



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA
INDUSTRIAL**

TÍTULO:

**Diseño tecnológico de una campana extractora de gases para la
utilización en los laboratorios de docencia del Departamento de
Química de la UNAN–Managua, Diciembre 2018 - Marzo 2019**

Autor:

Br. Yesler Ernesto Bermúdez Tercero

Tutor:

PhD. Danilo López Valerio

Asesor Metodológico:

M.Sc. Jairo López Velásquez

Managua, Abril 2019

No se preocupen por nada, más bien oren y pídanle a Dios todo lo que necesiten y sean agradecidos. Así Dios les dará paz, esa paz que la gente de este mundo no alcanza a comprender, pero que protege el corazón y el entendimiento de los que son de cristo.

Filipenses 4:6-7

DEDICATORIA

Acto que primeramente ofrezco a Dios por ser mi todo, por darme la fuerza y el respaldo de haber concluido este ciclo y haber compartido momentos amenos con los maestros del Departamento de Química de esta prestigiosa alma mater, de tal forma con mis compañeros de carrera. Me siento gozoso y agradecido con mi Dios por culminar uno de mis más grandes objetivos; terminar y defender mi monografía, este documento que ahora usted tiene en sus manos.

Dedico esta monografía a Dios por ser el inspirador de cada uno de mis pasos y de mi convivir a diario; a mis padres por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre; a mi hermano, a mi novia y seres queridos cercanos, por ser el incentivo para seguir adelante con este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco grandemente al *PhD. Danilo López Valerio* por dedicar su valioso tiempo, su paciencia, dedicación y apoyo en la preparación de este documento.

Al asesor *M.Sc. Jairo López Velásquez* por brindarme su tiempo y aportar ideas de gran importancia para la mejora y perfección de este documento.

A mis padres; *María Teresa Tercero Báez* y *Ernesto José Bermúdez Cardoza* por su apoyo, comprensión, y sus oraciones.

Al director del Departamento de Química, *PhD. Frank Medrano Mayorga*, por brindarme su apoyo y permitir los medios e información necesaria para la realización de esta monográfica.

CARTA AVAL DEL TUTOR

El presente **trabajo monográfico** bajo el Título: “**Diseño tecnológico de una campana extractora de gases para la utilización en los laboratorios de docencia del Departamento de Química de la UNAN–Managua, Diciembre 2018 - Marzo 2019.**” ha sido realizado por el bachiller **Yesler Ernesto Bermúdez Tercero**. Bajo la dirección, tutoría del **PhD. Danilo López Valerio** y asesoría del **M.Sc. Jairo Paul López Velásquez**.

Doy fe que el bachiller ha cumplido con todas las disposiciones y requisitos del Art. 64 según la Normativa de Modalidad de Graduación del Régimen Académico Estudiantil, aprobado por el Vicerrectorado de Docencia y Dirección de Docencia de Grado en cuanto a la elaboración del presente para optar al título de Licenciado en Química Industrial.

Danilo López Valerio, PhD.
Docente
Departamento de Química
UNAN-Managua

Jairo Paul López Velásquez, M.Sc.
Docente
Departamento de Química
UNAN-Managua

RESUMEN

Palabras claves: Campana de extracción, químicos fumantes, volumen de aire variable, materiales de construcción y caudal.

Este trabajo consiste en el diseño tecnológico de una campana de extracción de gases, para su futura construcción e instalación en los laboratorios de docencia del Departamento de Química de la UNAN-Managua, se indagaron e identificaron los reactivos más utilizados en las prácticas de laboratorios, así como los procesos de reacción química que originan desechos, tales como gases, vapores, humos, nieblas y partículas de carácter metálico presentes en trazas suspendidas.

La mayoría de las prácticas de laboratorio originan residuos en estados sólido y líquido, los cuales pueden ser peligrosos sin un adecuado manejo; por lo que es necesario que las campanas de extracción de gases instaladas en los laboratorios, mitiguen los riesgos a la salud del usuario, por tanto, se debe asegurar el buen estado físico y lograr la eficacia requerida para su utilización.

Para la selección del tipo de campana se identificaron los reactivos, principales contaminantes emitidos, aspectos técnicos, propósitos de uso, características de diseño y dimensiones de los diferentes tipos de campanas de extracción instaladas en laboratorios.

