secundario (Pre-Filtro)
- Filtro Principal (Filtro Hepa)

Figura 16. Proceso de filtrado



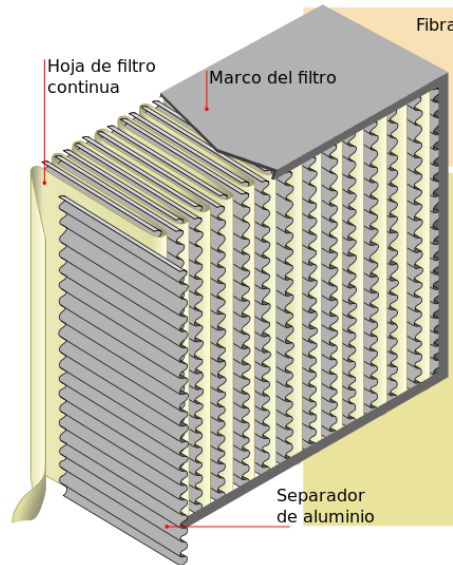
a) Filtro Secundario: El pre filtro asegura una arrestancia menor al 75% esto lo ubica según el estándar de la ASHRAE en una categoría MERV 4, Según ASHRAE 52.2-1999

b) Filtro Principal (HEPA: High Efficiency Particle Arresting ó Recogedor de Partículas de Alta Eficiencia):

- 99.97% de eficiencia para la remoción de Materia Particulada (MP) de diámetro de 0,3  $\mu\text{m}$  o Mayor.
- Están contruidos con Microfibras de boro silicato, unidas con pegante resistente al agua, contienen separadores de aluminio que permiten al fluido entrar hasta el interior del pliegue
- No poseen ningún tipo de mantenimiento, completan su vida útil y se desechan.
- Retención de Partículas por medio de Intercepción, Impacto y Difusión.
- Presentan una caída de presión máximo de una pulgada de agua cuando operan a la capacidad de flujo de diseño.

### 4.3.3 Componentes de un filtro

Figura 17. Filtro HEPA (High Efficiency Particle Arresting)



El filtro se compone de 3 materiales los cuales vienen seccionados por capas, estos son:

- Hoja de Filtro Continua
- Marco del Filtro
- Separador de Aluminio

a) Hoja de Filtro Continua: Es el papel filtrante por donde hacemos circular el flujo de aire, es en este en donde se deposita todos los elementos no necesarios para el proceso de la cabina de flujo laminar.

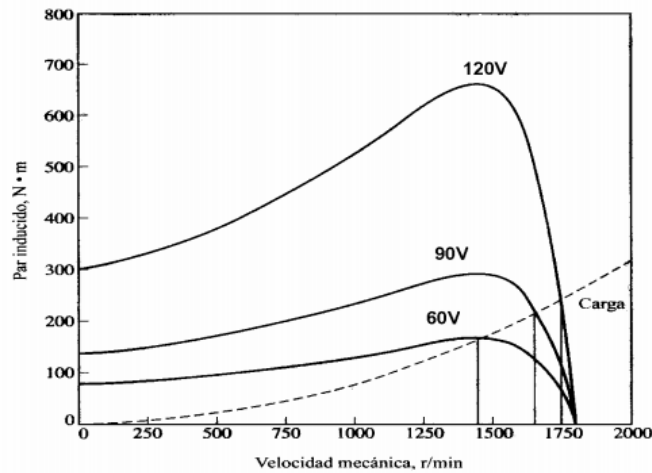
b) Marco de Filtro: Marco en lámina metálica de 24" que rodea toda la superficie exterior el filtro, soporta los separadores de aluminio y las hojas de filtro.

c) Separador de Aluminio: Separador en aluminio corrugado de espesor mínimo en forma de "V" a 30°, ubicado a lo largo del filtro por capas.

#### 4.4 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD

Este sistema es el encargado del control análogo de la velocidad del Moto-Ventilador por medio de un Triac (Dispositivo para variar la corriente). Si la velocidad media del flujo de aire debe no está entre 0,3 y 0,6 m/s, se debe ajustar el control manual de la velocidad para ubicarla en el rango deseado; esto ocurre debido a partículas que saturan el filtro y obstruyen el paso del fluido hacia la cabina.

Figura 18. Control de velocidad por relación de voltaje de línea



Fuente: Página de internet: <<http://controldemaquinaselectricas.blogspot.com.co/2016/04/normal-0-21-false-false-false-es-ve-x.html>>

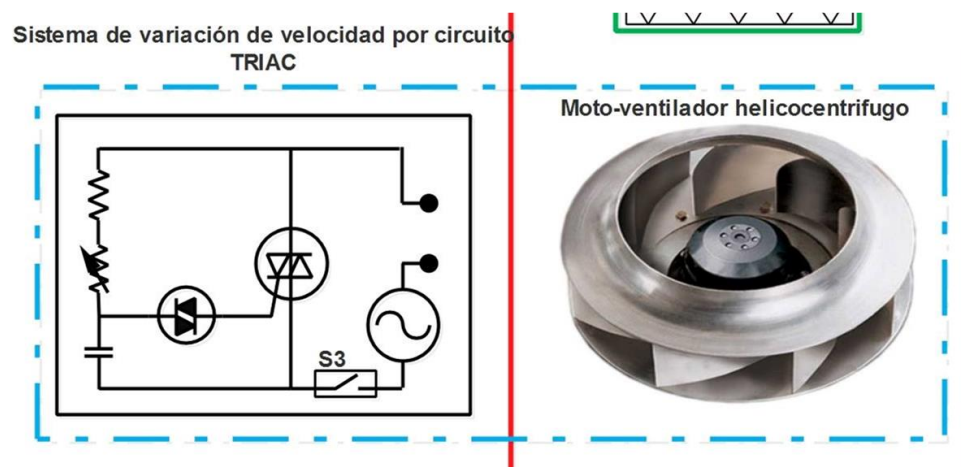
Si una carga tiene una característica par-velocidad como la mostrada en la figura 18 la velocidad del motor puede ser controlada en un rango limitado, variando el voltaje de línea. Este método de control de velocidad se utiliza a veces para manejar pequeños motores de ventilación.

**4.4.1 Variación de velocidad mediante Triac.** El triac es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por inversión de la tensión o al disminuir la corriente por debajo

del valor de mantenimiento. El triac puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

Muchos de estos circuitos reguladores de potencia tienen un punto de encendido y apagado que no coincide (a este fenómeno se le llama histéresis), y es común en los TRIACS.

Figura 19. Circuito Triac

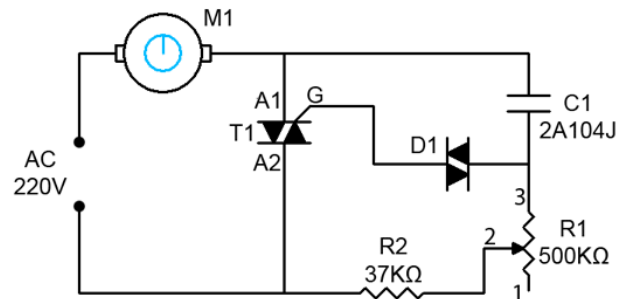


Para corregir este defecto se ha incluido en el circuito las resistencias R1, R2 y C1. El conjunto R3 y C3 se utiliza para filtrar picos transitorios de alto voltaje que pudieran aparecer. El conjunto de elementos P (potenciómetro) y C2 son los necesarios mínimos para que el triac sea disparado. El triac controla el paso de la corriente alterna a la carga conmutando entre los estados de conducción (pasa corriente) y corte (no pasa corriente) durante los semiciclos negativos y positivos de la señal de alimentación (110 / 220 voltio.), la señal de corriente alterna que viene por el enchufe de nuestras casas El triac se disparará cuando el voltaje entre el condensador y el potenciómetro (conectado a la compuerta del TRIAC) sea el adecuado. Hay que aclarar que el condensador en un circuito de corriente alterna (como este) tiene su voltaje atrasado con respecto a la señal original, y cambiando

el valor del potenciómetro, varío la razón de carga del condensador, el atraso que tiene y por ende el desfase con la señal alterna original. Esto causa que se pueda tener control sobre la cantidad de corriente que pasa a la carga y por ende la potencia que se le aplica

**4.4.2 Circuito a utilizar.** El circuito a utilizar para variar la rotación del motor consiste en: un diac D1 como elemento de disparo, el diac al poderse activar tanto al inicio de la onda positiva como negativa permite un control en todo el ciclo, el triac T1 como interruptor de la corriente alterna, el condensador C1 y la resistencia R2 permiten compensar caídas de tensión por una variación en la carga del circuito, por ultimo la resistencia variable R1 tiene como propósito determinar la tensión mínima de disparo del diac.

Figura 20. Circuito Triac utilizado



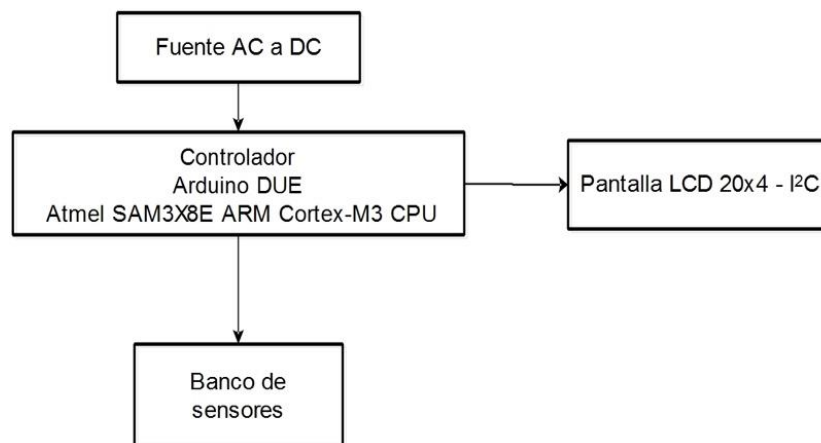
Datos de los elementos:

- R1 500 [kΩ]
- R2 37 [kΩ]
- C1 100 [nf]

## 4.5 SISTEMA DE SENSADO

El sistema de sensado tiene como propósito mostrar datos de: temperatura, humedad, velocidad del aire, densidad de partículas y potencia UV en tiempo real mediante una pantalla incorporada en la cabina de flujo laminar, mediante un controlador se programan la recepción de datos, calibración de sensores y muestra de datos, el sistema cuenta con una fuente AC a DC para el suministro de energía a controlador, pantalla y sensores.

Figura 21. Caracterización del sistema de sensado



**4.5.1 Controlador - Arduino DUE Atmel SAM3X8E.** El controlador Arduino DUE Atmel SAM3X8E es un microprocesador desarrollador por la empresa Atmel, es un dispositivo de fácil adquisición con múltiples entradas y salidas digitales y análogas, el controlador tiene una arquitectura de datos a 32 bit que le permite procesar los datos todos los sensores y pantalla sin ningún problema, incorpora 2 salidas I2C que le permiten conectar múltiples dispositivos ahorrando espacio y líneas de código. La fuente reguladora de voltaje le permite alimentar dispositivos a 3.3V y 5V, que son los voltajes de funcionamiento más comunes en sensores.

Tabla 2. Controlador - Arduino DUE Atmel SAM3X8E

Variable	
----------	--

Pines digitales In/Out	54
Pines análogos In	12
Pines análogos Out	2
Voltaje de suministro	12 [VDC]
Voltaje de entrada	3.3 [VDC]
Frecuencia de funcionamiento	84 [Mhz]

**4.5.2 Pantalla LCD - 20x4 I2C.** Esta pantalla permite mostrar los datos de los sensores mediante los datos procesados por el controlador bajo el protocolo I2C, este protocolo consta de dos hilos SDA (System data) y SCL (System clock ). La línea SDA permite la transferencia de datos entre los dispositivos y SCL la sincronización mediante pulsos de reloj, este protocolo funciona con un dispositivo maestro que por lo general es el controlador principal y múltiples dispositivos esclavos, para que la pantalla muestre los datos hace falta de un decodificador I2C, para pasar a los 16 pines de la pantalla, por este medio se puede ahorrar espacio, numero de cables y líneas de programación.

Figura 22. Pantalla LCD - 20x4 I2C

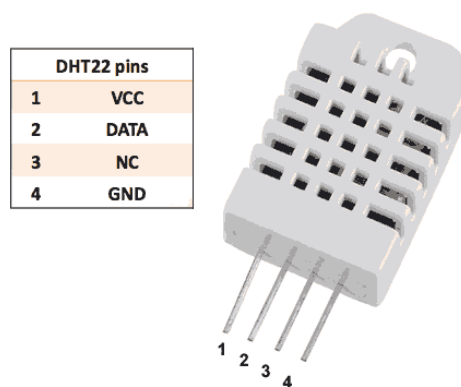


**4.5.3 Temperatura y humedad - Sensor DTH 22.** El sensor DTH 22 es un sensor integrado para medir temperatura y humedad, este sensor utiliza el protocolo one-wire (un hilo) para la comunicación de ambos parámetros, el protocolo tiene como referencia a tierra, se pueden utilizar más de un sensor por este medio, se inicializa el sensor con un bajo (cero voltios) durante 480 microsegundos, luego se inicializa una comunicación en lenguaje binario donde uno bit es de 0 voltios durante 0 a 15

microsegundos, para enviar un cero bit se envía 0 voltios durante 0 a 60 microsegundos. Este protocolo puede incluir código para la detección de errores, como de desconexión de dispositivos, además sobre un mismo hilo se pueden unir uno o más sensores y bajo el mismo protocolo se reconoce el dispositivo.

a) Características del sensor DHT22

Figura 23. Sensor de temperatura DTH 2



b) Tabla de Características

Tabla 3. Tabla de características sensor DTH 22

Variable	
Rango Humedad	0 a 100 [%]
Rango Temperatura	- 40 a 80 [ °C ]
Resolución Humedad	0.1 [%]
Resolución Temperatura	0.1 [ °C ]
Repetitividad Humedad	+ - 0.3 [%]
Repetitividad Temperatura	+ - 0.5 [%]
Voltaje de suministro	3.3 [V]
Retardo	Max 2 [Seg]

**4.5.4 Velocidad de aire - Sensor D6F – V03A1.** El sensor D6F – V03A1 y los sensores de esta familia están diseñados para medir velocidad de aire a bajas velocidades, la salida de señal es analógica en función del voltaje a mayor velocidad

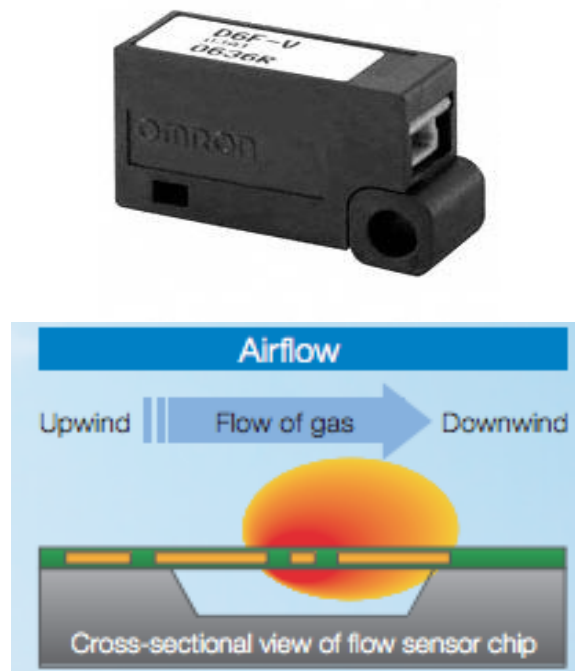
de aire mayor voltaje sobre la salida, el sensor utiliza dos termopilas mientras no exista flujo de aire sobre las termopilas la diferencia de temperatura entre las termopilas es cero, una vez que el aire entra a la cámara un extremo de la termopila se calienta más que el otro, esta diferencia de temperatura es enviada a un circuito amplificador, cabe resaltar que la salida de la señal del sensor no es lineal y hace falta interpretarla en un microcontrolador bajo una regresión matemática.

A) Características del sensor D6F – V03A1.

Tabla 4. Sensor D6F-V03A1

Variable	
Rango	0 a 3 [m/s]
Fluido	Aire
Voltaje suministro	3.15 a 3.45 [V]
Voltaje de salida	0.5 a 2 [VDC]
Precisión	+ - 10 FS @ 25 °C [%]
Repetitividad	+ - 1.5 FS [%]

Figura 24. Principio de funcionamiento de los sensores



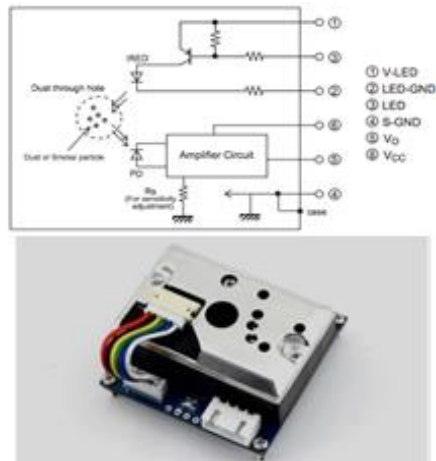
**4.5.5 Densidad de partículas – GP2Y1010AU0F.** El Sensor de densidad de partículas es un transductor óptico que por medio de un diodo de emisión de luz infrarroja (IRED) y un foto transistor en un arreglo en diagonal convierten las diferencias de señal con un valor referencia para estimar el número de partículas en un volumen definido, el aire contaminado cruza una cámara cilíndrica perpendicular al arreglo led – fototransistor para que el aire circule y se obtengan nuevas mediciones, el sensor es tan efectivo que puede determinar partículas de humo en cigarrillo y la extinción de otros gases. Adicional a esto se puede diferenciar entre polvo y humo debido a un patrón comparador de pulsos, el circuito comparador permite convertir el voltaje de salida en una señal totalmente proporcional a la densidad de polvo.

A) Características del Sensor:

Tabla 5. Características del sensor GP2Y1010AU0F

Variable	
Rango	0 a 0.45 [mg/m <sup>3</sup> ]
Precisión	0.65 [mg/m <sup>3</sup> ]
Voltaje suministro	5 [VDC]
Voltaje de salida	3.4 [VDC]
Repetitividad	+ - 1.5 FS [%]

Figura 25. Sensor GP2Y1010AU0F

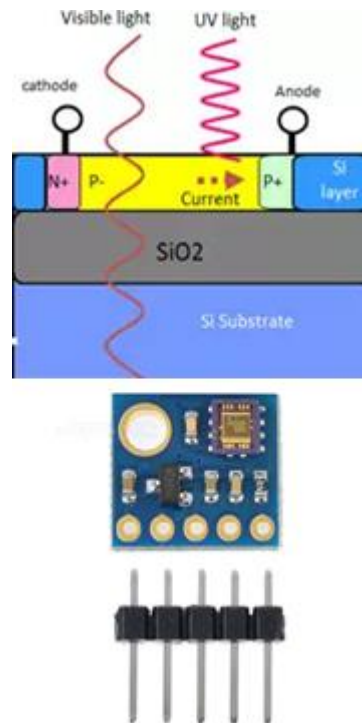


**4.5.6 Sensor de radiación ultravioleta - UV GY-ML8511.** El sensor de intensidad de radiación violeta funciona mediante la salida de una señal analógica en relación a la cantidad de luz UV que recibida. El sensor detecta los rayos UV A (400 a 315 nm) y UV B (315 a 280 nm), la salida es lineal a la intensidad UV recibida, funciona mediante un fotodiodo que capta los rayos UV y mediante un circuito amplificador convierte la luz UV en voltaje. Un sustrato de material transparente al espectro visible permite que el sensor capte únicamente la intensidad UV.