Como resultado, la campana seleccionada para su diseño, corresponde al tipo de campana de extracción de gases de volumen de aire variable (VAV) modelo 1 800 (Modificada). Cuyo parámetros tecnológicos reflejan un caudal de $2,194 \text{ m}^3/\text{s}$, con un ventilador centrífugo de voluta industrial con álabes curvados hacia atrás con una potencia de $5 \frac{1}{2}$ de HP a 2 800 rpm.

Se hace necesario la pronta instalación de un sistema de campana de extracción de gases, con el objetivo de disminuir los niveles de toxicidad de los contaminantes generados, esta convendrá proporcionar un entorno seguro, minimizando el riesgo de exposición ante el usuario.

TERMINOS Y DIFINICIONES

°C: Grados Celsius

g: Gramos

kg: kilogramos

kg/m³: kilogramo por metro cúbico

fpm: Pies por minutos

mm: milímetros

cm: centímetro

m: metro

m/s: metro por segundo

m³/s: metro cubico por segundo

": pulgada

µm: micrómetro

Altura: dimensión vertical

Largo y ancho: corresponden a la dimensión horizontal

Ø: Diámetro

Q: Caudal volumétrico de aspiración. Fluido que pasa por una superficie en un tiempo determinado

A₁: Área de la circunferencia del diámetro de escape del conducto del cuello de extracción

A₂: Área de un rectángulo de la caja receptora del contaminante

A₃: Área de la distancia total del conducto de extracción hasta el ventilador

Q₁: Caudal para el cuello de extracción

CAV: volumen de aire constante

VAV: volumen de aire variable

HP: extracción de alto rendimiento

Walking: instaladas en el suelo

LAFQA: Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos

UNAN: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNE-EN: Normalización española

NPT: Notas Técnicas De Prevención

NTN: Norma Técnica Nicaragüense

AOAC: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales

ANSI: Instituto americano de estándares nacionales

ASHRAE: Sociedad americana de ingenieros de calefacción, refrigeración e ingenieros de aire acondicionado

ECT, Inc: Exposure control Technologies

Austenítico: forman el grupo principal de aceros inoxidables que suele ser el acero a prueba de ácidos

Boquillas de pulverización: componentes de alta precisión para lavado

Autógena: Soldadura homogénea por combustión

Sonicación: es el acto de aplicación de la energía del sonido, para agitar las partículas de una muestra

Modo de baffle: Captadores o interruptores de flujo

flujo laminar: movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, moviéndose en láminas paralelas sin entremezclarse, siguiendo una trayectoria suave

Amolados: acción y efecto de amolar, dañar o desgastar

Centrifugo: Tiende a alejar del eje alrededor del cual gira

Monofásico: Corriente eléctrica que solo posee dos conductores

Trifásico: Tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales

Brida: Elemento de sujeción

Postformable: laminado de alta presión

Trébede: es un trípode metálico en forma de aro o triángulo usado para calentar

Balasto electrónico: Es un equipo que sirve para mantener estable y limitar la intensidad de la corriente para lámparas

Q₂: Caudal para la caja receptora del contaminante

Q₃: Caudal de la distancia total del conducto de extracción

Q_t: Sumatoria de los caudales totales

HP: Alto rendimiento

SKF: Compañía que se dedica al diseño y provisión

de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para transmisión de potencia

mca: Un metro de columna de agua, es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura sobre la gravedad terrestre.

Superestructura: Parte de la campana, con el apoyo de la superficie de trabajo, paneles interiores y exteriores, muebles y bases.

Totalmente abierto: La altura máxima a la que la hoja se puede abrir por encima de la superficie de trabajo. Está limitado sólo por el diseño de la campana de extracción.

Microcontrolador Arduino: es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales

PVC: Polivinílico de cloruro

Polvo termo endurecido: Pintura basada en resinas de epoxi y poliéster, que posee excelentes propiedades mecánicas, buena resistencia a la corrosión generados por agentes químicos.

Acero vitrificado o porcelanizado: es una lámina de acero de carbono con un recubrimiento vítreo de larga duración a base de boro, aluminio o silicatos que se obtienen por fundición a alta temperatura, en una o varias capas, de una mezcla de óxidos de carácter ácido y básico.

Contaminantes: Polvo, humos, gases, vapores, aerosoles, alérgenos, partículas, etc. Pueden ser nocivos, venenosos, tóxicos, alergénicos, inodoro, oloroso, corrosivos, inflamables, explosivos, radiactivos, etc.

Ordenador para la modulación: proceso de modulación que consiste en variar un parámetro que está en la onda portadora en función de las alteraciones de la señal moduladora

Deflectores: Situados a través en la parte trasera del espacio de trabajo entre la superficie de trabajo y el punto de conexión al conducto del cuello de escape, permite una mejor distribución del flujo de aire y la captura dentro de los contaminantes.

ÍNDICE

DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iv</i>
CARTA AVAL DEL TUTOR	<i>iii</i>
RESUMEN	<i>ivi</i>
TERMINOS Y DIFINICIONES	<i>vii</i>
ÍNDICE	
1. CAPÍTULO I	
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.	4
1.4.2. Objetivos Específicos.	4
2. CAPÍTULO II	
2.1 Marco referencial	6
2.1.1. Laboratorios de docencia del Departamento de Química.	6
2.1.2. Principales reactivos utilizados en los laboratorios de docencia.	6
2.1.3. Principales gases producidos en las reacciones químicas realizadas en las prácticas de laboratorio llevadas a cabo en el 2017.	6
2.1.4. Campanas de extracción.	7
2.1.4.1. Definición y concepto de campana extractora de gases.	7
2.1.4.2. Breve reseña histórica de las campanas extractoras de gases.	8
2.1.4.3. Propósito y características de las campanas extractoras.	9
2.1.4.4. Aspectos importantes para sugerir una campana extractora.	9
2.1.4.5. Tipos de campanas de extracción.	10
2.1.5. Descripción de los tipos de campanas de gases de laboratorio.	11
2.1.5.1. Campana de volumen de aire constante (CAV) de derivación.	11
2.1.5.2. Campanas de extracción de volumen de aire variable (VAV).	12
2.1.5.3. Campanas de extracción de alto rendimiento (HP).	13
2.1.5.4. Campana de destilación Walking.	14
2.1.5.5. Campana de extracción de laboratorio montadas en el piso.	15
2.1.5.6. Campana de extracción para ácido perclórico.	16
2.1.5.7. Campana de extracción de radioisótopos.	18
2.1.5.8. Campana de extracción de aire auxiliar.	19
2.1.6. Materiales y especificaciones de diseño para campanas extractoras.	19
2.1.6.1. Principios generales.	19
2.1.6.2. Propiedades de los contaminantes.	20

2.1.6.3.	Escape de contaminantes.	20
2.1.6.4.	Características del contaminante.	21
2.1.6.5.	Distribución de corriente de aire para captación del contaminante.	22
2.1.6.6.	Velocidad de captura.	22
2.1.6.7.	Especificaciones del cálculo del caudal de aspiración.	24
2.1.6.8.	Elementos de conducción.	25
2.1.6.9.	Ventiladores.	26
2.1.6.10.	Escape del conducto de cuello.	30
2.1.6.11.	Superestructura.	31
2.1.6.12.	Paneles interiores.	31
2.1.6.13.	Paneles exteriores.	32
2.1.6.14.	Perfil inclinado de los lados verticales.	32
2.1.6.15.	Superficie de trabajo y escudilla ovalada.	33
2.1.6.16.	Air-foil (Perfil aerodinámico).	34
2.1.6.17.	Deflectores.	35
2.1.6.18.	Rejillas de derivación.	35
2.1.6.19.	Guillotina y configuración de apertura.	36
2.1.6.20.	Banda de parada de seguridad de la guillotina.	37
2.1.6.21.	Mecanismo de contrapeso.	38
2.1.6.22.	Ataduras o fijaciones de la campana.	38
2.1.6.23.	Dimensiones de las campanas.	38
2.1.6.24.	Servicios.	39
2.1.7.	Operación de la campana en el laboratorio.	41
2.1.7.1.	Procedimiento de utilización.	42
2.1.8.	Ubicación de las campanas de extracción.	42
2.2.	Antecedentes	43
2.3.	Hipótesis	45
3.	CAPÍTULO III	
3.1	Diseño metodológico	47
3.1.1.	Descripción del ámbito de estudio.	47
3.1.2.	Tipo de estudio.	47
3.1.3.	Población y muestra.	48
3.1.3.1.	Población.	48
3.1.3.2.	Muestra.	48
3.1.4.	Variables y operacionalización.	48
3.1.4.1.	Variables independientes.	48
3.1.4.2.	Variables dependientes.	49
3.1.4.3.	Operacionalización de las variables	49
3.1.5.	Material y método.	50
3.1.5.1.	Materiales para recolectar información.	50