Tabla 6. Características del sensor UV GY-ML8511

Variable	
Rango	280 a 400 [nm]
Precisión	1 [mW/cm <sup>2</sup> ]
Voltaje suministro	5 [VDC]
Voltaje de salida	3.0 Max [VDC]

Figura 26. Sensor UV GY-ML8511



#### 4.6 RADIACION ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta en la cabina de flujo laminar se utiliza para limpiar de microorganismos perjudiciales y bacterias a los productos que se procesen en esta. La radiación ultravioleta (UV) pertenece a la franja del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 400 y 100 nm aproximadamente. Se extiende desde la parte violeta del espectro visible hasta la zona de rayos X blandos, aunque ambos límites son arbitrarios. El límite con la radiación visible depende de la sensibilidad del ojo humano y viene determinado por la absorción de la radiación UV por los diferentes medios transparentes que ha de atravesar para alcanzar la retina, en

especial por el cristalino. La diferencia con los rayos X reside en el mecanismo de emisión: la radiación ultravioleta se origina a partir de transiciones electrónicas de las capas exteriores de los átomos; en cambio, el rayo X, las transiciones corresponden a electrones de las capas interiores. Se detecta fácilmente, debido a que posee gran actividad fotoeléctrica y fotoquímica. Sin embargo, la materia la absorbe con gran facilidad, lo que plantea problemas de transmisión en diferentes medios.

**4.6.1 Propiedades de la radiación ultravioleta.** La radiación ultravioleta se ha caracterizado por longitudes de onda muy cercanas a las de la luz del sol. Los parámetros más importantes de la radiación UV relacionados con la desinfección del agua son:

a) Longitud de onda: El rango germicida se encuentra entre 240 y 280 nm (nanómetros) y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 260 nm. Estos límites se encuentran dentro del rango denominado ultravioleta - C (100-280 nm), que se diferencia del ultravioleta - A (315-400 nm) y del ultravioleta - B (280-315 nm).

b) Calidad del agua: La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección con luz ultravioleta, pero afecta el rendimiento operativo de la lámpara de luz ultravioleta, cuando la misma está inmersa en el agua. La energía ultravioleta es absorbida por el agua, pero en mucho mayor grado es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, turbiedad y color. En el agua para consumo humano, la concentración de los 94 sólidos en suspensión es generalmente inferior a 10 ppm, nivel al que empieza a experimentar problemas con la absorción de la luz ultravioleta. La turbiedad debe ser tan baja como sea posible y en todo caso, deben evitarse turbiedades mayores de 5 UTN.

c) Intensidad de la radiación: A menor distancia del agua respecto al punto de emisión de los rayos, mayor será la intensidad de los mismos y por tanto la desinfección será más eficiente. Con respecto a esta condición, existe una regla general que dice que no debe haber más de 75 mm de profundidad de agua para asegurar que cada porción de la misma sea alcanzada por los rayos adecuadamente.

d) Tipo de microorganismos: La radiación ultravioleta se mide en microvatios por centímetro cuadrado ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) y la dosis en microvatios segundo por centímetro cuadrado ( $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ ) (radiación x tiempo). La resistencia al efecto de la radiación dependerá del tipo de microorganismo. No obstante, la dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes (coliformes, pseudomonas, etc.) varía entre 6.000 y 10.000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ . Las normas para la dosificación de luz ultravioleta en diferentes países varían entre 16.000 y 38.000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ .

e) Tiempo de exposición: Como cualquier otro desinfectante, el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. No es fácil determinar con exactitud el tiempo de contacto (ya que éste depende del tipo de flujo y de las características del equipo), pero el período debería estar relacionado con la dosificación necesaria (recordar la explicación y el concepto del  $C \times T$ ). De cualquier modo, las exposiciones normales son del orden de 10 a 20 segundos.

Para un grado determinado de inactivación de microorganismos, el tiempo requerido de exposición del agua a la luz ultravioleta es inversamente proporcional a la intensidad de la luz que penetra el agua, teniendo en cuenta la capacidad de absorción del agua y la dispersión de la luz debido a la distancia.

El método de desinfección es sencillo, consiste en poner en contacto el flujo de agua con una lámpara ultravioleta, de tal manera que la radiación UV actúe sobre los

microorganismos del agua bajo las condiciones arriba expuestas con el consecuente efecto desinfectante.

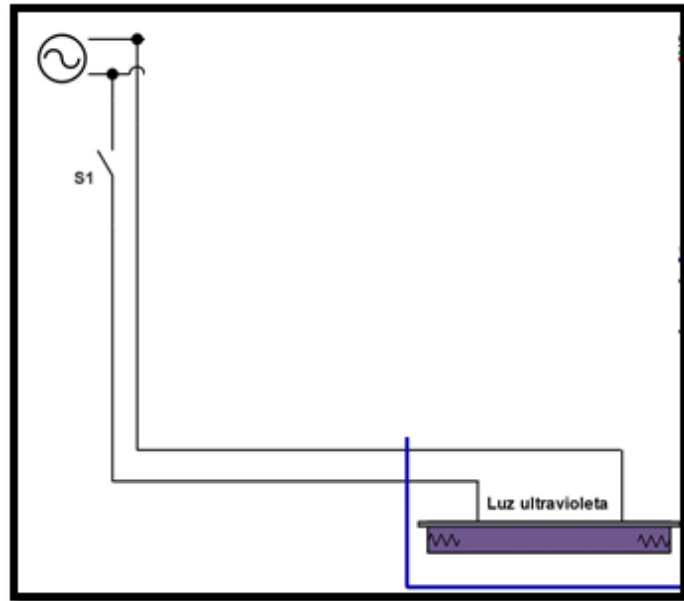
**4.6.2 Energía requerida para destruir algunos microorganismos.** La mayoría de los equipos de desinfección ultravioleta utilizan una exposición mínima de 30.000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ . Esto es adecuado para inactivar las bacterias y virus patógenos, pero quizá no sea suficiente para ciertos protozoos patógenos, quistes de protozoos y huevos de nematodos, que pueden requerir hasta 100.000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$  para su inactivación total.

Tabla 7. Requerimientos de radiación ultravioleta para eliminar el 99.99% de los microorganismos

BACTERIAS	ENERGIA $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	OTROS ORGANISMOS	ENERGIA $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Bacillus anthracis	8.700		
S. enteritidis	7.600		
B. Megatherium sp.(veg)	2.500	<b>LEVADURA</b>	
B. Megatherium sp.(sporas)	5.200		
B. peratyphosus	6.100	Saccharomyces ellipsoideus	13.200
B. subtilis	11.000	Saccharomyces sp.	1.600
B. subtilis spores	22.000	Saccharomyces cerevisiae	13.200
Clostridium tetani	22.000	Levadura para cerveza	660
Corynebacterium diphtheriae	6.500	Levadura para panadería	800
Eberthella typosa	4.100	Levadura para repostería	13.200
Escherichia coli	6.600		
Micrococcus candidus	12.300	<b>ESPORAS</b>	
Mycobacterium tuberculosis	10.000		
Neisseria catarrhalis	8.500	Penicillium roqueforti	26.400
Phytomonas tumefaciens	500	Penicillium expansum	22.000
Proteus vulgaris	6.600	Mucor racemosus A	35.200
Pseudomonas aeryginosa	10.500	Mucor racemosus B	5.200
Pseudomonas fluorescens	6.600	Oospora lactis	1.100
S. typhimurium	15.200		
Salmonella	10.000	<b>VIRUS</b>	
Sarcina lutea	26.400		
Serratia marcescens	6.160	Bacteriophage (E. coli)	6.600
Dysentry bacilli	4.200	Virus de la influenza	6.600
Shigella paradysenteriae	3.400	Virus de la hepatitis	8.000
Spirillum rubrum	6.160	Poliovirus(Poliomyelitis)	1.000
Staphylococcus alous	5.720	Rotavirus	24.000
Staphylococcus aureus	6.600		
Streptococcus hemolyticus	5.500	<b>ALGAS</b>	
Streptococcus lactis	8.800		
Streptococcus viridans	3.800	Chlorella vulgaris	2.000
Vibrio cholerae	6.500		

### 4.6.3 Componentes del sistema radiación ultravioleta

Figura 27. Componentes del Sistema de radiación ultravioleta



- a) Fuente: Encargada de suministrar el fluido eléctrico a la lámpara ultravioleta
- b) Instalación Eléctrica: es el medio por donde se transmite la corriente eléctrica para llegar a la lámpara UV
- c) Soportes: Apoyos en donde se sostiene la lámpara
- d) Lámpara Ultravioleta: Es la encargada de generar la energía necesaria para eliminar los microorganismos contaminantes

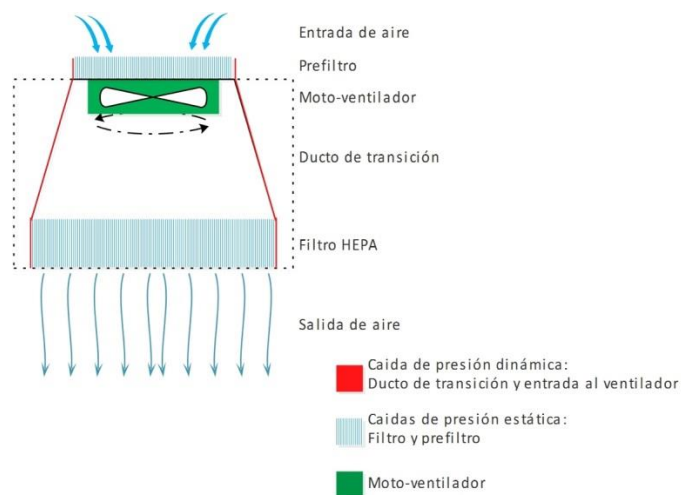
## 5. ANALISIS DEL DISEÑO

En este capítulo se analizará el diseño y selección de los algunos componentes que conforman los sistemas característicos de la cabina de flujo de laminar, teniendo como base la norma NSF/ ANSI 49 – 2008. Esta norma se aplica a cabinas de seguridad biológica Clase II (flujo laminar) diseñada para minimizar los riesgos inherentes en el trabajo con los agentes asignados a niveles de bioseguridad 1, 2, 3, o 4.

### 5.1 SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación tiene como propósito renovar el aire dentro del área de trabajo, aire puro y casi 100% libre de contaminantes, evita el asentamiento de partículas; que sin flujo de aire pueden contaminar áreas horizontales como la superficie de trabajo, el sistema de ventilación está compuesto por el moto-ventilador y el sistema de filtrado; estos dos sistemas están unidos mediante una transición (campana) que permiten aislar el aire del exterior y minimizar la caída de presión dinámica.

Figura 28. Caídas de presión en el sistema de ventilación



**5.1.1 Parámetros mecánicos para la selección del ventilador.** Para la selección de este debemos tener claros conceptos como:

a) Presión Dinámica: Se define como la fuerza por unidad de área resultante de la inercia de las partículas de fluido en movimiento, debido a que se genera por el movimiento de las partículas su medida está estrechamente relacionada con la dirección del fluido respecto a la sección expuesta a dicha presión.

b) Presión Estática: Es la generada por la presencia de un fluido en reposo sobre un medio de contención, la presión estática se diferencia de la presión dinámica en que esta actúa en dirección perpendicular al medio que la contiene; mientras que la presión dinámica se ejerce únicamente perpendicular a la dirección del fluido.

c) Caudal: Es la tasa de fluido que circula por una sección transversal regular o irregular, se calcula teniendo en cuenta la velocidad media del fluido sobre un área perpendicular a la dirección de flujo.

**Presión total = Presión estática + Presión dinámica**

$$= \rho * g * H \quad + \quad \frac{1}{2} * \rho * v^2$$

**Donde:**

$\rho$  Es la densidad del fluido.

$G$  es la aceleración gravitacional.

$H$  es la altura del fluido en el medio que lo contiene.

$V$  es la velocidad media del fluido en dirección longitudinal.

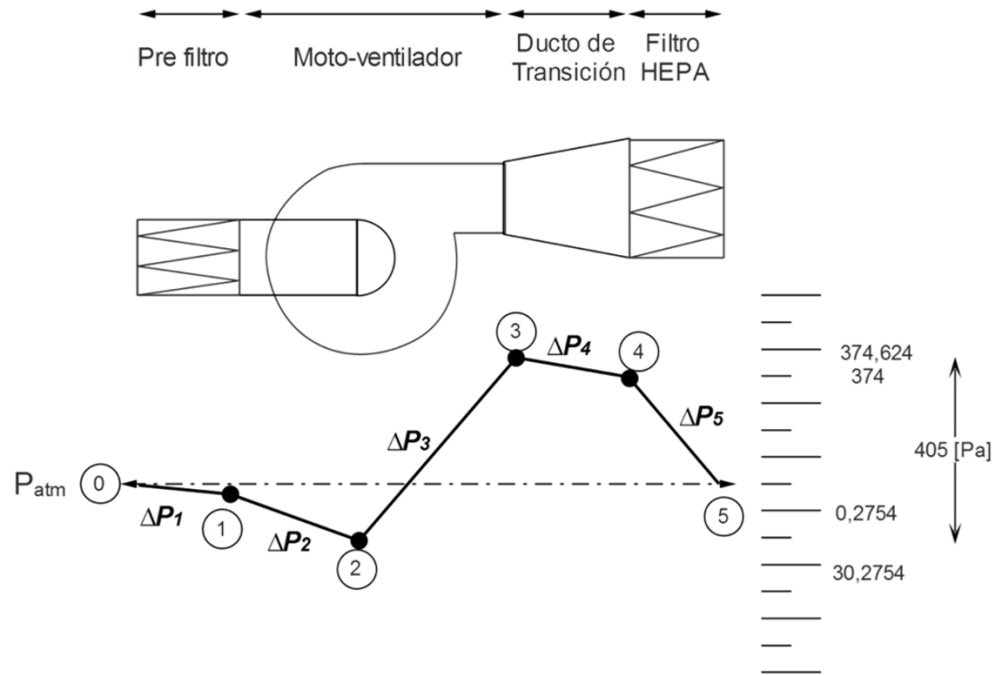
**5.1.2 Cálculo de caudal.** La velocidad requerida de acuerdo a la norma NSF/ ANSI 49 – 2008 debe de ser mínimo de 75 [ft/min] ó 0.38 [m/s] y máximo 100 [ft/min] ó 0.5 [m/s], teniendo esto presente y conociendo el área de la sección transversal del filtro (24"x24") ò (609.6 x 609.6 m<sup>2</sup>), procedemos a calcular

$$Q = V * A = 0.5[m/s] * 0.62 [m^2] = 0.18 [m^3/s]$$

$$= 380 \text{ [ft}^3\text{/m]}$$

### 5.1.3 Cálculos caída de presión

Figura 29. Esquema de caída de presiones en el sistema de ventilación



En el esquema anterior se pueden apreciar los niveles de presione en el sistema de ventilación debido a los componentes involucrados:

$P_0$ = Presión Atmosférica

$\Delta P_1$ = Perdidas Presión Pre-Filtro

$\Delta P_2$ = Perdidas Presión Entrada Moto- Ventilador

$\Delta P_3$ = Presión suministrada por el Moto- Ventilador

$\Delta P_4$ = Perdidas en el ducto de Transición

$\Delta P_5$ = Perdidas Presión Filtro HEPA

Para calcular la Presión requerida por el Moto- Ventilador tenemos que:

$$-\Delta P1 - \Delta P2 + \Delta P3 - \Delta P4 - \Delta P5 = 0$$

$$\Delta P3 = \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P4 + \Delta P5$$

**5.1.4 Perdidas en el Pre-filtro.** Ahora, para los cálculos de pérdidas en los pre-filtros tenemos que:

El pre filtro asegura una arrestancia menor al 75% % esto lo ubica según el estándar de la ASHRAE en una categoría MERV 4, Según ASHRAE 52.2-1999 la caída de presión para dicho filtro con un espesor de 1" y un flujo de 380 [Cfm] es de 30 pascales contando con un filtro nuevo y una caída de presión de 30 [Pa] para cuando el filtro se encuentra saturado, se debe tener en cuenta que los pre filtros se cambian de cada 3 a 5 meses, esto con el propósito de aumentar la vida del filtro HEPA y a su vez disminuir los costos de funcionamiento.

$$\Delta P1 = 30 \text{ [Pa]}$$

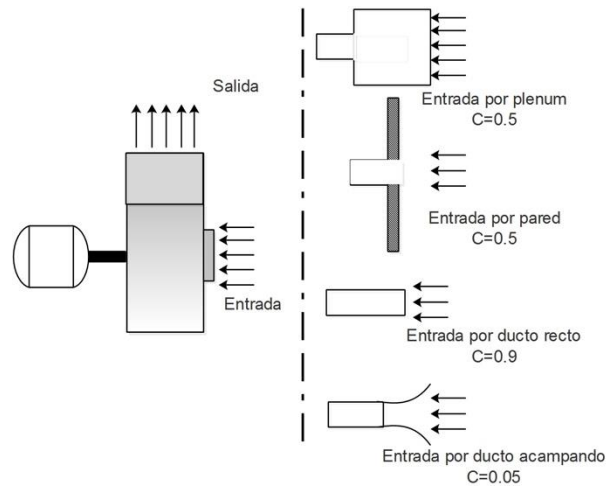
**5.1.5 Perdidas entrada al ventilador.** El ingreso de aire al ventilador muchas veces no es tenido en cuenta para el cálculo de caída de presión debido a los múltiples tipos de entradas y de instalaciones vistas, si bien los ventiladores que más se ven afectados son los centrífugos dada la disposición entre la entrada y salida del fluido, también afecta a los ventiladores axiales y radiales.

A continuación, citamos los tipos de entradas más comunes y sus respectivas perdidas representadas como caída de presión de acuerdo a la literatura<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> VERDAVARZ, A. HVAC: Handbook of heating, ventilation and air conditioning for design and implementation. New york: Industrial press Inc., 2007 p. 542

Figura 30. Perdidas en conductos rectos en la entrada de aire



Por la geometría del ventilador el ingreso de aire es mediante ducto acampanado, ahora para determinar la caída de presión dinámica, se requieren datos de la velocidad a la entrada del ventilador, la densidad del aire y el área de entrada del ventilador.

$$\rho = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A = 0.0594 \text{ m}^2$$

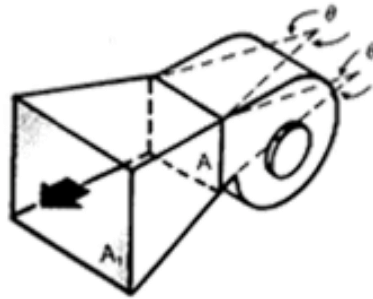
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.18}{0.0594} = 3.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_p = \frac{1}{2} * \rho * v^2 = 0.5 * 1.2 * 3.03^2 = 5.508 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{in} = C_{in} * V_p = 0.05 * 5.508 = \Delta P_2 = \mathbf{0.2754 \text{ [Pa]}}$$

**5.1.6 Perdidas ducto de transición.** Previo a la selección del ventilador se tuvo en cuenta los requerimientos de flujo para los ductos y filtros presentes en la cabina, tanto para suplir la presión total como para cumplir con la velocidad reglamentada por NSF/ANSI 49 – 2008. Se tuvo en cuenta las caídas de presión por la transición trapezoidal entre el ventilador y el filtro principal (HEPA).