3.1.5.2. Material para procesar la información-----	50
3.1.5.3. Equipos, reactivos y materiales de laboratorio.-----	51
3.1.5.4. Método.-----	51
4. CAPÍTULO IV-----	
4.1. Análisis y discusión de resultados-----	55
4.1.1. Análisis de reactivos utilizados en prácticas en los laboratorios. -----	55
4.1.2. Principales gases producidos en las reacciones químicas durante las prácticas de laboratorio efectuadas en el 2017. -----	57
4.1.3. Selección del tipo de campana de extracción apropiada a utilizarse en los laboratorios del Departamento de Química. -----	60
4.1.3.1. Características de los aspectos técnicos. -----	61
4.1.4. Parámetros tecnológicos del diseño de la campana extractora. -----	63
5. CAPÍTULO V-----	
5.1. Conclusiones-----	68
5.2. Recomendaciones-----	70
5.3. Bibliografía-----	71
5.4. Anexos-----	76
5.4.1. Anexo 1-----	76
5.4.2. Anexo 2-----	79
5.4.3. Anexo 3-----	83
5.4.4. Anexo 4-----	84
5.4.5. Anexo 5-----	85
5.4.6. Anexo 6-----	87
5.4.7. Anexo 7-----	89
5.4.7.1. Generales. -----	89
5.4.7.2. Anuales. -----	89
5.4.8. Anexo 8-----	90
5.4.9. Anexo 9-----	93
5.4.9.1. Análisis de costo. -----	93
5.4.10. Anexo 10-----	94
5.4.10.1. Diseño tecnológico de la campana de extracción de gases VAV modelo 1 800.-----	94
5.4.10.2. Esquema estructural de vista en plano, con datos dimensionales de la campana de extracción VAV modelo 1 800. -----	96

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Campana extractora de gases.</i>	8
<i>Ilustración 2. Compañía W.K. Muldford.</i>	8
<i>Ilustración 3. Tipos de campanas de extracción de laboratorio.</i>	10
<i>Ilustración 4. Patrones de flujo de aire contante cuando de la guillotina se abre y se cierra.</i>	11
<i>Ilustración 5. Campana de destilación.</i>	15
<i>Ilustración 6. Campana extractora montada en el piso con paneles de guillotina horizontal.</i>	16
<i>Ilustración 7. Lámina de acero inoxidable tipo 316.</i>	17
<i>Ilustración 8. Campana de extracción de sistema auxiliar de suministro de aire.</i>	19
<i>Ilustración 9. Distribución de la corriente de aire en el interior de la campana.</i>	22
<i>Ilustración 10. Clasificación gráfica de los tipos de ventiladores</i>	27
<i>Ilustración 11. Ventilador centrifugo de voluta.</i>	28
<i>Ilustración 12. Clasificación grafica de los tipos de ventiladores axiales.</i>	30
<i>Ilustración 13. Escudilla ovalada anti derrame.</i>	33
<i>Ilustración 14. Campana de gases con y sin Air-foil con perfil aerodinámico.</i>	34
<i>Ilustración 15. Vista lateral de la campana de extracción de gases y patrones de captación.</i>	41
<i>Ilustración 16. Purgación del ventilador centrifugo.</i>	91
<i>Ilustración 17 Limpieza del panel deflector.</i>	91
<i>Ilustración 18. Descontaminación de sedimentos alojados al tubo flexible circular.</i>	91
<i>Ilustración 19. Cambio de faja de sujeción en el acople.</i>	92
<i>Ilustración 20. Limpieza del escape del conducto de extracción con peróxido de hidrogeno.</i>	92
<i>Ilustración 21. Campana VAV modelo 1 800. Vista 3d solida con textura. Frontal y trasera.</i>	94
<i>Ilustración 22. Campana VAV modelo 1 800. Vista 3d rayos x. Frontal y trasera.</i>	95
<i>Ilustración 23. Campana VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en altura y largo frontal.</i>	96
<i>Ilustración 24. Campana VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en altura y ancho.</i>	97
<i>Ilustración 25. Campana VAV modelo 1 800 Vista en plano y rayos x trasera.</i>	98
<i>Ilustración 26. Campana VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en plano superior.</i>	99
<i>Ilustración 27 . Campana VAV modelo 1 800. Vista 3d rayos x. Sistema de contrapesa.</i>	99
<i>Ilustración 28. Campana VAV modelo 1 800. Vista 3d rayos x, líneas ocultas, monocromo.</i>	100
<i>Ilustración 29. Campana VAV modelo 1 800. Vista, dimensiones sección y plano superior.</i>	100

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Riesgos controlables por la campana extractoras de gases.</i>	10
<i>Tabla 2. Identificación de los contaminantes.</i>	21
<i>Tabla 3. Valores recomendados para la velocidad de captura.</i>	23
<i>Tabla 4. Tipos de elementos de conducción necesaria.</i>	26
<i>Tabla 5. Descripción de la clasificación de los tres tipos de álabes.</i>	29
<i>Tabla 6. Soporte de carga máxima de la superficie de trabajo.</i>	34
<i>Tabla 7. Datos dimensionales de las campanas extractoras.</i>	39
<i>Tabla 8. Código de colores y tipo de material de las llaves de servicio.</i>	41
<i>Tabla 9: Software</i>	51
<i>Tabla 10: Cantidad promedio de reactivos más utilizados en el periodo académico del 2017.</i>	55
<i>Tabla 11: Identificación de gases emitidos durante las prácticas de laboratorio.</i>	57
<i>Tabla 12: Datos y magnitudes para el cálculo.</i>	64
<i>Tabla 13: Dimensiones que tendrá la campana de extracción de gases VAV modelo 1800</i>	66
<i>Tabla 14: Equipos y aparatos más utilizados en las prácticas de laboratorios.</i>	76
<i>Tabla 15: Principales ensayos y prácticas realizadas en los laboratorios de docencia.</i>	79
<i>Tabla 16: Clasificación de los principales agentes químicos.</i>	83
<i>Tabla 17: Condiciones actuales del estado físico de la campana de gases 101.</i>	85
<i>Tabla 18: Condiciones actuales del estado físico de la campana de gases 110</i>	86
<i>Tabla 19: Decoloramiento y amarillamiento en el fondo útil interior.</i>	87
<i>Tabla 20: Cuello de escape del conducto de extracción con adherencia de sales corrosivas.</i>	88
<i>Tabla 21 Costo de materiales para la construcción de la campana VAV modelo 1 800</i>	93

1. CAPÍTULO I



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA





1.1. Introducción

Las campanas extractoras de gases son dispositivos útiles en los laboratorios, están diseñadas para limitar la exposición a sustancias de origen químico peligroso o nocivas; como gases, vapores, humo, niebla y material particulado. Sus principales funciones son capturar y expulsar las emisiones, con el fin de proteger al usuario y al medio ambiente.

Entre las principales campanas extractoras de gases tenemos: extracción de volumen de aire constante (CAV), extracción de volumen de aire variable (VAV), extracción de alto rendimiento (HP), de destilación, instaladas en el suelo (“Walking”), ácido perclórico, extracción de radioisótopos y otras para fines especiales de extracción de gases: como las de aire auxiliar y de extracción sin ductos.

Cabe señalar que los laboratorios de docencia: LAFQA 101, 107 y 110 del Departamento de Química, de la UNAN-Managua, cuenta con 3 campanas extractoras de gases instaladas, de las cuales 2 se encuentran sin funcionamiento, por lo cual, no se posee un sistema funcional de extracción de gases, exponiendo a estudiantes, analistas y docentes al riesgo de accidentes y enfermedades. Por otra parte, la campana de extracción del LAFQA según el manual de fábrica solo es servible con solventes orgánicos, sin embargo, se realizan ensayos donde se utilizan sustancias inorgánicas, ocasionando una disminución de la vida útil, agresión al material y deterioro general del equipo.

Por lo tanto, este trabajo se basa en la identificación de los reactivos más utilizados en las prácticas de docencia, para la determinación de los principales gases producidos, con el objetivo de seleccionar, describir los aspectos técnicos y materiales del tipo de campana apropiada, calculando los parámetros tecnológicos del diseño, como el caudal volumétrico de aspiración, a través de la determinación de la velocidad de captura del contaminante y el área; con el fin, de sugerir el tipo de ventilador con la potencia requerida para la extracción de los gases generados.