Figura 31. Ducto de transición



Con las medidas de la campana obtenemos la relación de áreas:

$$\text{Relación de áreas} = A_1/A = 600/340 = 1.7647$$

Ángulo de apertura de las aristas = 25° (Obtenido por Trigonometría de la campana)

Tabla 8. Coeficiente de presión dinámica

$A_1/A$	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
$\theta$						
10°	0.10	0.18	0.21	0.23	0.24	0.25
15°	0.23	0.33	0.38	0.40	0.42	0.44
20°	0.31	0.43	0.48	0.53	0.56	0.58
25°	0.36	0.49	0.55	0.58	0.62	0.64
30°	0.42	0.53	0.59	0.64	0.67	0.69

Ahora, con los datos obtenidos con la relación de áreas y el Angulo de apertura lo interpolamos en la tabla para obtener la caída de presión dinámica de la campana

Coeficiente de caída de presión dinámica = 0.4288. Ahora, Procedemos a calcular

la caída de presión dinámica con el coeficiente obtenido:

$$P_d = C * V_p$$

$$V_p = \frac{1}{2} * \rho * v^2$$

$$V_p = 0.5 * 1.2 * v^2 \text{ (Densidad del fluido a una temperatura promedio de } 20^\circ\text{c Bogotá)}$$

$$V_p = 0.6 * v^2$$

Como constante conservativa se tomará la velocidad más alta dentro de la transición que vendría siendo a la salida del ventilador, con el caudal obtenido y la sección de menor tamaño obtenemos esta velocidad:

$$V_{\max} = Q/A_{\min} = 0.18 / 0.34 \times 0.34 = 1.557 \text{ [m/s]}$$

Ahora, procedemos a calcular la caída de la presión Dinámica.

$$V_p = 0.6 \times 1.557^2 = 1.455$$

$$P_d = C \times V_p = 0.4288 \times 1.455$$

$$\Delta P_4 = 0.624 \text{ [Pa]}$$

**5.1.7 Pérdidas filtro HEPA.** El sistema de filtrado tiene como función retener organismos y partículas que se transporten mediante el aire hacia el interior de la cabina de flujo laminar, el filtro preserva la asepsia dentro del área y en su funcionamiento normal permite un aislamiento del exterior por la presión positiva creada por el aire. De la ficha técnica del filtro obtenemos:

Tabla 9. Características del filtro HEPA

Característica	Valor
Tamaño	594x594x95 [mm]
Flujo Máximo	1400 [m <sup>3</sup> /h]
Caída de presión @ 1400 [m <sup>3</sup> /h]	160 +- 15% [Pa]
Eficiencia	99.99% @ 0.3 um
Clase/Categoría	H-13 norma EN1822

Una caída de presión de 170 [Pa] para una velocidad nominal de 1400 [m<sup>3</sup>/hr], el área de flujo del filtro es 24" x 24" = 576 in<sup>2</sup> = 0.371 [m<sup>2</sup>]

Velocidad para 24"x24"

$$V = Q/A = 1400/0.371 = 3773.6 \text{ [m/hr]} = 1.0482 \text{ [m/s]}$$

Para encontrar la presión equivalente,

$$H_v = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde  $H_v$  = Presión equivalente

$K$  = Constante de pérdida del filtro

$V$  = velocidad del flujo de aire

$g$  = Aceleración gravitacional

$$170 \text{ [Pa]} = K * \frac{1.048^2}{2 * 9.81} \rightarrow k = 3036.9$$

Ahora podemos determinar la caída de presión esperada para una velocidad del aire de 0.5 [m/s]

$$H_v = 3036.9 * \frac{0.5^2}{2 * 9.81} = \Delta P_5 = \mathbf{38.7 \text{ [Pa]}}$$

Esta sería la caída de presión inicial debida a la obstrucción generada por el filtro nuevo, sin embargo, datos proporcionados por el estándar NSF/ANSI 49 – 2008. Indican que el diseño de las cabinas debe ser tal que estas puedan proporcionar una diferencia de presión máxima de 2 [Pulg.H<sub>2</sub>O]. ó 500 [Pa] para el estado cuando el filtro se encuentra saturado de partículas. Aunque las empresas optan por no llevar los filtros hasta dicho nivel de saturación por tanto acostumbran cambiarlos para cuando estos alcancen una saturación que genere una diferencia de presión de 1.5 [Pulg.H<sub>2</sub>O] ó 374 [Pa], dicha saturación se da entre los 9 y 15 meses de uso en ambientes estériles con pre filtración.

$\Delta P_5 = 374 \text{ [Pa]}$  “Presión Según Norma”

**5.1.8 Presión moto-ventilador.** Ahora, para el cálculo de la potencia del motor vemos que esta, está determinada en función de la caída de presión total del sistema de ventilación y el caudal suministrado, adicionalmente se debe tener en cuenta la eficiencia del sistema, que a su vez está condicionado a la eficiencia del

motor y del sistema de transmisión de potencia, la potencia consumida por el sistema es:

$$P = \frac{Q_R * DP}{\mu_T}$$

Dónde:

P es la potencia en [W]

Q\_R es el caudal requerido en [m<sup>3</sup>/s]

DP es la diferencia de presión total en [Pa]

u\_(T.) es la eficiencia total del sistema, comprendida por la eficiencia mecánica y eléctrica del moto –ventilador

Datos:

Caudal: 0.18 [m<sup>3</sup>/s] = 380 [ft<sup>3</sup>/m]

ΔP1= 30 [Pa]; ΔP2= 0.2754 [Pa]; ΔP4= 0,624 [Pa]; ΔP5= 374 [Pa]

Ahora:

$$\Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P4 + \Delta P5 = \Delta P3$$

$$30 \text{ [Pa]} + 0.2754 \text{ [Pa]} + 0,624 \text{ [Pa]} + 374 \text{ [Pa]} = 405 \text{ [Pa]}$$

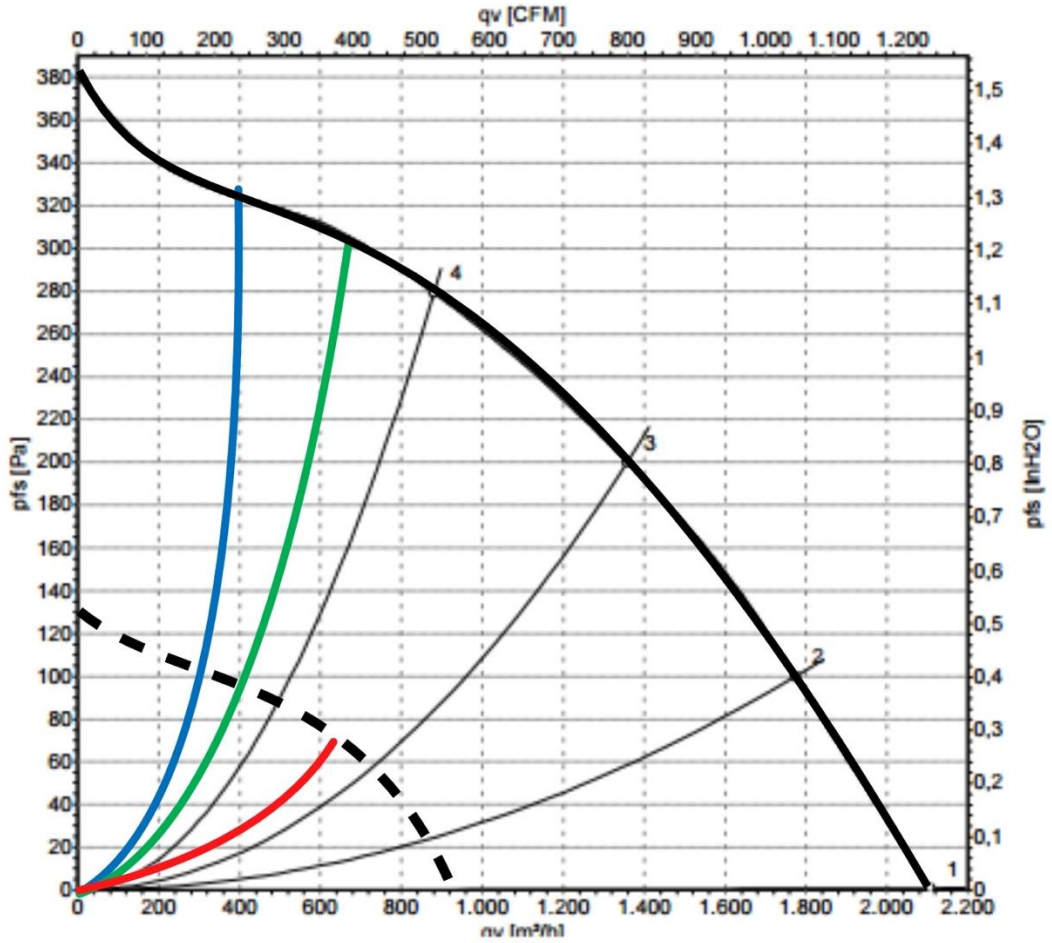
Contando con una eficiencia total del sistema mayor al 70% debido a la ausencia de correas u otro sistema de transmisión.

La potencia suministrada al ventilador será entonces:

$$P = \frac{0,18 * 405}{0,7} = 104,046 \text{ [W]} \text{ ó } 0,139 \text{ [HP]}$$

**5.1.9 Moto-ventilador seleccionado.** El moto-ventilador seleccionado es de tipo helicocentrífugo con motor incorporado, dado que las características mecánicas y la disposición de ingreso y salida de aire es el indicado para el cumplimiento de la presión, caudal y espacio requerido.

Figura 32. Curva característica del moto-ventilador



Curva roja y negra punteada. Filtro sin uso y moto ventilador girando a 606 RPM, curva verde máxima funcionamiento con velocidad de 0.5 m/s y curva azul máxima funcionamiento con velocidad de 0.3 m/s

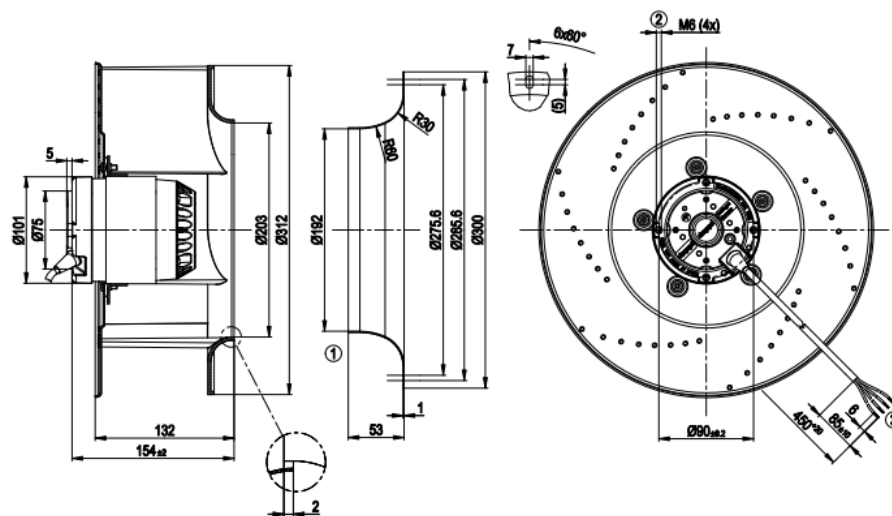
Tabla 10. Características del Moto Ventilador

<b>Modelo</b>	ebm r4e310
<b>Marca</b>	Ebm papst
<b>Tipo</b>	Helicentrifugo
<b>Disposición entrada – salida</b>	Entrada: axial Salida: Radial
<b>Voltaje [V]</b>	220
<b>Frecuencia[Hz]</b>	60
<b>Velocidad [Rpm]</b>	1670
<b>Potencia max</b>	160

Figura 33. Moto-ventilador ebm r4e310



Figura 34. Esquema moto ventilador ebm r4e310



## 5.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELECTRICO

Debido a su velocidad variable, los motores de corriente continua se pueden utilizar tanto para aplicaciones de baja potencia como es el presente caso. Sin embargo, debido a su alto costo y mayor consumo por su naturaleza de funcionar a bajos voltajes, normalmente sólo se utilizan para consumo de electrodomésticos y

herramientas de bajo poder. Los motores de corriente alterna son más baratos y son compatibles con la red en la mayoría de lugares del mundo.

Para la selección del motor se tomaron criterios como:

- a) Para utilizar un motor de corriente continua, debemos incluir en los costos iniciales el inversor de corriente y toda la acometida eléctrica.
- b) Menos elementos en la línea de transmisión hacia el moto- ventilador, lo que a su vez reduce el número de elementos a los cuales hacerles mantenimiento.
- c) Menor consumo de corriente al obviar inversor y funcionar con alta tensión.
- d) Mayor disponibilidad.
- e) Aunque en los motores de corriente continua la electrónica del control es más sencilla, estos tienen mayor peso y volumen para las mismas unidades de potencia y par que su correspondiente en corriente alterna.

### 5.3 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD

El sistema de variación de velocidad permite de una forma fácil y practica establecer la velocidad dentro del área de trabajo (0.3 a 0.5 m/s). El circuito permite graduar de forma periódica de acuerdo a la saturación del filtro aumente, permitiendo ahorrar energía y aumentar la vida útil del filtro HEPA, esto porque en la mayoría de casos el sistema de ventilación se diseña sobre el límite superior de velocidad del filtro (0.5 m/s) y conforme se sature y llegue a 0.3 m/s se realiza el cambio del mismo.

Potencia monofásica:

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}(\theta)} = \frac{104.046}{220 * 0,85} = \mathbf{0,556 \text{ [Amp]}}$$

Donde la potencia esta expresada en watts, el voltaje en voltios y el coseno del Angulo representa el desfase de onda que para el caso asumimos como 0,85.

Debido a que en el arranque el motor puede llegar a consumir de 3 a 4 veces la su potencia nominal el Triac y diac se seleccionaron de hasta 10 [amp].

#### **5.4 SISTEMA DE RADIACION ULTRAVIOLETA**

La radiación ultravioleta UV-C (280-100 nm) y UV-B (315-280 nm) permite matar organismos de pequeño tamaño como virus y bacterias, siendo los rayos UV-C los más efectivos. Para la selección de este se tuvo en cuenta criterios como:

- a) Dimensionamiento de la cabina para el tamaño de la lámpara (70 cm)
- b) Cumpliera con los requerimientos de longitud de onda cercano a los 254 nm (nanómetros)
- c) Tiene una capacidad máxima de tratamiento de 1.000 m<sup>3</sup>/ hora en el aire.
- d) Potencia de luz de 15 w.

## **6. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE LAS CABINAS DE FLUJO LAMINAR**

### **6.1 DESCRIPCION DE LA NORMA**

Esta norma se aplica a cabinas de seguridad biológica Clase II (flujo laminar) diseñada para minimizar los riesgos inherentes en el trabajo con los agentes asignados a niveles de bioseguridad 1, 2, 5, o 4. Esta también define las pruebas que deberá darse a conocer para cumplir. Esta norma incluye requisitos básicos para el diseño, la construcción, y el rendimiento de cabinas de seguridad biológica que están destinados a proporcionar personal, producto, y protección del medio ambiente; un funcionamiento fiable; durabilidad y estabilidad estructural; facilidad de limpieza; limitaciones de nivel de ruido; iluminación; vibración; y el rendimiento del motor / ventilador.

### **6.2 REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos contienen requisitos que, por referencia en este texto, constituyen requisitos de esta Norma. Todos los documentos están sujetos a revisión, y partes para investigar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos indicados a continuación:

- ACGIH, ventilación industrial, un Manual de Prácticas Recomendadas
- ANSI 226.1 - Test No. 17
- ANSI / NFPA 70, 1999, Código Eléctrico Nacional
- APHA, Compendio de métodos microbiológicos para examen de los alimentos, 1976 (tinción de esporas técnicas)
- APHA, Métodos estándar para el examen de agua y de aguas residuales, Decimoséptima Edición (Estándar métodos de placa de dilución)

- ASHRAE, Standard 111-2008 prácticas para la medición, prueba, ajuste y el equilibrado de la Construcción, Calefacción, Ventilación, Aire acondicionado y refrigeración
- IES, Manual Illumination Illuminating Engineering Society
- IEST-RP-CC-001, Práctica recomendada para filtros HEPA
- IEST-RP-CC007, Pruebas ULPA
- IEST-RP-CC-015, Instituto de Ciencias Ambientales Práctica recomendada, Provisional de agosto de 1986
- IEST-RP-CC021, Pruebas HEPA y ULPA Filter Media
- MIL-F-51079B, filtros de partículas, de alta eficiencia, resistente al fuego, el uso biológico
- NIOSH, el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) informa en "Revisión de riesgos de Bis (clorometil) éter (BCME)

## **6.3 MATERIALES**

**6.3.1 Generalidades.** Los materiales deben soportar el desgaste normal, la acción corrosiva de los gases o líquidos, compuestos de limpieza, agentes y procedimientos de descontaminación. Los materiales deben ser estructuralmente firmes, dimensionalmente estable, resistentes a la humedad y son compatibles con otros materiales usados en el laboratorio.

**6.3.2 Superficies interiores.** Superficies de trabajo interiores deberán ser de acero inoxidable lisa, de la serie 500.

**6.3.3 Superficies interiores expuestas.** Superficies interiores expuestas deben ser lisas, fuertes a la abrasión y la corrosión o bien dejarse resistente a la corrosión con un material no tóxico que se resiste a rajaduras, grietas y astillado

**6.3.4 Ventanas.** Las ventanas deberán ser ópticamente claras y no se deben ver afectadas negativamente por los métodos de limpieza y agentes descontaminantes. Los materiales de acristalamiento deberán ser de vidrio laminado, vidrio templado, plástico de seguridad, o equivalente. Los bordes deben ser molidos o dotados de banda de protección

**6.3.5 Soldaduras.** Las soldaduras deberán cumplir con los requisitos de uniformidad del área de aplicación.

**6.3.6 Juntas y sellantes.** Durables, resistente a los agentes de limpieza y desinfección, y resistente al uso general. Deberán estar hechos de materiales que no liberen halógenos, no tóxico, estable, libre de olores, no perjudicialmente absorbente, y no se deben ver afectados por la exposición a los gases, líquidos, productos de limpieza y agentes de descontaminación. Las superficies expuestas de las juntas de los paneles de acceso, puertas, juntas estructurales y ventanas tendrán que ser claras y suaves.

**6.3.7 Revestimientos protectores.** Los revestimientos protectores serán resistentes al contacto prolongado con líquidos, compuestos de limpieza, y procedimientos. En concreto, los revestimientos de protección utilizados deberán ser resistentes a las sustancias químicas siguientes:

- Ácido clorhídrico 1N;
- 1 N de hidróxido de sodio;
- 1% de compuesto de amonio cuaternario;
- 5% de formaldehído;
- 5000 ppm de hipoclorito;
- 2% de yodóforo;
- 5% de fenol; y
- 70% de alcohol etílico (etanol).

Cuando una capa está expuesta a estas sustancias químicas, no habrá efecto visible en el acabado, tan solo un ligero cambio de brillo, decoloración, y / o de ablandamiento temporal del acabado, sin pérdida de adhesión o protección de la película.

## **6.4 GENERALIDADES DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCION**

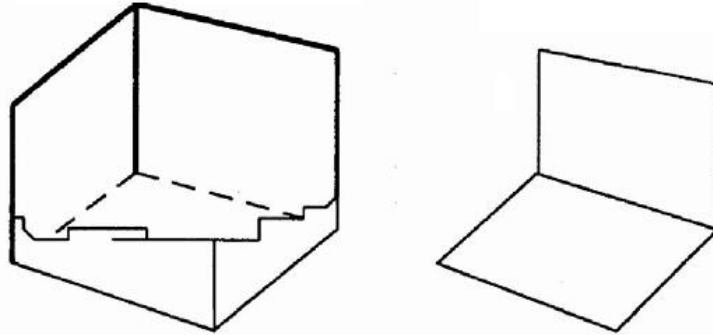
**6.4.1 Generalidades.** Las cabinas deben estar diseñadas y construidas para funcionar correctamente y operar de una manera segura, reducir al mínimo la contaminación, proporcionar al personal y al producto protección, y ser capaz de ser limpiado y descontaminado. Rebabas y bordes afilados expuestos (incluyendo, pero no limitado a tornillos de metal) se ser eliminado de las superficies de la cabina que están sujetos a la operación normal, la certificación de campo, y mantenimiento.

**6.4.2 Ergonomía en la Limpieza.** Las superficies interiores sujetas a salpicaduras o derrames deberán ser fácilmente accesibles y fáciles de limpiar como montado o cuando se retiran. Además, las superficies interiores, incluyendo cámaras de aire, deberán ser capaces de ser descontaminadas con vapor o gas.