1.2. Planteamiento del problema

El desarrollo de las habilidades, capacidades y destrezas en los estudiantes de las carreras de Química ambiental, farmacéutica e industrial, se requieren prácticas de laboratorio, que contemplan reacciones químicas, estas generan contaminantes ambientales, como: gases, vapores, humo, niebla y partículas tóxicas, orgánicas e inorgánicas, que representan un peligro para la salud de los docentes y estudiantes que se encuentran dentro del ambiente de trabajo, por tanto, es importante contar con campana de extracción de gases.

Además, el Departamento de Química ofrece servicios a otras carreras de la UNAN-Managua. Solo en el año académico 2017 se atendieron un promedio de 39 grupos de diversas asignaturas, equivalente a una población estudiantil promedio de 902 estudiantes incluyendo hombres y mujeres, con un total promedio de 25 docentes.

En la actualidad, hay campanas que no cuentan con la funcionalidad adecuada que requieren las prácticas de laboratorio, durante estas se generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos, por tanto, las campanas extractoras deben ser capaces de resistir la exposición de sustancias volátiles como: ácidos y bases fuertes a diferentes concentraciones con el objetivo de proteger a los usuarios ante emanaciones tóxicas y agentes químicos nocivos a la salud.

Durante las prácticas e investigaciones, los analistas, docentes y estudiantes ponen en riesgo su salud. Ante esta problemática, se presenta la iniciativa de un diseño tecnológico de una campana extractora de gases, para futura construcción en los laboratorios de docencia del Departamento de Química, este equipo proporcionará un entorno seguro para el personal que ingresa al laboratorio, minimizando los riesgos a la salud y contaminación al medio ambiente.



1.3. Justificación

Las campanas de extracción de gases o bien conocidas como vitrinas de gases ofrecen protección a los usuarios y analistas de laboratorios, que llevan a cabo diferentes tipos de análisis, he involucran la manipulación de sustancias nocivas para la salud y el ambiente, estas ofrecen el confinamiento necesario para riesgos controlables como: malos olores, salpicaduras, protección contra explosiones, inhalación de sustancias toxicas tales como polvo, gases y vapores, así como incendios, y contención de derrames.

En la actualidad las condiciones físicas de las campanas extractoras de gases no son aptas para la utilización en diversas investigaciones o prácticas estipuladas en los programas de asignaturas. El carecer de campanas en buen estado y no útiles para emisión de compuestos orgánicos e inorgánicos en los laboratorios de docencia, aumenta el riesgo de contaminación ambiental, exposición a las enfermedades profesionales y por lo tanto inseguridad ocupacional.

Los laboratorios 101, 107,110 y LAFQA, no tienen campanas extractoras de gases que cuenten con la funcionalidad para llevar a cabo todas las reacciones químicas que se experimentan en las prácticas de laboratorio. Los analistas, estudiantes y docentes, están expuestos a contaminantes químicos perjudiciales a su salud, esto conlleva a la necesidad de proponer un diseño tecnológico, que ayude a la formación educativa y reúna las características similares a la de los productos comerciales basados en la certificación de la Norma UNE-EN 14175 así como la NTP 646, para conseguir un sistema seguro de extracción de gases, reduciendo la exposición a agentes químicos toxicológicos de origen peligrosos.

Por tanto, en este trabajo se realizará el diseño tecnológico de una campana extractora de gases, lo que incluye la selección del tipo de campana, capacidad de materiales resistente ante solventes orgánicos e inorgánicos, además innovar y ajustar las dimensiones estructurales; así como el cálculo del caudal de aspiración y velocidad de captura del contaminante.



1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar tecnológicamente una campana extractora de gases para la utilización en los laboratorios de docencia del Departamento de Química de la UNAN–Managua, diciembre 2018 – marzo 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- ✚ Identificar los reactivos más utilizados en las prácticas de docencia en los laboratorios del Departamento de Química durante el periodo académico del 2017.
- ✚ Determinar los principales gases producidos en las reacciones químicas efectuadas en las prácticas de laboratorio llevadas a cabo en el 2017.
- ✚ Seleccionar y describir los aspectos técnicos y características de la campana apropiada a utilizar en los laboratorios del Departamento de Química.
- ✚ Calcular los parámetros tecnológicos como, caudal; dimensiones externas, internas y velocidad del ventilador.