**6.4.3 Esquinas Y ángulos internos.** Un ángulo interno de 90 ° o menos formado por la intersección de dos planos, que está sujeto a limpieza manual, deberá tener un radio continuo y suave mínimo de 0,15 in (3,8 mm)

Una esquina interna formada por la intersección de tres planos a 90° o menos, objeto de un tratamiento manual de limpieza, deberán tener un radio mínimo continuo y suave de 0,25 pulgadas (6,5 mm) para una vertical u intersección horizontal. Las intersecciones suplentes tendrán un radio mínimo continuo y suave de 0,15 in (3,8 mm)

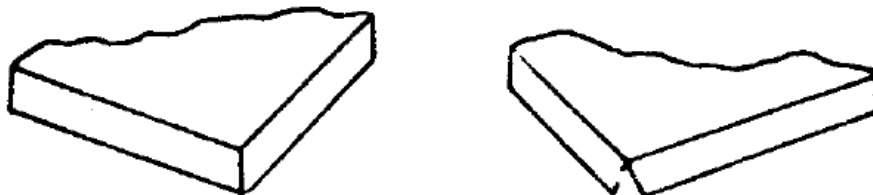
Figura 35. Esquinas y ángulos internos



Fuente: ANSI/NSF 49. Cabinas de bioseguridad: diseño, construcción, rendimiento y certificación. Michigan: NSF International, 2008. p. 20

**6.4.4 Esquinas Y ángulos externos.** Todas las esquinas y ángulos externos sujetos a salpicaduras o derrames o ambos deberán soldarse, para eliminar los bordes afilados que puedan interferir con el uso, limpieza o mantenimiento de la misma.

Figura 36. Esquinas y ángulos externos



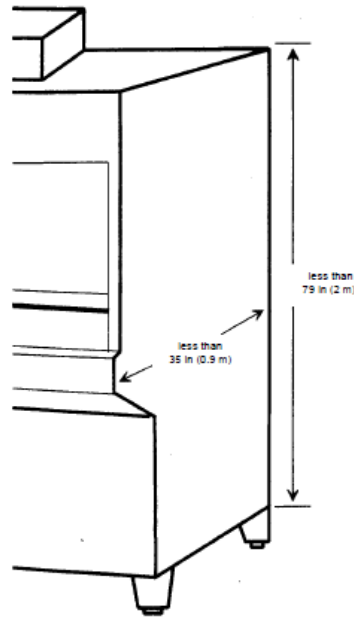
Fuente: ANSI/NSF 49. Cabinas de bioseguridad: diseño, construcción, rendimiento y certificación. Michigan: NSF International, 2008. p. 20

## 6.5 TAMAÑO DE LA CABINA

El gabinete, excluyendo los accesorios desmontables luz, alojamientos de los filtros de escape y las piernas ajustables o pies, tendrán un tamaño para caber a través

de un 79X55 in en la puerta (201 x 89 cm) utilizando muebles comúnmente disponibles (tomas de equipos y plataformas rodantes) en movimiento

Figura 37. Dimensiones de la cabina



Fuente: ANSI/NSF 49. Cabinas de bioseguridad: diseño, construcción, rendimiento y certificación. Michigan: NSF International, 2008. p. 25

## 6.6 FILTROS

Se requieren filtros HEPA o ULPA para los sistemas de aire de flujo descendente y de escape.

- Los filtros HEPA y ULPA para sistemas de flujo descendente y de escape deberán ser ensayados de acuerdo con los métodos de IEST-RP-CC021 con niveles de rendimiento para cumplir con los requisitos mínimos de eficiencia como se especifica anteriormente y el requisito de caída de presión según se requiera por la aplicación específica

- La cabina deberá estar diseñada para proporcionar accesibilidad para la instalación del filtro, pruebas y ensayos.
- Los filtros HEPA y ULPA no deberán superar el 5% del área total de la cara del lado siendo parcheado. La anchura máxima de un parche no será superior a 1,5 en (4,0 cm)

## **6.7 COMPONENTES ELECTRICOS**

**6.7.1 Motor.** Se deben tener en cuenta las siguientes Recomendaciones:

a) Se dispondrá de un protector térmico. No debe disparar el 115% de la tensión nominal bajo carga máxima y condiciones de temperatura ambiente. El motor deberá estar dimensionado para continua operación.

b) Todos los motores de los ventiladores serán de velocidad variable y tendrán controles que puedan ofrecerse. Controles deberán instalarse detrás de un panel extraíble o bloqueada. controles de motor deberán permitir el ajuste de velocidades del ventilador para lograr el equilibrio adecuado flujo de aire.

c) Los motores y las luces estarán protegidos por separado de los receptáculos. Para las sobrecargas del circuito se proporcionará protección de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional. Los cables de alimentación flexibles para energía monofásica serán de 5 hilos, con el cable de tierra conectado al bastidor, a menos especifique otra cosa y dimensionado de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional para la especificada carga (s).

**6.7.2 Cableados eléctrico.** Los componentes eléctricos reemplazables no estarán situados en cámaras de flujo contaminados, a excepción de ventilador, Los motores sellados, no poroso o cableado encamisadas, y sensores de flujo de aire necesarios.

Se proporcionará protección contra sobrecarga del circuito Para todos los recipientes. Los interruptores deben estar montados fuera del área de trabajo. Un diagrama de cableado que muestra conexión de todos los componentes eléctricos debe estar siempre sujeta a la unidad en un lugar accesible

## **6.8 ILUMINACIÓN**

**6.8.1 Trabajo.** La intensidad de la luz en el área de trabajo se ajustará a Lámparas, balastos y arrancadores, deben ser accesibles y no se instala en zonas contaminadas. Las lámparas se colocarán de tal forma que no interfieren con la visibilidad a través de la ventana, y los ojos del operador están protegidos de la radiación directa.

**6.8.2 Iluminación ultravioleta.** Iluminación UV no se recomienda en la categoría II (flujo laminar) gabinetes de bioseguridad. Si lo solicita el comprador, que se debe instalar de tal manera que no reduce el rendimiento requerido. Especificado en esta Norma no se proporciona ninguna verificación del rendimiento de la iluminación UV.

## **6.9 METOS DE FIJACION**

**6.9.1 Anclajes al descubierto.** Roscas expuestas de los tornillos, tornillos y clavos que sobresalen, no deberán utilizarse en superficies de trabajo interiores. Ellos únicamente se utilizarán en las superficies interiores de interiores y otras expuestas cuando otros métodos de fijación son poco prácticos. Todos los sujetadores de metal y clavos sujetos a mantenimiento no estarán sujetos a exceso de rociado

**6.9.2 Cierres exteriores.** Elementos de fijación para paneles desmontables exteriores que tienen juntas y están sujetos a presión deberán ser de espárragos con tuercas sólidos bellota, o equivalentes, de manera que se sella la junta. Elementos de fijación para otros paneles desmontables pueden ser de bajo perfil

tipo sujetadores (entramados, contador ronda hundido, contador hundido cabeza plana), o espárragos con tuercas ciegas sólidos. Todos los sujetadores de metal y clavos sujetos a mantenimiento no estarán sujetos a exceso de rociado.

**6.9.3 Cierres Interiores.** En las zonas sometidas a limpieza, cierres interiores y juntas deberán ser fabricadas para reducir al mínimo las proyecciones, repisas, y rebajes. Todos los sujetadores de metal y clavos sujetos a mantenimiento no estarán sujetos a exceso de rociado excesivo.

## **6.10 RENDIMIENTOS DE LA CABINA**

**6.10.1 Generalidades.** Todos los componentes desmontables dentro del gabinete que se ofrecen opcional por el fabricante deberán estar en su lugar durante las pruebas, excepto durante la determinación de la velocidad de flujo descendente del fluido.

**6.10.2 Fugas en el filtro de alta eficiencia.** Los filtros HEPA, carcasas de filtros y marcos de montaje deberán ser probados con dioctyl phthalate (DOP) o equivalente y debe probarse en funcionamiento a las velocidades nominales de punto de ajuste de la misma. La concentración en ningún momento cuando se mida en un fotómetro lineal o escala logarítmica no será superior a 0,01%.

**6.10.3 Niveles de ruido.** El nivel de ruido se determinará con el gabinete que funciona a las velocidades nominales de punto de ajuste. El nivel de ruido general en 12 (50 cm) en frente del gabinete y 15 pulgadas (58 cm) por encima del plano del área de trabajo en la línea central vertical de la caja no sobrepasará 67 dBA, con un máximo nivel de fondo de 57 dBA.

**6.10.4 Nivel de la intensidad de la luz.** La intensidad de la iluminación en el área de trabajo se determinará con una intensidad de iluminación de fondo en la sala de

10 ± 5 ft-velas (110 ± 50 lux) en la elevación del área de trabajo. La intensidad media de iluminación será de un mínimo de 60 pies-velas (650 lux). Lecturas individuales será de un mínimo de 40 pies-velas (450 lux).

**6.10.5 Vibración.** El desplazamiento neto no excederá de  $2 \times 10^{-4}$  en ( $5 \times 10^{-6}$  m) amplitud RMS a frecuencias entre 10 Hz y 10 kHz en el centro del área de trabajo cuando el gabinete está funcionando en el punto de ajuste nominal velocidades.

**6.10.6 Estabilidad.** La cabina deberá estar diseñada y construida para resistir el vuelco y la distorsión bajo fuerzas aplicadas, resistir la desviación de las superficies de trabajo con carga, y se resisten a inclinar bajo carga de trabajo.

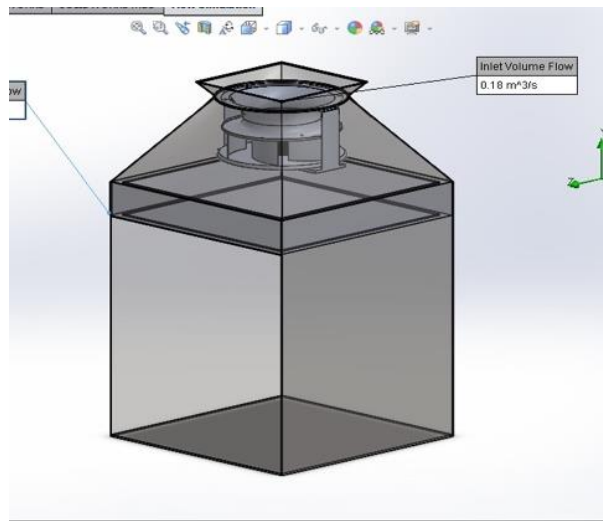
## 7. SIMULACION

### 7.1 SIMULACIÓN DE FLUJO EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Mediante la herramienta computacional SolidWorks y su extensión de análisis de flujo de fluidos flowsimulation, licenciada para la escuela de ingeniería mecánica se logró realizar la correcta simulación de los componentes del sistema de ventilación.

**7.1.1 Diseño CAD.** Dado que uno de los parámetros requeridos por el software es que el flujo transite por geometrías confinadas, se necesitó hacer un nuevo modelo en el que la campana de transición, el volumen de trabajo y el contenedor del filtro y pre filtro estuvieran juntos, siendo únicamente modelos externos los filtros y el moto-ventilador. Como volumen de control se manejó desde el ingreso de aire en la parte superior hasta toda el área de trabajo.

Figura 38. Modelo CAD de la simulación de flujo de aire



**7.1.2 Parámetros de la simulación.** Además de la geometría de los componentes en la simulación se requirieron parámetros físicos de:

- ◆ Flujo másico: 0.18 [m<sup>3</sup>/s]
- ◆ Presión en la campana: 200 [Pa]
- ◆ Velocidad de rotación del moto ventilador: 184 [Rad/s]
- ◆ Constante de pérdida del filtro HEPA: 3036.9

En cuanto al mallado se tomaron 5x10<sup>5</sup> elementos con el propósito de determinar el comportamiento en toda la sección transversal del filtro al igual que al ingreso del moto-ventilador.

**7.1.3 Resultados de la simulación.** Con la simulación se pretendía determinar el comportamiento del fluido más que parámetros como velocidad y presurización de los volúmenes en el modelo, los resultados arrojaron que la velocidad en la sección transversal del área de trabajo corresponde a valores cercanos a 0.5 m/s, indicativo de que la simulación fue adecuada, se observa laminaria en el área de trabajo.

Figura 39. Simulación del flujo a la entrada de la cabina

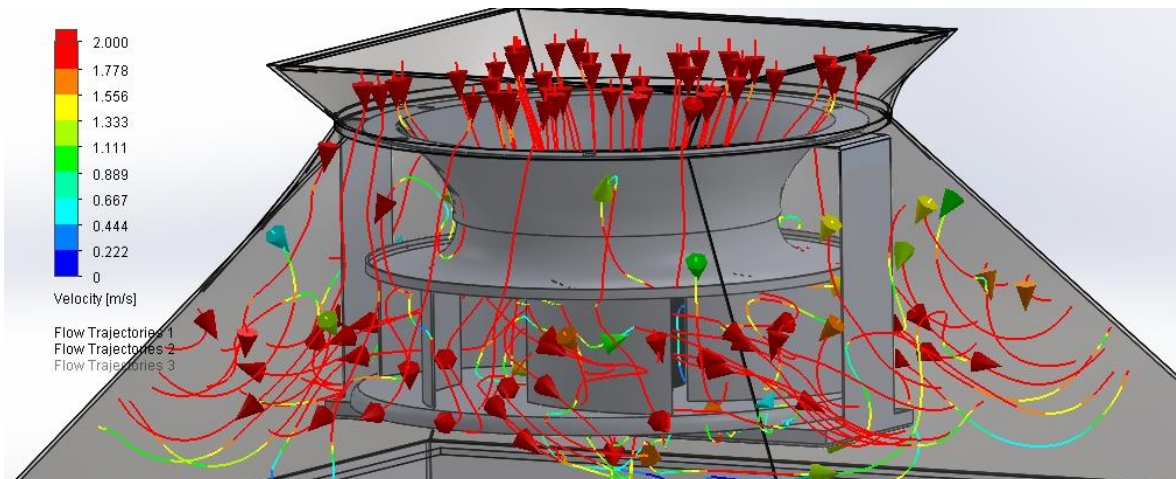


Figura 40. Vista lateral de la simulación del flujo dentro de la cabina

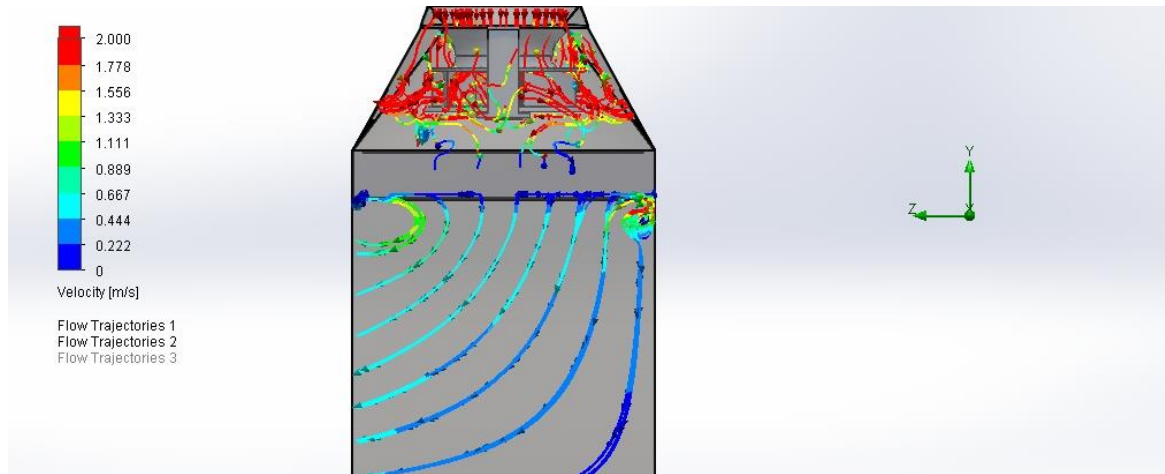


Figura 41. Vista inferior de la parte lateral de la simulación del flujo

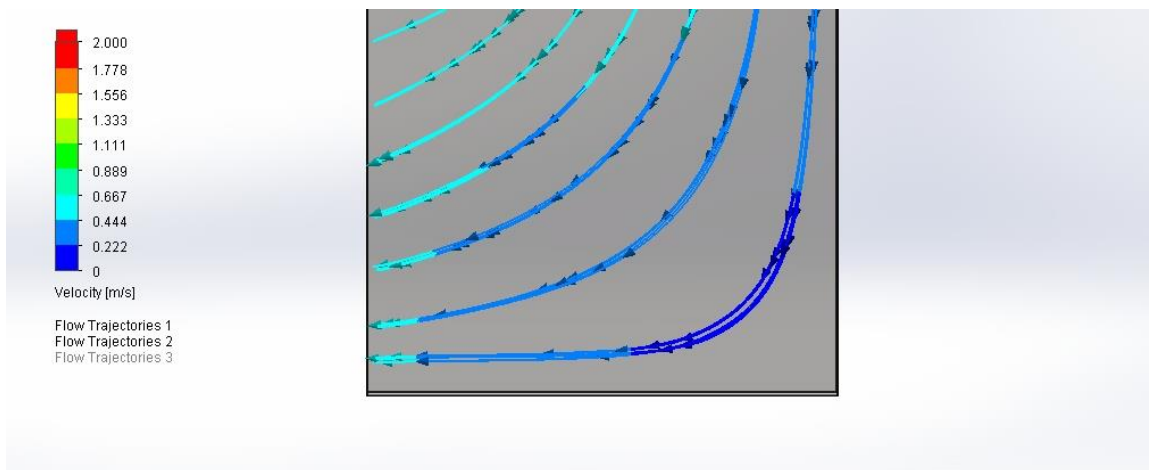
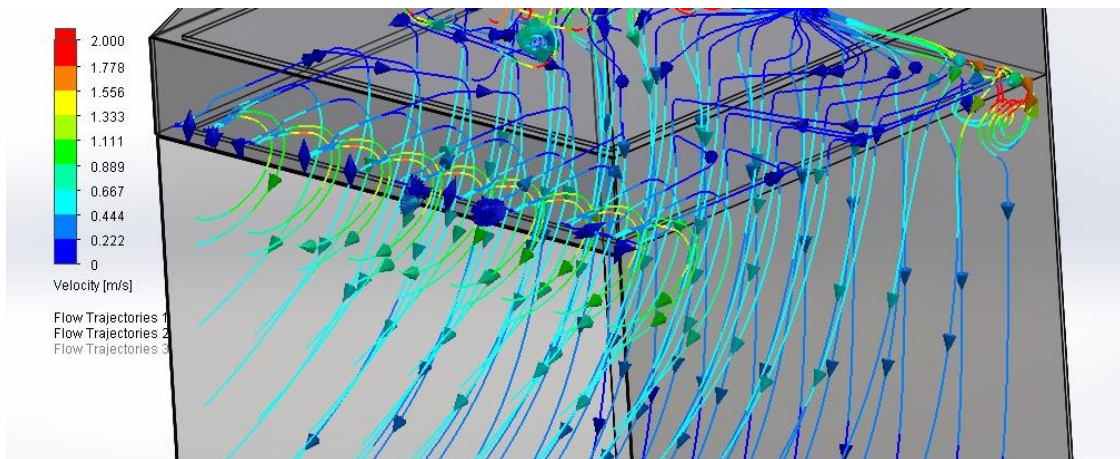


Figura 42. Simulación del flujo a la salida del filtro HEPA



**7.1.4 Cálculos para comprobar laminaridad.** Con las velocidades obtenidas en la simulación, podemos calcular el Reynolds si cumple con los requerimientos de flujo laminar:

Primero, determinamos el diámetro hidráulico:

$$Dh = \frac{4 * Ac}{p} = a = b = 0,77 m$$

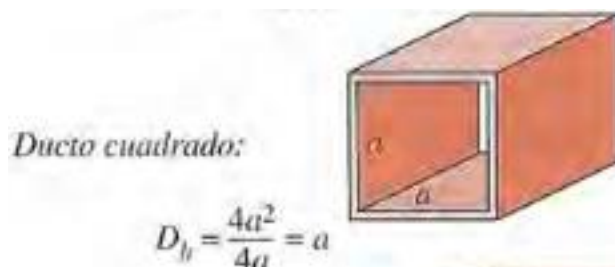
Dh= Diámetro Hidráulico

Ac= Área

P= Perímetro

a=b= lado (Estructura cuadrada)

Figura 43. Cálculo del diámetro hidráulico de un perfil cuadrado



Fuente: CENGEL YONUS, A. Transferencia de Calor, México: Mc Graw Hill, 2009. p. 437

Calculamos la velocidad media:

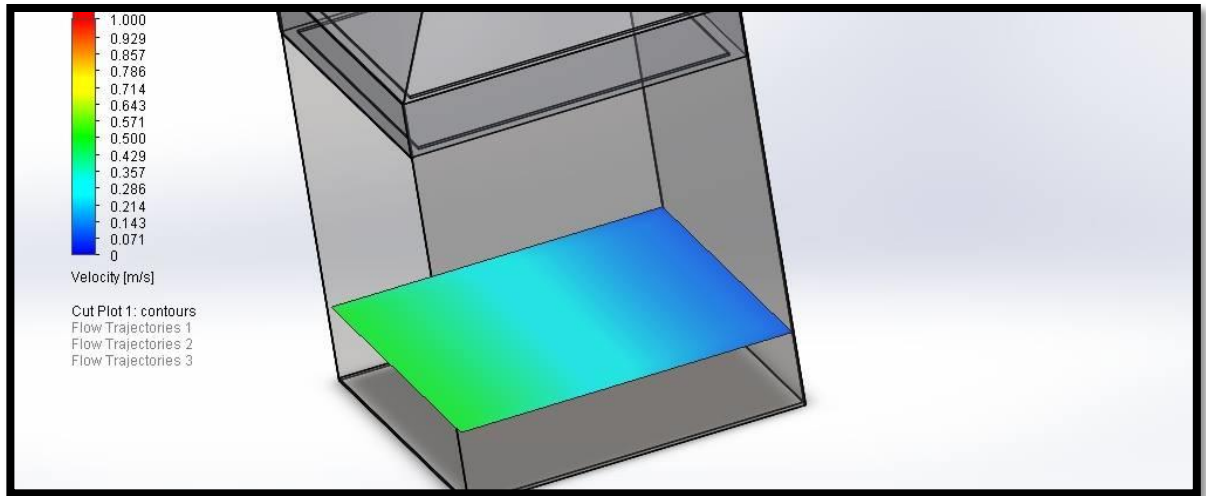
$$Vm = \frac{Ve}{Ac} = \frac{0,214}{0,77 * 0,77} = 0,3609 m/s$$

La velocidad de entrada la obtenemos de la Figura 44 de la simulación realizada en SolidWorks.

$$Re = \frac{Vm * Dh}{\nu} = \frac{0,3609 * 0,77}{1.562 * 10^{-5}} = 17792$$

Viscosidad cinemática correspondiente a 25 [°C] y presión atmosférica.

Figura 44. Lamina de velocidades a la salida de la cabina de flujo



La clasificación de los flujos en laminar o turbulento se determina por el número de Reynolds.

$$\begin{array}{ll} Re < 5 \times 10^5 & \text{Flujo Laminar} \\ 5 \times 10^5 < Re < 10^7 & \text{Flujo Turbulento} \end{array}$$

Se logró determinar que el flujo es laminar.

## 7.2 RESULTADOS

**7.2.1 Resultados de los parámetros mecánicos.** Las pruebas realizadas a la cabina de flujo laminar permitieron determinar la velocidad en el área de trabajo de acuerdo a los datos obtenidos de las lecturas del sensor D6F – V03A1, de la ficha técnica del fabricante obtenemos que la repetitividad del sensor es del 0.3% F.S. en el rango de 0.3 a 0.5 m/s, por tanto las medidas conseguidas serán entre 0.2991 y 0.3009 m/s para el menor rango de flujo y 0.4985 y 0.5015 m/s para el rango superior, variando la velocidad mediante el variador-TRIAC se pudieron alcanzar estas velocidades sin inconveniente dado que el filtro está sin uso, a continuación los resultados y testimonios en imágenes de las pruebas realizadas.

Tabla 11. Características máximas y mínimas de la cabina

Parámetro	Unidad	Medida menor	Medida mayor	Referencia	Valor medio
Velocidad	m/s	0.29	0.32	0.3	0.307
Temperatura	°C	21.8	21.5	22	21.65
Humedad relativa	%	49.2	51.4	50	50.3
Radiación UV	mW/cm <sup>2</sup>	1	1.3	1	1.15
Densidad de partículas	ug/m <sup>3</sup>	188.6	199.3	190	193.95

Los resultados mostrados son el resultado de 5 muestras tomadas consecutivamente, los únicos parámetros ambientales controlables fueron la radiación ultravioleta y la velocidad del aire, para el resto de variables el control de los valores de referencia se debe a las condiciones ambientales y solo para la humedad y temperatura las referencias fueron tomadas de un termohigrometro.

**7.2.2 Pruebas realizadas.** Pruebas realizadas colocando obstrucciones falsas entre la campana de transición y el filtro HEPA permitieron comprobar la validez del control en laso abierto como parte importante en el funcionamiento de la cabina de flujo laminar, las pruebas fueron ejecutadas colocando tiras de papel sobre la superficie del filtro HEPA, luego variando el potenciómetro se logró aumentar la velocidad de rotación del ventilador para compensar el aumento en la caída de presión.

Tabla 12. Prueba de saturación en el Filtro HEPA

Caída de Presión	% Saturación Filtro	Capacidad Ventilador	Velocidad del Flujo
75 Pa	0%	37%	0,35 - 0,4 m/s
	3%		0,25-0,32 m/s
87 Pa	3%	43%	0,34 - 0,46 m/s

**7.2.3 Cálculos para comprobar laminaridad.** Sobre la toma de las velocidades sensadas por el sensor de velocidad se procedió a determinar la laminaridad en el área de trabajo así:

Determinamos el diámetro hidráulico:

$$Dh = \frac{4 * Ac}{p} = a = b = 0,77 m$$

Dh= Diámetro Hidráulico

Ac= Área

P= Perímetro

a=b= lado (Estructura cuadrada)

Calculamos la velocidad media:

$$Vm = \frac{Ve}{Ac} = \frac{0,3}{0,77 * 0,77} = 0,50598m/s$$

$$Re = \frac{Vm * Dh}{\nu} = \frac{0,8433 * 0,77}{1,562 * 10^{-5}} = 24943,046$$

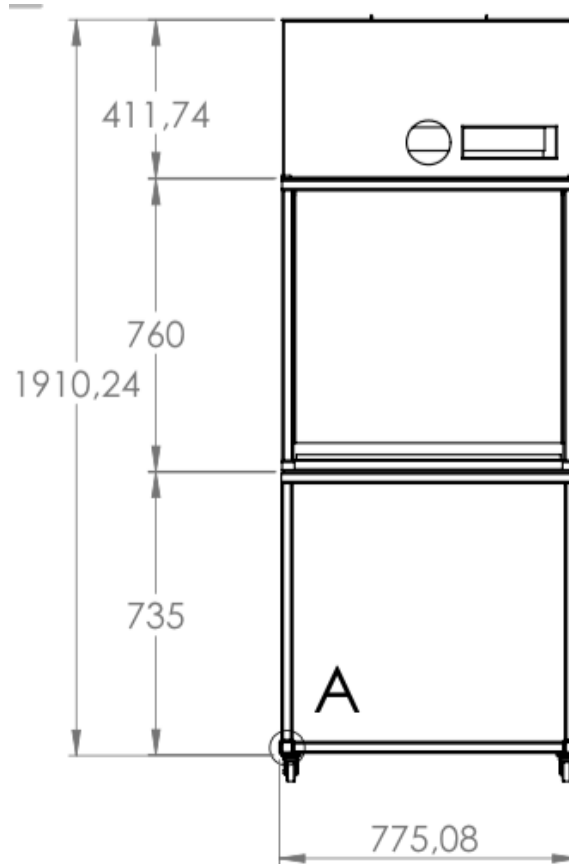
$2.4 \times 10^4 < 5 \times 10^5$  por tanto el flujo de acuerdo a la velocidad en el área es laminar.

**7.2.4 Resultados de los parámetros físicos.** Las medidas finales de la cabina de flujo laminar son:  $77,5 \times 76,5 \times 117,1$  [cm<sup>3</sup>] en estas medidas no se cuenta con la parte inferior de la cabina dado que esto es únicamente soporte para el uso de la misma.

La cabina fue construida en un taller metal-mecánico especializado en trabajo sobre laminados y que también manejan acero inoxidable, la cabina está hecha en su totalidad de acero inoxidable en su mayoría AISI 304 siendo la única parte en AISI 430 la bandeja en el área de trabajo, tornillos y accesorios de sujeción también son

en acero inoxidable. Los vidrios en el área de trabajo son templados con un calibre de 10 mm.

Figura 45. Dimensiones de la cabina de flujo laminar



## 8. CONCLUSIONES

- ◆ Se diseñó y construyó una cabina de flujo que cumple con características de laminaridad del flujo, calidad del aire y asepsia en el área de trabajo establecida en la norma NSF/ANSI 49 – 2008.
- ◆ La cabina de flujo laminar está equipada con instrumentos de medición de: velocidad, calidad del aire, temperatura, humedad, potencia UV, para que el operador pueda realizar los ajustes pertinentes en tiempo real.
- ◆ El control de velocidad en lazo abierto es adecuado para compensar la caída de presión causada por la obstrucción de los filtros, debido a que el sitio donde se localiza la cabina de flujo laminar tienen una alta pureza por filtros en el sistema de ventilación principal. La saturación del filtro se da a una tasa muy baja y la variable de control (velocidad) es muy pequeña, esto contribuye a que los cambios en la velocidad tengan una periodicidad baja.
- ◆ La disposición de la lámpara UV respalda el cubrimiento germicida sobre el área de trabajo, la lámpara elimina microorganismos sensibles a UV-C (280-100 nm) y UV-B (315-280 nm ) siendo la longitud con más potencia los 254 nm.
- ◆ El correcto funcionamiento del control del lazo abierto del sistema de ventilación se probó mediante una simulación de saturación del filtro HEPA, el cual nos permitió compensar mediante la variación de la capacidad del ventilador el flujo de aire para la saturación simulada.

## 9. RECOMENDACIONES

- ◆ Aun cuando la lámpara germicida UV elimina un gran número de microorganismos, se hace necesaria la desinfección manual antes y después de usar la maquina
- ◆ Se sugiere que la velocidad del aire en el área de trabajo sea de 0.32 a 0.38 m/s con el propósito de cumplir con la norma y establecer una mayor duración del filtro principal.
- ◆ Las recomendaciones sobre el Funcionamiento, Uso y mantenimiento se pueden encontrar en los anexos del libro.

## BIBLIOGRAFÍA

ANSI/NSF. Cabinas de bioseguridad: diseño, construcción, rendimiento y certificación. Michigan: NSF International, 2008. p. 5

ASHARAE. Handbook – fundamentals. USA: American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, 2005. p. 204

GRONDZIK, Walter T. Air-conditioning system design manual. USA: ASHARAE, 2007. 405 p.

NOBLE, Joshua. A designer's guide to processing, arduino, and openframeworks. New York: O'Reilly Media, 2009. 736 p.

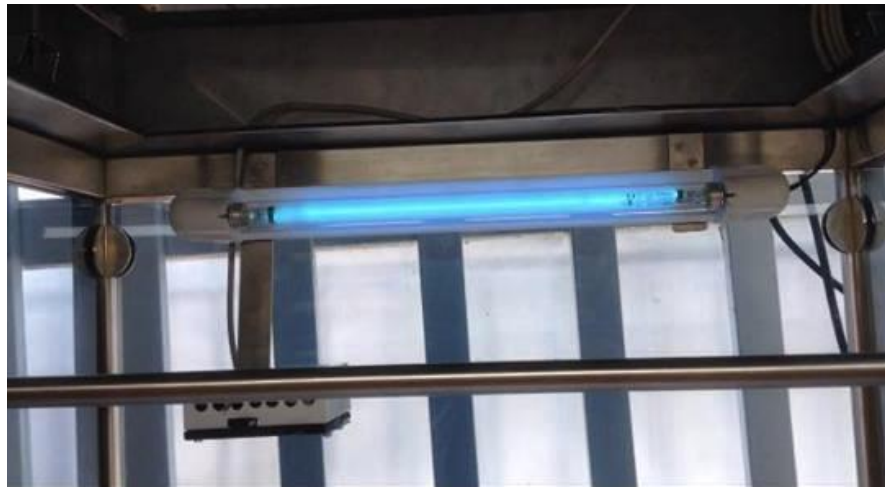
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Reporte técnico No 961. Suiza: OMS, 2011. p. 237

SMACNA. HVAC Systems duct design. USA: Sheet metal and air-conditioning contractors national association, 1990. 1208 p.

VERDAVARZ, A. HVAC: Handbook of heating, ventilation and air conditioning for design and implementation. New York: Industrial press Inc., 2007. p. 542

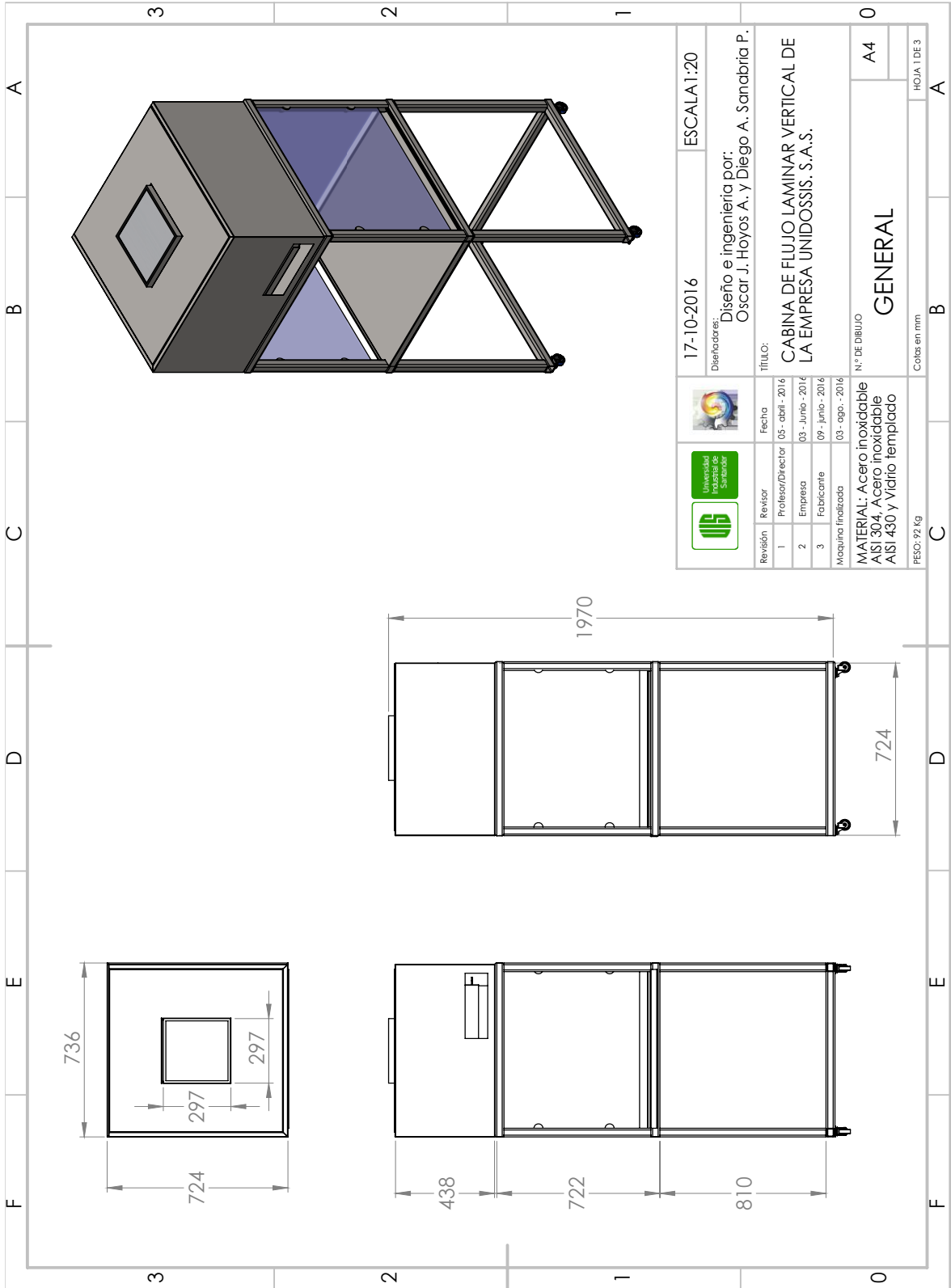
## Anexo A. Registro fotográfico



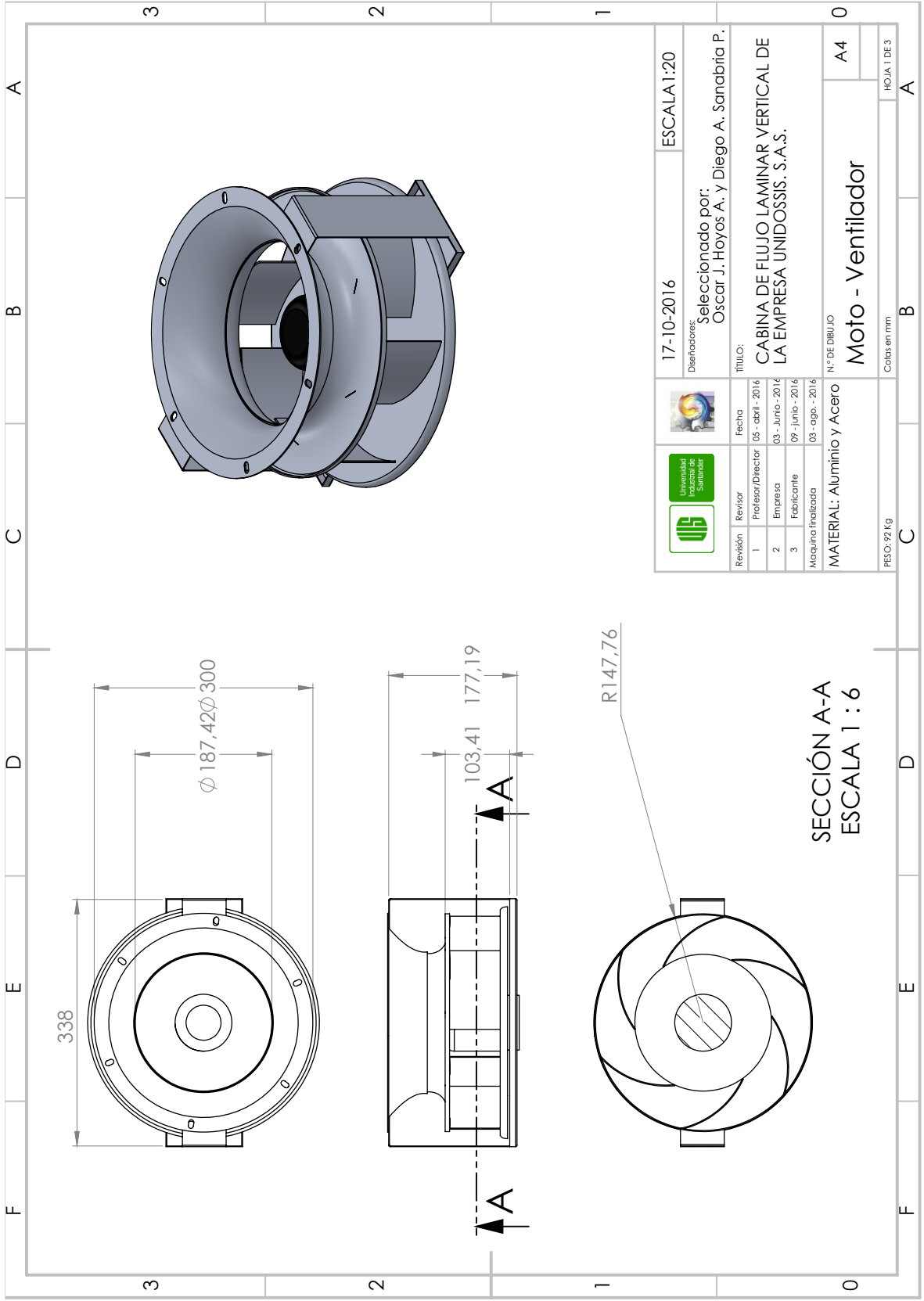




## Anexo B. Planos

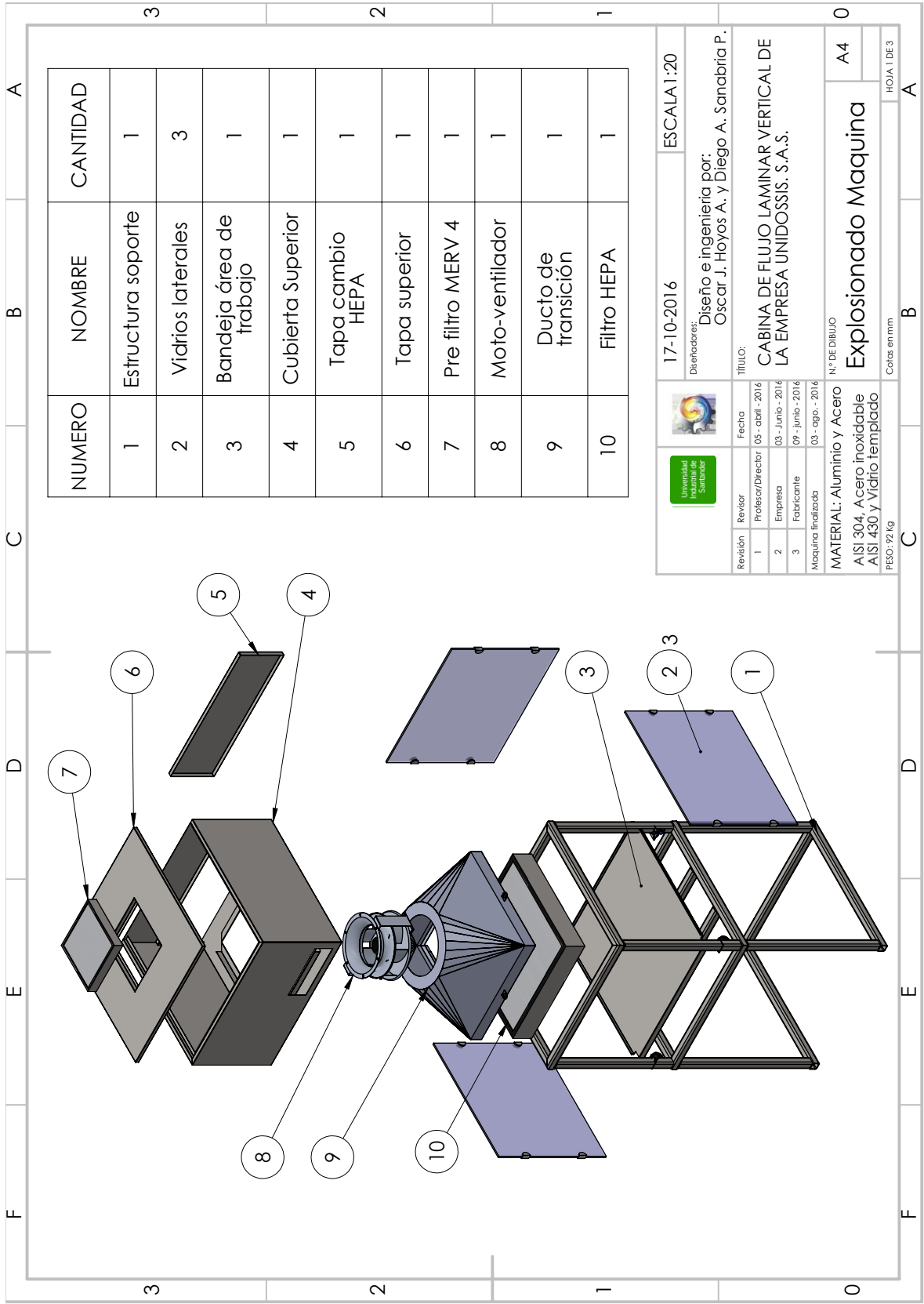


17-10-2016		ESCALA 1:20	
Diseñadores: Oscar J. Hoyos A. y Diego A. Sandabria P.			
TÍTULO: CABINA DE FLUJO LAMINAR VERTICAL DE LA EMPRESA UNIDOSSIS, S.A.S.			
Revisión		Fecha	N.º DE DIBUJO
1	Profesor/Director	05-abril-2016	GENERAL
2	Empresa	03-junio-2016	
3	Fabricante	09-junio-2016	
Maquina finalizada		03-ago.-2016	A4
MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304, Acero inoxidable AISI 430 y Vidrio templado			
PESO: 92 Kg			Cotas en mm
HOJA 1 DE 3			A



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 6

			17-10-2016 Diseñadores: Oscar J. Hoyos A. y Diego A. Sanabria P.	ESCALA 1:20
Revisión 1 Profesor/Director 2 Empresa 3 Fabricante	Fecha 05-abril-2016 03-Junio-2016 09-Junio-2016	Título: CABINA DE FLUJO LAMINAR VERTICAL DE LA EMPRESA UNIDOSSIS. S.A.S.	N.º DE DIBUJO Moto - Ventilador A4	
MATERIAL: Aluminio y Acero			Colas en mm HOJA 1 DE 3	
PESO: 92 Kg			A	



NUMERO	NOMBRE	CANTIDAD
1	Estructura soporte	1
2	Vidrios laterales	3
3	Bandeja área de trabajo	1
4	Cubierta Superior	1
5	Tapa cambio HEPA	1
6	Tapa superior	1
7	Pre filtro MERV 4	1
8	Moto-ventilador	1
9	Ducto de transición	1
10	Filtro HEPA	1

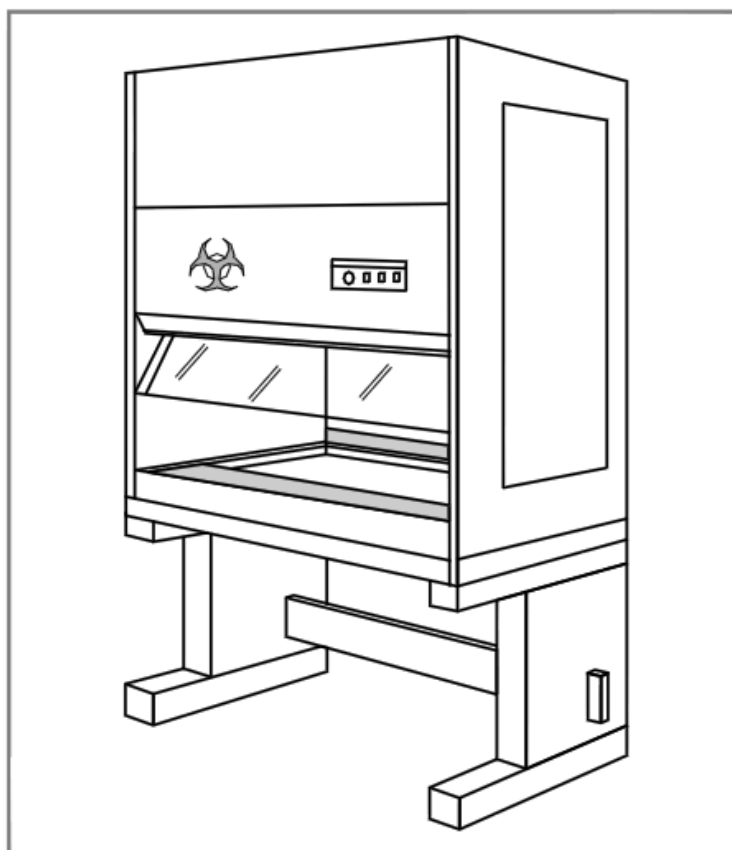
				<b>17-10-2016</b> ESCALA 1:20	
Revisión   Revisor   Fecha		Diseñadores: Oscar J. Hoyos A. y Diego A. Sanabria P.		TÍTULO: CABINA DE FLUJO LAMINAR VERTICAL DE LA EMPRESA UNIDOSSIS. S.A.S.	
1	Profesor/Director	05-abril-2016	N.º DE DIBUJO A4		
2	Empresa	03-junio-2016	Explosionado Maquina		
3	Fabricante	07-junio-2016	Cortes en mm		
Máquina finalizada		03-ago.-2016	HOJA 1 DE 3		
MATERIAL: Aluminio y Acero AISI 304, Acero inoxidable AISI 430 y Vidrio Templado PESO: 92 kg					

---

# MANUAL DE USO

---

## Cabina de flujo laminar



JULIO DE 2016  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	3
1. USO DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	4
1.1 PROTECCION FACIAL	4
1.1.1 Anteojos de seguridad	4
1.2 PROTECCION CORPORAL	4
1.2.1 Guantes	5
1.2.2 Respiradores	5
2 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO	6
3 RECOMENDACIONES PARA SU LOCALIZACION	7
4 ETAPAS DE USO	9
4.1 Planear en detalle el trabajo o los procedimientos a realizar	9
4.2 Poner en marcha la cabina de seguridad biológica	9
4.3 Previa Utilización	9
4.4 Cargar los materiales y equipos	10
4.5 Pre-purga cabina y auto- preparación	10
4.6 Desarrollar los procedimientos	10
4.7 Descargar los materiales y equipos	11
4.8 Desinfectar y Apagar la cabina de seguridad biológica	11
5 CUIDADO DEL AREA DE TRABAJO	12
BIBLIOGRAFIA	13

## **INTRODUCCION**

Para la obtención de buenos resultados en relación con la seguridad y salud de los trabajadores, la protección del medio ambiente y el control y seguridad de los productos trabajados, se han establecido y probado una serie de procedimientos que deben seguirse de forma ordenada para lograr un buen rendimiento y efectividad al trabajar con cabinas de seguridad biológica. Planear en detalle el trabajo o los procedimientos a realizar.

## 1. USO DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

El equipo de protección personal se utiliza para proteger al personal del contacto que pudiera llegar a tener con materiales peligrosos o agentes infecciosos. Igualmente, los vestidos adecuados protegen los experimentos de potenciales contaminaciones.

### 1.1. PROTECCIÓN FACIAL

Se recomiendan elementos como para la protección del operador como:

**1.1.1 Anteojos De Seguridad:** Protegen el frente de los ojos, adicionalmente disponen de protección o escudos laterales. Se usan en combinación con máscaras o caretas para prevenir salpicaduras de materiales con agentes infecciosos o materiales peligrosos a la cara.

### 1.2 PROTECCIÓN CORPORAL

Para brindar protección al cuerpo de los trabajadores existe gran variedad de elementos como chaquetas, batas, overoles y blusas. Debe utilizarse vestimenta de manga larga para minimizar la contaminación de la piel o de los vestidos de calle y para reducir la dispersión de microorganismos desde los brazos. En situaciones en las que pueda preverse la ocurrencia de salpicaduras, la vestimenta deberá ser resistente a la penetración de los líquidos para proteger la ropa de la contaminación. Si se utilizan elementos que no sean desechables, los mismos deberán seleccionarse de forma que resistan los procesos de esterilización, en el evento de que lleguen a contaminarse.

Por otra parte, en la selección de los elementos de protección personal, deberán tenerse en cuenta otros aspectos como la comodidad, la apariencia, los tipos de

cierre, la localización donde se realiza el trabajo y la durabilidad esperada. Cuando los trabajadores del laboratorio deban desplazarse a otras áreas, la ropa de protección deberá dejarse siempre dentro del área del laboratorio. Nunca deberán llevarse dichos elementos de protección personal a las casas de los trabajadores para ser lavados.

**1.2.1 Guantes:** Deben seleccionarse con base en los peligros involucrados o asociados a las tareas que deban realizarse. Deben usarse siempre que se trabaje con agentes infecciosos o materiales peligrosos o tóxicos.

Cuando se deba trabajar con elementos calientes o con hielo seco, deben usarse guantes resistentes a las condiciones de temperatura esperadas. Las actividades delicadas, que requieran un alto grado de precisión, deberán realizarse utilizando guantes de pared delgada. Cuando se trabaja con materiales peligrosos, el extremo inferior de la manga y el puño de la vestimenta de laboratorio deben estar protegidos por los guantes. Deben utilizarse guantes de cuerpo largo en el caso de que se requiera protección adicional. En algunas circunstancias es recomendable utilizar doble guante.

Los guantes por ninguna circunstancia deben ser llevados fuera del área del laboratorio y deberán ser desechados cuando se contaminen, o removidos cuando se termine de trabajar con agentes infecciosos. Los guantes desechables no deben ser lavados o reusados.

**1.2.2 Respiradores:** Estos dispositivos pueden requerirse bajo algunas condiciones especiales de trabajo. La selección está relacionada con el tipo de riesgo o peligro a que se enfrente el trabajador.

## **2. REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO**

Entre los servicios que se requieren para que una cabina funcione adecuadamente, se encuentran los siguientes:

1. Un área dentro del laboratorio protegida de las corrientes de aire que provienen de ventanas o sistemas de aire acondicionado. Igualmente la cabina debe ubicarse alejada de las zonas de circulación del laboratorio, para evitar que las corrientes de aire producidas por el paso de personas pudiera llegar a afectar la cortina de aire dentro de la cabina. También se debe verificar que la cabina no se instale al lado de otro tipo de cabinas, como las utilizadas para extraer vapores químicos.
2. Una acometida eléctrica, dotada de los respectivos elementos de control y seguridad; una toma eléctrica con polo a tierra.
3. Una mesa firme y bien nivelada, diseñada para soportar el peso de la cabina y permitir al operador trabajar con comodidad. Debe disponer de espacio libre para colocar los pies y su altura debe ser adecuada.
4. El piso del lugar debe ser plano y estar bien nivelado.
5. Deben respetarse las áreas libres que recomienda el fabricante alrededor de la cabina. Asimismo debe verificarse que la altura piso - techo del sitio donde se instala sea la recomendada, para que pueda funcionar sin inconvenientes.
6. Las cabinas tipo B requieren necesariamente un ducto de extracción, el cual debe estar dotado de los dispositivos de control requeridos: válvulas reguladoras que permitan aislar o regular el flujo de aire.
7. Las acometidas de gases deben encontrarse en la vecindad inmediata de la cabina, a fin de facilitar la conexión a las válvulas de servicio.
8. La cabina debe certificarse anualmente para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma NSF 49.

### 3. RECOMENDACIONES PARA SU LOCALIZACION

La localización de una cabina de seguridad biológica dentro de un laboratorio es crítica e incide en aspectos que, como la seguridad, resultan fundamentales para garantizar su operación. Cuando se evalúa y analiza la mejor localización es indispensable considerar los siguientes aspectos:

- ◆ Las rutas de circulación de los trabajadores dentro del laboratorio.
- ◆ La ubicación de las tomas de suministro y extracción de aire acondicionado o ventilación.
- ◆ La ubicación de las puertas en el ambiente del laboratorio en el que se encuentra ubicada la cabina.
- ◆ Las corrientes de convección de aire creadas por diferencias térmicas.
- ◆ El tamaño del laboratorio comparado con el tamaño de las tomas de suministro y extracción de aire.
- ◆ La localización de las ventanas.
- ◆ Cualquier causa o evento que afecte los patrones de flujo de aire.

Si las corrientes interfieren con los patrones de flujo laminar y exceden las velocidades de ingreso a la cabina a través de la abertura frontal, existe la posibilidad de que el aire contaminado entre o salga del área de trabajo de la cabina afectando la protección del personal. Acciones como caminar en la cercanía de la cabina o abrir las ventanas, puede romper o alterar los patrones de flujo de aire y afectar la seguridad en detrimento del trabajador, del producto o del ambiente.

Cuando el espacio lo permita, deberá reservarse un espacio de 12" (doce pulgadas) a cada lado de la cabina de forma que puedan realizarse sin interferencias las actividades de mantenimiento. Si la cabina no está conectada a un ducto de extracción al exterior, se requiere un espacio mínimo de 6" (seis pulgadas) libre entre la parte superior de la cabina y el techo para que exista una extracción adecuada de aire. Se han detectado casos en los cuales un espacio libre en la parte superior de la cabina, inferior a las 18" (dieciocho pulgadas) (451 mm) ha afectado las lecturas de flujo como las establece la NSF.

En la figura 1, se muestra que la cabina de seguridad biológica se encuentra ubicada en un sitio apartado del laboratorio, en donde no es afectada ni por los patrones de flujo de aire, ni por la circulación del personal dentro del área del laboratorio. En dicha ilustración también es posible ver la ubicación del lavamanos, la ducha para lavado de ojos y las rejillas de suministro y extracción de aire.

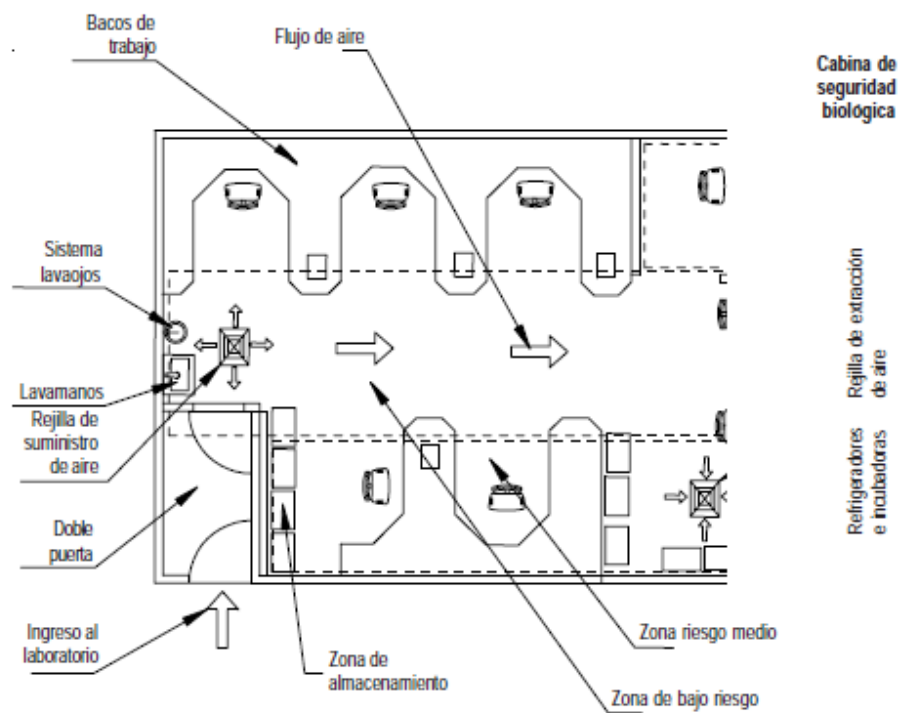


Figura 1. UBICACIÓN CABINA

## **4. ETAPAS DE USO**

### **4.1 PLANEAR EN DETALLE EL TRABAJO O LOS PROCEDIMIENTOS A REALIZAR.**

Antes de iniciar el trabajo, el laboratorista deberá saber qué procedimientos y equipos utilizará. Deberá efectuar las coordinaciones que estime convenientes con sus jefes y compañeros para que el trabajo se pueda realizar con un mínimo de interrupciones, mientras que la cabina de seguridad biológica este en uso.

### **4.2 PONER EN MARCHA LA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA.**

Las actividades más importantes asociadas a esta etapa son:

1. Preparar el área de trabajo.
2. Apagar la lámpara UV.
3. Encender la luz fluorescente.
4. Verificar que la posición del marco de la ventana frontal es la correcta (la abertura frontal varía entre 8 y 10", 20,32 y 25,4 cm).
5. Verificar que las rejillas de retorno del aire (frontales y traseras) se encuentren libres de obstrucciones.
6. Encender el ventilador de la cabina de seguridad biológica.
7. Permitir que el aire fluya libremente al menos por cinco minutos. Algunos especialistas recomiendan esperar hasta 15 minutos.
8. Verificar la lectura del manómetro indicador de presión.

### **4.3 PREVIA UTILIZACION**

1. Lavar las manos y brazos con un jabón germicida.
2. Vestir los elementos de protección personal (bata de manga larga, con puños ajustados y guantes de caucho; usar también anteojos protectores y si resulta apropiado, una máscara protectora.

3. Rocíar y refregar todas las superficies interiores con etanol al 70% o con un desinfectante adecuado.
4. Permitir que el aire que circula dentro de la cabina seque las superficies.

#### **4.4 CARGAR LOS MATERIALES Y EQUIPOS.**

1. Ensamblar el material de trabajo.
2. Introducir en la cabina de seguridad biológica únicamente el material requerido para realizar el procedimiento. No sobrecargar la cabina.
3. Colocar el material de forma que no se crucen los materiales sucios con los limpios, ni se obstruyan las rejillas delanteras o traseras.
4. Colocar el o los recipientes para material contaminado en la parte trasera derecha de la cabina de seguridad biológica. Usualmente se coloca allí la bolsa de bioseguridad, un recipiente con desinfectante para las pipetas y una unidad para almacenamiento seguro de objetos puntiagudos. No colocar sobre el piso fuera de la cabina de seguridad biológica, recipientes o canecas para descartar las pipetas.
5. Los objetos grandes no deben colocarse demasiado juntos.

#### **4.5 PRE-PURGA DE LA CABINA Y AUTOPREPARACION**

Permitir que el aire fluya durante cinco minutos sin que exista actividad dentro de la cabina de seguridad biológica para purgar de partículas contaminantes el área de trabajo, además debe usar ropa y elementos protectores adecuados (guantes, máscaras, caretas, gafas).

#### **4.6 DESARROLLAR LOS PROCEDIMIENTOS**

1. Introducir lentamente las manos dentro del área de trabajo. Realizar los procesos y tareas de forma metódica y cuidadosa, (de las zonas limpias a las zonas contaminadas).
2. Evitar técnicas o procedimientos que puedan alterar los patrones de flujo del aire dentro de la cabina.
3. Mantener todos los materiales, al menos cuatro pulgadas, dentro del marco de la ventana frontal de la cabina. Realizar hacia el fondo del área de trabajo de la cabina todas las operaciones contaminantes.

4. Evitar el uso de llamas abiertas. No debe trabajarse con mecheros dentro de la cabina de seguridad biológica. La llama que producen rompe el patrón de flujo laminar (produce turbulencia) e incluso puede llegar a quemar el filtro HEPA. En su lugar, puede trabajarse con incineradores de tipo eléctrico.
5. Evitar el retiro de las manos del área de trabajo hasta que todos los procedimientos hayan sido completados y todo el material potencialmente peligroso (crítico) haya sido ubicado (desechado) en las bolsas o recipientes para manejar los desechos peligrosos.
6. Colocar los guantes en el recipiente para material contaminado

**Nota:** En el caso que se presente durante el uso un derrame o salpicadura, todos los objetos dentro de la cabina deberán someterse a una descontaminación de superficie. Desinfectar cuidadosamente el área de trabajo de la cabina, mientras la misma continúa en operación. La información relacionada con los derrames dentro de las cabinas de seguridad biológica se presenta más adelante.

#### **4.7 DESCARGAR LOS MATERIALES Y EQUIPOS**

1. Efectuar una descontaminación de superficie a los objetos que hayan estado en contacto con material contaminado antes de ser retirados de la cabina.
2. Cubrir todas las bandejas abiertas o contenedores antes de ser retirados de la cabina.
3. Remover los materiales según corresponda (a la incubadora, a la bolsa de bioseguridad, al autoclave, etc.).

#### **4.8 DESINFECTAR Y APAGAR LA CABINA**

1. Rociar y refregar todas las superficies interiores con etanol al 70% o con un desinfectante adecuado. Permitir que el aire que circula dentro de la cabina seque las superficies interiores.
2. Apagar el ventilador y la lámpara fluorescente.
3. Cerrar la abertura frontal.
4. Encender la lámpara ultravioleta.

## 5. CUIDADO DEL AREA DE TRABAJO

El trabajo doméstico, asociado a actividades de aseo, limpieza e higiene es indispensable para reducir los riesgos y proteger la integridad de los experimentos. Los procedimientos deberán basarse en el mayor grado de riesgo al que se pueda enfrentar el personal en los procesos experimentales. El personal del laboratorio es responsable de limpiar los bancos de trabajo, el equipo y las áreas que requieran conocimientos técnicos especializados. Entre las actividades más importantes se citan entre otras las siguientes:

- ◆ El laboratorio se debe mantener limpio, pulcro y ordenado.
- ◆ Las superficies deberán estar limpias y libres de químicos, vidriería y equipos de poco uso. La disposición de desperdicios o químicos viejos o sin uso debe realizarse a la mayor brevedad, siguiendo las instrucciones que al respecto dan los fabricantes y o los supervisores de seguridad.
- ◆ El acceso a los lavamanos, duchas lavadoras de ojos, duchas de seguridad y extinguidores nunca deberá estar bloqueado.
- ◆ Los pasillos y circulaciones deberán estar libres de obstrucciones.
- ◆ Las instalaciones eléctricas deberán revisarse con regularidad para asegurar que las mismas se encuentran en buenas condiciones (polarización, tierras, dispositivos de protección, capacidad)
- ◆ Los cilindros de gases a alta presión deberán estar debidamente asegurados para evitar que puedan llegar a caerse.
- ◆ Barrer o aspirar está prohibido. Solo se puede aspirar con equipos aspiradores especiales que dispongan de un filtro HEPA en el sistema de descarga. La razón es que esta actividad genera una gran cantidad de aerosoles.

## BIBLIOGRAFIA

*Cabinas de Seguridad Biológica. Uso, Desinfección y Mantenimiento*, Washington D. C., Organización Panamericana de la Salud, 2002.

*Class II (Laminar flow) Biohazard Cabinetry*, NSF International Standard, NSF-49-1992.

*Pérez, W., Mantenimiento de cabinas de flujo laminar*, Memorias Taller Internacional sobre Calidad en el Laboratorio de Salud Pública, Bogotá, Instituto Nacional de Salud, 2003.

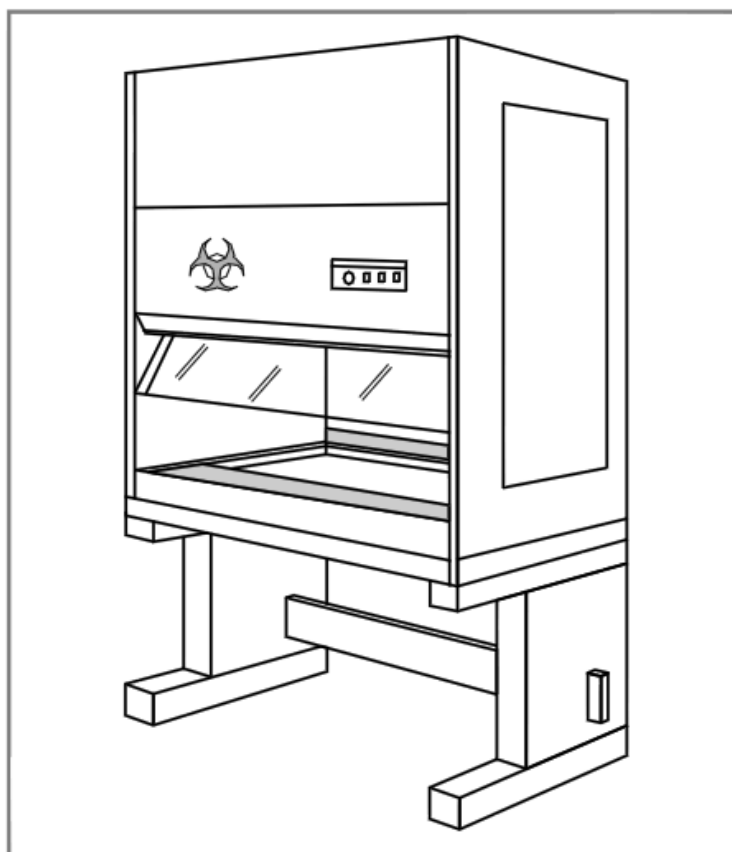
*Personnel & Product Protection: A Guide To Biosafety Enclosures*, Kansas City, Labconco Corporation, 1993.

---

# MANUAL DE MANTENIMIENTO

---

## Cabina de flujo laminar



JULIO DE 2016  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	3
1. DESCONTAMINACION CABINA (PREVIO AL MANTENIMIENTO)	4
1.1 ETAPAS DE DESCONTAMINACION	4
1.1.1 Programación de la descontaminación	4
1.1.2 Realización del Proceso de Descontaminación	8
1.1.3 Ventilación de la cabina de seguridad	8
2. MANTENIMIENTO SEMANAL	10
2.1 DESCONTAMINACION DE SUPERFICIES Y LIMPIEZA DE LA ESTRUCTURA	10
2.2 VERIFICAR LECTURAS MANOMETRO	11
2.2.1 Limpieza	11
2.2.2 Comparación de Lecturas	11
2.3 LIMPIEZA DE LAMPARA UV	12
3. MANTENIMIENTO MENSUAL	13
4. MANTENIMIENTO TRI-MESTRAL	14
4.1 SISTEMA DE VENTILACION	14
4.1.1 Moto-Ventilador	14
4.2 SUB-SISTEMA DE FILTRACION	14
4.2.1 Filtro principal HEPA	14
4.2.2 Filtro secundarios	15
5. EVALUACION FUNCIONAL DEL EQUIPO	16
6. POSIBLES CAUSAS DE FALLAS	18
BIBLIOGRAFIA	19

## **INTRODUCCION**

El mantenimiento de los componentes internos solo debe ser realizado por personal entrenado y debidamente certificado. Para efectuar el mantenimiento de los componentes internos, previamente debe efectuarse una descontaminación. Para realizar las rutinas, deben usarse elementos de protección personal.

El mantenimiento general requerido por la cabina de seguridad biológica es, en general, sencillo de realizar. Las rutinas y las frecuencias se muestran a continuación.

## **1. DESCONTAMINACION DE LA CABINA**

La descontaminación de la cabina de seguridad biológica es una actividad que debe realizarse de forma previa a la realización de trabajos de mantenimiento que impliquen apertura de sus superficies o componentes internos. Siempre que se requiera efectuar alguno de los procesos que se indican a continuación, previamente debe descontaminarse la cabina para lograr un mantenimiento exitoso:

1. Cambio de filtros.
2. Realización de pruebas que requieran acceder a las superficies interiores o expuestas de la cabina.
3. Antes de realizar pruebas de certificación cuando la cabina haya sido utilizada con agentes clasificados como de riesgo biológico de nivel 2 ó 3 Antes de trasladar la cabina a una localización diferente.
4. Cuando se hayan presentado derrames de sustancias con agentes de alto riesgo.

### **1.1 ETAPAS DE DESCONTAMINACION**

Cuando se requiere descontaminar la totalidad de los componentes que conforman una cabina de seguridad biológica, uno de los métodos más utilizados consiste en utilizar la fase gaseosa del formaldehído, debido a que el mismo puede entrar en contacto con todos los elementos que conforman la estructura y dispositivos de una cabina, inclusive aquellos que como el sistema motor-ventilador y el sistema de filtración HEPA, están fuera del alcance de los procesos de descontaminación con desinfectantes químicos líquidos que se realiza sobre las superficies. Para obtener el gas se utilizan gránulos u hojuelas de paraformaldehído, sustancia que al calentarse se convierte en gas formaldehído. Para obtener más detalles acerca del mismo, deberá consultarse la norma NSF No. 49. El proceso de descontaminación

con gas formaldehído es de la mayor efectividad. Sin embargo, debe ser realizado únicamente por personal que haya sido entrenado en el manejo del agente y que conozca perfectamente los riesgos involucrados. Se presentan a continuación los lineamientos generales del proceso.

**1.1.1 Programación de la descontaminación:** La programación del proceso involucra:

1. Coordinar el proceso con el personal del laboratorio. Todos los trabajadores que laboran en el laboratorio deben estar enterados cuando se programa una descontaminación con gas formaldehído. Es un proceso que no puede improvisarse, y que involucra, de no tomarse todas las acciones preventivas requeridas, riesgos para la salud de los trabajadores. Es un proceso que debe ser planificado a nivel de las directivas del laboratorio y del cual deben enterarse todos los trabajadores.
2. Verificar que la descontaminación con gas formaldehído no interfiere con otras actividades del laboratorio. Debe asegurarse que cuando se programe la realización del mismo, no se afectan las demás actividades que realiza el laboratorio. Resulta muy conveniente programar dichos procesos los fines de semana y también en horas nocturnas, si dicha alternativa resulta adecuada.
3. Preparar los elementos de protección personal. El gas formaldehído es altamente irritante para los ojos, mucosas nasales y garganta, por lo que es necesario realizar este tipo de descontaminación utilizando elementos adecuados de protección personal, tales como: Ropa adecuada, Gafas de seguridad, Guantes, Máscara o equipo de respiración.
4. Calcular el volumen (V) de la cabina de seguridad biológica en pies cúbicos (Ft<sup>3</sup>) según la siguiente fórmula:

$$V = L * A * H.$$

Donde:

L= Largo de la cabina de seguridad biológica en pies lineales

A= Ancho de la cabina de seguridad biológica en pies lineales

H= Altura de la cabina de seguridad biológica en pies lineales.

En la Figura N°1 se muestra cómo se determinan las dimensiones de la cabina de seguridad biológica. En el caso de que las mediciones se efectúen con una cinta métrica, deberá efectuarse la correspondiente conversión de unidades para que la fórmula relacionada con la cantidad de paraformaldehído requerido, pueda aplicarse sin incurrir en errores.

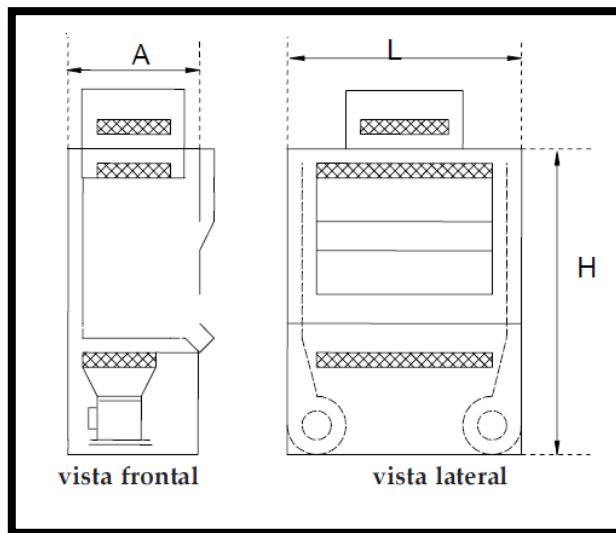


Figura 1. DIMENSIONES DE LA CABINA

5. Calcular, según la siguiente fórmula, la cantidad (C) de paraformaldehído en gramos requerido para el proceso de descontaminación:

$$C = 0,3 \text{ (gr/ft}^3\text{)} * V \text{ (ft}^3\text{)}.$$

Donde V es el volumen de la cabina de seguridad biológica en pies cúbicos (Ft<sup>3</sup>).

6. Lo anterior permite lograr una concentración de gas formaldehído de 0,8% en volumen ó 10000 p.p.m.
7. Preparar el siguiente equipo:
  - ♣ Una estufa eléctrica

- ◆ Un plato caliente
  - ◆ Un termómetro
  - ◆ Un higrómetro
  - ◆ Un rollo de película de polietileno
  - ◆ Un rollo de cinta para ductos
  - ◆ Un ducto flexible
  - ◆ Dos extensiones eléctricas
8. Pesar de forma muy exacta la cantidad de paraformaldehído requerido y almacenar en una cápsula o recipiente con tapa (plástico). No debe excederse nunca la cantidad calculada.
  9. Colocar los equipos antes mencionados dentro de la cabina de seguridad biológica. Ubicar el termómetro y el higrómetro de forma tal, que sea fácil determinar las lecturas.
  10. Colocar sobre la estufa un recipiente abierto y en el mismo colocar la cantidad C de paraformaldehído requerido.
  11. Colocar sobre el plato caliente otro recipiente que se llena con agua hasta la mitad
  12. Colocar el ducto flexible alrededor del filtro HEPA de extracción (superior) y asegurar el ducto alrededor del cuello o estructura externa del filtro. Sellar el otro extremo del ducto con película de polietileno y asegurar dicho extremo a una ventana próxima que dé al exterior. Verificar que dicha ventana permite descargar el gas al exterior cuando se finalice el proceso, sin que se afecten dependencias vecinas. En la Figura No. 2 se da una idea de cómo debe conectarse el ducto flexible al exterior. El ducto deberá garantizar que no se produzcan fugas a lo largo de su trayectoria. Podría utilizarse un ducto de polietileno de bajo peso para facilitar la instalación. Lo importante es que no queden fugas ni a lo largo del ducto ni en ninguno de los extremos.
  13. Sellar con cinta todas las uniones de la cabina. Esto se hace para evitar que por los ensambles o uniones externas de los elementos estructurales, pueda llegar a fugarse el gas formaldehído de la cabina.

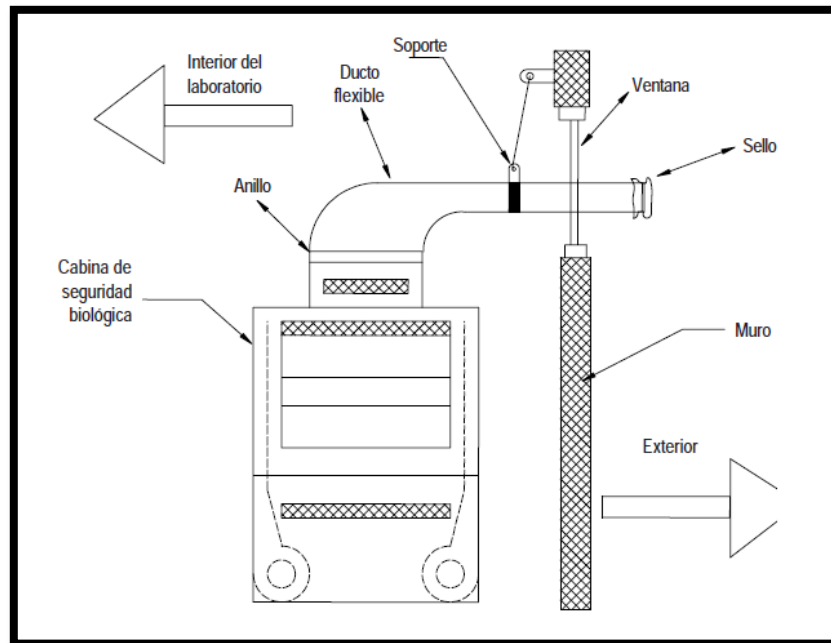


Figura 2. INSTALACION DEL DUCTO FLEXIBLE AL EXTERIOR

14. Conectar la extensión eléctrica No. 1 a la estufa en donde se calentará el recipiente en el cual se ha colocado el paraformaldehído. Programar el termostato de dicha estufa a 450°C. No conectar aún la extensión a la toma eléctrica
15. Conectar la extensión eléctrica No. 2 al plato caliente donde se calentará el agua. No conectar aún la extensión a la toma eléctrica.
16. Sellar el frente de la cabina con la película de polietileno. Verificar que no quede ninguna fuga. Sellar las extensiones eléctricas. Verificar que el gas no pueda salir por los cables.
17. Sellar los drenajes de la cabina de seguridad biológica.

La cabina se sella completamente para evitar que el gas formaldehído pueda escaparse sin control e inunde el ambiente del laboratorio. La filosofía del proceso consiste en inundar la cabina con gas, pero no el ambiente del laboratorio en donde se encuentra instalada la cabina de seguridad biológica.

Nota: Si la cabina de seguridad biológica dispone de ducto de extracción hay que analizar en detalle el sistema de extracción. Se recomienda desconectarlo del sistema de extracción, a menos que sea exclusivo. En tal caso se sella la válvula.

**18.** Las condiciones ideales para realizar la descontaminación son:

- ◆ Temperatura interna de la cabina de seguridad biológica 74°F (23,3°C).
- ◆ Humedad relativa Hr = 60% - 70%.

### **1.1.2 Realización Del Proceso De Descontaminación:**

1. Verificar las condiciones ideales.
2. Conectar la extensión No. 2 a la toma eléctrica para que se encienda el plato caliente y se caliente el agua de forma que se alcance en el interior de la cabina una humedad relativa (Hr) de 60%. Si la humedad es superior, no conecte esta extensión.
3. Conectar la extensión eléctrica No. 1 (la estufa se encenderá). En cinco (5) minutos deberá haberse evaporado el 50% del paraformaldehído.
4. Encender el ventilador de la cabina de seguridad biológica durante máximo 5 segundos y apagarlo de nuevo. Esto permitirá que el gas fluya a través de los componentes internos (motor - ventilador, filtros HEPA).
5. Desconectar la extensión eléctrica No. 1 en el momento en que se termine de evaporar el paraformaldehído, (la estufa se apagará).
6. Encender brevemente el ventilador de la cabina de seguridad biológica por 3-5 segundos y luego apagarlo.
7. Dejar la cabina de seguridad biológica inundada con el gas formaldehído como mínimo por una hora. El tiempo adicional que se deje inundada la cabina dependerá del criterio del profesional que este controlando el proceso de descontaminación.

**1.1.3 Ventilación De La Cabina:** Una vez que se ha cumplido el tiempo ya Determinado para la descontaminación, se procede con la etapa de ventilación.

1. Se rompe primero el sello del ducto flexible que da al exterior. Esto permitirá que el gas contenido en la cabina pueda empezar a fluir al exterior.
2. Se enciende el ventilador de la cabina de seguridad biológica y simultáneamente se rasga la película de polietileno con la cual se ha sellado la parte frontal de la cabina de seguridad biológica.

3. Se deja que el ventilador de la cabina de seguridad biológica opere durante toda la noche, de forma que no queden rastros de gas formaldehído dentro de la cabina. Este proceso de descontaminación se utiliza siempre que sea necesario realizar alguna de las siguientes acciones: \_ Antes de sustituir los filtros HEPA.
4. Antes de efectuar mantenimiento a los dispositivos internos (conjunto motor-ventilador, plenum).
5. Después de que hayan ocurrido derrames que involucren agentes biológicos de alto riesgo

## **2. MANTENIMIENTO SEMANAL**

## **2.1 DESCONTAMINACION DE LA SUPERFICIES Y LIMPIEZA DE LA ESTRUCTURA**

Normalmente se realiza al finalizar las labores del día. Para realizarla deberán retirarse todos los equipos y recipientes de la cabina de seguridad biológica. A estos equipos, igualmente se les deberá efectuar una descontaminación de superficie que incluye la superficie de trabajo, los lados, la parte trasera y la parte interior del vidrio frontal.

1. Si es el caso, la cabina debe ser revisada para radiactividad y descontaminada apropiadamente.
2. Los pequeños derrames pueden ser manejados de forma inmediata con toallas de papel absorbente colocando inmediatamente las mismas dentro de una bolsa de bioseguridad.
3. Cualquier salpicadura a los elementos colocados dentro de la cabina deberá ser limpiada inmediatamente con una toalla humedecida con solución descontaminante.
4. Los guantes deberán ser cambiados después de que la superficie de trabajo sea descontaminada y antes de colocar una toalla absorbente limpia sobre la superficie de trabajo de la cabina.
5. Las manos deberán lavarse siempre que los guantes sean cambiados o removidos.
6. Los derrames suficientemente grandes que produzcan flujo de líquidos a través de las rejillas delanteras o traseras, requieren una descontaminación más extensa. Después de verificar que la válvula de drenaje está cerrada, se puede añadir un agente descontaminante sobre la superficie de trabajo y a través de las rejillas al colector de drenaje. Para realizar la descontaminación se permite un tiempo de contacto entre 20 y 30 minutos, (varía dependiendo del microorganismo y del agente descontaminante utilizado).
7. Los fluidos derramados y las soluciones desinfectantes usadas sobre la superficie de trabajo deberán ser recogidos con toallas absorbentes y las mismas deberán ser desechadas en una bolsa de bioseguridad.
8. El colector de drenaje deberá ser vaciado dentro de un frasco que contenga una solución desinfectante. Para esto se utiliza una manguera de longitud adecuada que se acopla a la válvula de drenaje y el extremo abierto se sumerge en el vaso

colector que contiene la solución desinfectante. Este procedimiento minimiza la generación de aerosoles.

## 2.2 VERIFICAR LECTURAS MANOMETRO

Normalmente este dispositivo no requiere mantenimiento. Sin embargo, podrían llegar a requerirse algunas de las acciones que se describen a continuación:

**2.1.1 Limpieza:** La realizan normalmente los operadores de la cabina, Limpiar regularmente la cubierta plástica del manómetro.

**2.1.2 Comparación de lecturas:** La realiza exclusivamente un técnico debidamente capacitado que utilice herramientas y procesos debidamente aceptados.

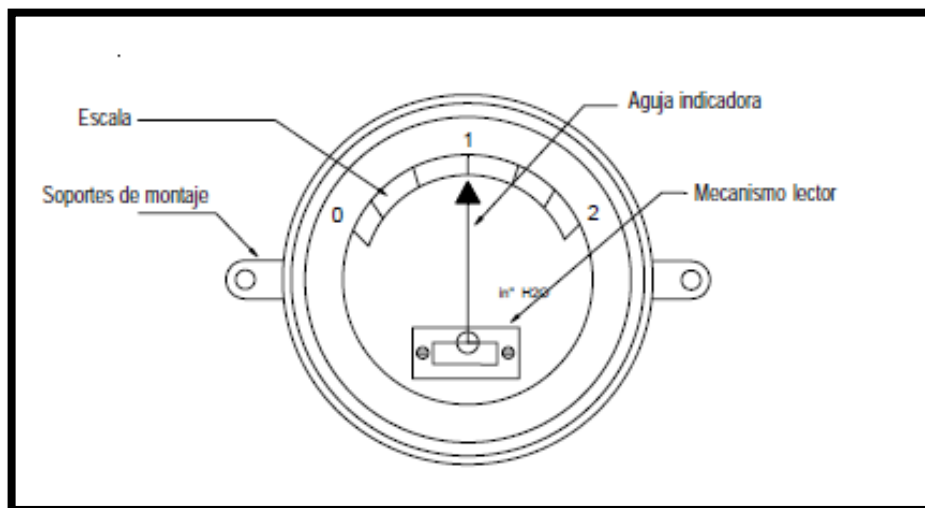


Figura 3. ILUSTRACION MANOMETRO

Normalmente se realizan las siguientes actividades:

1. Se conecta la salida de alta presión del manómetro a un conector tipo T. Al mismo conector T se conecta en paralelo un manómetro de comparación

(patrón), el cual debe estar calibrado y funcionando adecuadamente. En la tercera salida del conector T, se conecta una manguera a un generador de presión (adecuado).

2. Muy lentamente se aplica presión al conjunto, dentro de los rangos de funcionamiento de los manómetros; se espera unos segundos a que se estabilicen las presiones, y se comparan las lecturas. Si existe una diferencia significativa, habría que evaluar si se cambia el manómetro, se envía a recalibrar a un proveedor de servicios técnicos especializados, o si se recalibra en campo. Esta última opción sólo la puede realizar personal especializado y con experiencia en el funcionamiento, ensamble y ajuste de dichos dispositivos. Se presenta a continuación el procedimiento básico relativo a la recalibración de campo
3. Se fija el cuerpo del manómetro y se gira el anillo de cubierta en sentido contrario a las agujas del reloj.
4. Se levanta el anillo, la cubierta plástica y el empaque del anillo
5. Se desmonta el conjunto de la escala, removiendo los dos tornillos de fijación
6. La calibración se modifica moviendo el tornillo de ajuste que se encuentra en la parte superior central del mecanismo, visto de frente. Se afloja el tornillo de ajuste y se mueve levemente hacia el conjunto de la espira si la lectura está alta y lejos de la misma, si la lectura está baja. Se aprieta el tornillo de ajuste y se instala en el conjunto de la escala.
7. Se reemplaza el empaque y si es el caso la cubierta plástica. Se verifica que el eje de la espira esté acoplado con el tornillo de ajuste de cero.
8. Se ajusta nuevamente el conjunto. El mismo deberá quedar completamente sellado para asegurar que el área bajo la cubierta este sellada y libre de fugas
9. Se efectúa la comparación de lecturas y de ajuste contra un instrumento patrón.

### **2.3 LIMPIEZA DE LAMPARA UV**

La radiación emitida por las lámparas UV normalmente se va deteriorando con el uso. Se estima que la vida útil de dichos dispositivos es de aproximadamente 7.500 horas. (3,5 años/por jornada de 8 horas/día) Por lo anterior se recomienda:

- ◆ De forma periódica verificar la intensidad de la radiación que emite la lámpara UV (utilizar un radiómetro). Cuando se deba efectuar dicha comprobación, deberá permitirse que la lámpara funcione al menos por un período de tiempo comprendido entre los 5 y los 10 minutos o quizá más

tiempo si la temperatura del ambiente es muy baja. Igualmente, antes de efectuar la medición deberá limpiarse la bombilla UV para asegurar que la misma se encuentra libre de polvo o suciedad; se debe usar un trozo de tela libre de hilachas, humedecida con alcohol, o con una mezcla de agua y amoníaco.

- ◆ Cambiar la lámpara UV cuando la intensidad de la radiación UV sea inferior a los 40 mW/cm<sup>2</sup>.

### 3. MANTENIMIENTO MENSUAL

El mantenimiento mensual es más sencillo que el semanal, para este debemos:

1. Limpiar las superficies exteriores, en especial, el frente y la parte superior utilizando una pieza de tela húmeda, a fin de retirar el polvo.
2. Desinfectar y remover la superficie de trabajo con etanol al 70 % o una solución desinfectante adecuada.
3. Desinfectar la superficie del compartimiento inferior con etanol al 70 % o una solución desinfectante adecuada.
4. Verificar el estado de las válvulas de servicio.
5. Realizar las tareas de frecuencia semanal.



Figura 4. LIMPIEZA CABINA DE SEGURIDAD

## 4. MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

### 4.1 SISTEMA DE VENTILACION

Este sistema está compuesto por uno o dos conjuntos motor- ventilador. Suministra la energía mecánica necesaria para mover el aire desde el exterior a la cabina hasta su extracción final una vez ha sido filtrado. Un conjunto de conductos permiten dirigir y controlar el flujo del aire dentro de la cabina, desde la zona o mesa de trabajo hasta el sistema de filtración

**4.1.1 Moto-Ventilador:** En la actualidad, las actividades de mantenimiento de este sistema están reducidas a efectuar actividades de limpieza, que sólo deben ser realizadas por electricistas o técnicos especializados debidamente capacitados y familiarizados con estos sistemas. Por otra parte, como este sistema está ubicado en el interior de la cabina de seguridad biológica, sólo se puede acceder a él una vez que la cabina se ha sometido a un proceso de descontaminación mayor. Si este proceso no ha sido realizado, el personal técnico que intervenga el conjunto motor-ventilador, deberá programar y coordinar la intervención con el jefe del laboratorio y utilizar elementos de protección personal adecuados a los riesgos potenciales a los que puedan llegar a estar expuestos.

### 4.2 SUB-SISTEMA DE FILTRACION

Es quizá uno de los sistemas más importantes de las cabinas de seguridad biológica. Está conformado por filtros tipo HEPA en donde se llevan a cabo los procesos de retención de partículas, aerosoles y contaminantes. De su estado dependerá en buena parte el correcto funcionamiento de la cabina. En general, los diseños de las cabinas permiten la utilización de filtros de tamaño estándar.

**4.2.1 Filtro Principal HEPA:** Los filtros HEPA no requieren ninguna clase de mantenimiento. La filosofía es que si el filtro se rompe o cumple la vida útil, el filtro se cambia. La falta de cuidado en el manejo del filtro conlleva a que se puedan presentar situaciones como las siguientes:

- ◆ Rotura del medio filtrante.
- ◆ Rotura de las uniones entre el medio filtrante y el marco o mecanismos de sujeción.

Cualquiera de las dos condiciones permite fugas que resultan inaceptables en una cabina de seguridad biológica y obligan a instalar un nuevo filtro, así como a realizar un proceso de certificación. La vida útil de los filtros HEPA depende de la intensidad de uso de la cabina y de que tan limpio es el ambiente en el que se encuentra instalada.

Es necesario tener siempre en cuenta que una cabina de seguridad biológica solo funciona correctamente si se encuentra certificada de acuerdo con los procedimientos determinados en la norma de la NSF No. 49.

**4.2.2 Filtros Secundarios:** tienen una vida útil definida según las especificaciones técnicas del fabricante, al cumplir esta se deben cambiar de inmediato.

## 5. EVALUACION FUNCIONAL DEL EQUIPO

En caso de que se dispongan cabinas de seguridad biológica en el laboratorio, pero no se encuentren en la zona de ubicación del laboratorio de servicios autorizados de certificación, el personal responsable de mantenimiento tiene la alternativa de efectuar procedimientos de revisión anuales basados en el Estándar NSF 49 que, debidamente documentados, permitirían identificar con bajos niveles de incertidumbre si la cabina se encuentra en buen estado y su operación es normal<sup>6</sup>. Como actividades a realizar se destacan las siguientes:

1. Evaluación de **instalación**. Verifica que las condiciones de instalación de la cabina están de acuerdo con las recomendaciones que al respecto ha definido el fabricante.
2. Evaluación **operacional**. Comprueba que la cabina funciona de acuerdo con sus características de diseño y fabricación.
3. Evaluación de **desempeño**. Verifica la capacidad de la cabina para brindar un espacio adecuado de trabajo en condiciones de operación normales y críticas.

En la tabla siguiente se incluye a continuación se señalan los parámetros a tener en cuenta en la evaluación funcional de la misma:

PARÁMETROS	OBSERVACIÓN
Identificación institucional de la cabina	Marca, modelo, tipo, serie, ubicación, código de inventario, fecha.
<b>Eléctricos</b>	
• Voltaje	Medición de voltaje. Requiere voltímetro.
• Amperaje	Medición de amperaje. Requiere voltímetro o pinza amperimétrica.
• Motor/ventilador	Verificación de temperatura de operación. Verificar nivel de ruido y vibración.
• Iluminación - Fluorescente - Ultravioleta	Confirmación del número de horas de operación de las lámparas y de su intensidad lumínica. Requiere radiómetro.
• Tomas eléctricas	Revisión de integridad, calidad del contacto y voltajes disponibles.
• Interruptores	Control de estado e integridad.
• Integridad cables y conectores	Verificación visual.
• Alarmas	Comprobación de estado y calibración.
<b>Físicos</b>	
• Acabados internos/externos	Verificación visual.
• Estado filtros y prefiltros	Verificación visual. No deben existir fugas ni en el material filtrante ni en los sellos.
• Empaques y sellos	Verificación visual. No deben existir fugas.
• Ventana deslizante	Verificación visual. Debe poder moverse suavemente y conservar las posiciones seleccionadas.
<b>Operacionales</b>	
• Velocidad del flujo	Control de velocidades de acuerdo con la clase y tipo de cabina. Requiere anemómetro.
• Nivel de ruido	Requiere sonómetro.
• Diferencial de presión en el filtro HEPA	Tomar lectura del manómetro de la cabina.

PARÁMETROS	OBSERVACIÓN
<b>Desempeño</b>	
• Conteo de partículas	Método definido en los Federal Standard 209D, E. Requiere generador de DOP, fotómetro y contador de partículas.
<b>Condiciones del área de instalación</b>	
• Temperatura	Requiere termómetro: aproximada de 20-22 °C.
• Humedad	Requiere higrómetro: aproximada de 45-55 %.
• Limpieza	Debe ser adecuada.
• Corrientes de aire	No debe haber corrientes que afecten el funcionamiento de la cabina.

Figura 5. TABLA DE FUNCIONALIDAD EQUIPO

## 6. POSIBLES CAUSAS DE FALLAS

A continuación se presenta una tabla para remediar los posibles problemas que se puedan presentar en la cabina de seguridad:

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
No encienden la luz ni el sistema de ventilación de la cabina.	Cabina desconectada de la toma eléctrica.	Verificar que la cabina esté conectada a una toma eléctrica y que el cable esté bien conectado en la caja eléctrica de la cabina.
	No hay alimentación eléctrica en la acometida.	Confirmar que la toma eléctrica esté energizada y que el disyuntor no esté desactivado –protección termomagnética–. Inicializar nuevamente los interruptores.
El ventilador de la cabina funciona, pero la lámpara no enciende.	Lámpara defectuosa.	Reemplazar la lámpara. Utilizar una de las mismas características de la original.
	Lámpara mal conectada.	Revisar la conexión de la lámpara. Ajustar a la posición correcta.
	Protección termomagnética del disyuntor activada.	Reconectar el disyuntor.
	Alambrado de la lámpara desconectado.	Revisar alambrado de la lámpara.
	Balasto de la lámpara defectuoso.	Reemplazar balasto.
El ventilador no gira pero la luz enciende.	Ventana frontal cerrada.	Abrir la ventana hasta la posición de trabajo.
	Motor del ventilador defectuoso.	Reemplazar el conjunto motor-ventilador.
	Motor del ventilador desconectado.	Revisar las conexiones del motor.
El manómetro indica un aumento en la caída de presión a través del filtro.	La retención de partículas en el filtro HEPA ha aumentado.	Proceso normal durante la vida útil del filtro.
	Bloqueo en las rejillas o ranuras de retorno.	Verificar que las rejillas no se encuentren obstruidas con algún equipo o material.
	Obstrucción en el conducto de extracción.	Comprobar que no existan bloqueos o restricciones en el conducto de extracción.
	Bloqueo o restricción bajo la superficie de trabajo.	Verificar que el conducto bajo la superficie de trabajo se encuentre libre de obstrucciones.

Figura 6. POSIBLES CAUSAS DE FALLAS

## BIBLIOGRAFIA

*Cabinas de Seguridad Biológica. Uso, Desinfección y Mantenimiento*, Washington D. C., Organización Panamericana de la Salud, 2002.

*Class II (Laminar flow) Biohazard Cabinetry*, NSF International Standard, NSF-49-1992.

*Primary Containment for Biohazards: Selection, Installation and Use of Biological Safety Cabinets*, Washington D. C., U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health, 2nd. Edition, 2000.