2. CAPÍTULO II



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA



2.1 Marco referencial

2.1.1. Laboratorios de docencia del Departamento de Química.

Los laboratorios, cuentan con personal docente e investigador calificado, encargado de proporcionar formación con calidad académica en las carreras de la especialidad de Química ambiental, farmacéutica e industrial, además del servicio a otras carreras de la UNAN-Managua. Los laboratorios de química cuentan con los equipos y aparatos más utilizados en las prácticas de laboratorio descritas en el *anexo 1*, además de los principales ensayos y prácticas realizadas en los laboratorios de docencia durante el año académico 2017 *anexo 2*, que generan gases, vapores, humo, niebla y partículas tóxicas, producto de las reacciones químicas.

2.1.2. Principales reactivos utilizados en los laboratorios de docencia.

Entre las principales prácticas de laboratorio, trabajos de finalización de curso, ensayos e investigaciones de modalidad de graduación, realizadas durante el año académico 2017, se enumeran los principales agentes químicos manipulados, tales como ácidos, bases, sales, compuestos inorgánicos, y compuestos orgánicos. Estos se describen en el *anexo 3*.

2.1.3. Principales gases producidos en las reacciones químicas realizadas en las prácticas de laboratorio llevadas a cabo en el 2017.

Con las prácticas de laboratorio; que tratan la solubilización con ácido nítrico (HNO_3), ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido acético (CH_3COOH) etc., se generan desechos en forma de emisiones gaseosas; también gases de combustión (tóxicos), corrosivos e irritantes tales como dióxido de azufre (SO_2), dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de Nitrógeno (NO), hidrocarburos y material particulado, los cuales pueden ser muy perjudiciales para la salud del analista, causando enfermedades laborales. Estos agentes químicos son producto de las practicas e investigaciones realizadas en los laboratorios de docencia (LAFQA, 101,107 y 110).

Es alarmante el nivel de exposición de estos contaminantes por lo que se ha implementado el diseño de una campana extractora de gases. Según Quiminet (2013) la exposición a estos agentes químicos suspendidos en el aire, puede tener diversas consecuencias, entre las que destacan:

- ✚ Alteración de resultados de los experimentos. Si una de las sustancias suspendidas forma parte de los restos de algún compuesto y llega a entrar en contacto con las sustancias que se están manipulando para el experimento, el resultado de la reacción química que se genera altera los resultados finales del experimento.
- ✚ Anulación de los experimentos. Los contaminantes pueden llegar a anular los experimentos, es decir, pueden producir un efecto tal que las reacciones esperadas de las sustancias se anulen y el experimento no resulte como se tenía previsto.
- ✚ Afectaciones a la salud. La presencia de sustancias y moléculas suspendidas en el aire dentro del laboratorio pueden provocar consecuencias en la salud del personal que labora dentro. Algunas sustancias pueden resultar tóxicas y ante la constante exposición, las alteraciones a la salud pueden resultar serias, por lo tanto, para evitar cualquiera de estas consecuencias, es necesario utilizar un sistema de extracción tal como las campanas de extracción de volumen de aire variable (VAV) con flujo laminar.

2.1.4. Campanas de extracción.

2.1.4.1. Definición y concepto de campana extractora de gases.

Una campana extractora de gases es una estructura en forma de caja, que encierra una fuente de contaminación potencial de aire, con un lado abierto o parcialmente abierto, que está diseñado para limitar la exposición a sustancias peligrosas o nocivas, como humos, vapores, o gases peligrosos, con el fin de agotar los contaminantes; Estas son utilizadas generalmente para operaciones a escala de laboratorio, observar *ilustración 1* (Anna & Publications, 2013).

No existe un concepto único de campana extractora de gases, pero se puede decir que las campanas extractoras, capturan y expulsan las emisiones generadas por sustancias químicas peligrosas, en general es aconsejable realizar los experimentos químicos en una campana, para la contención del riesgo, aunque no ofrezca protección alguna frente a riesgos biológicos. (Equipos y laboratorios de colombia S.A.S , 1982).

Ilustración 1. Campana extractora de gases.



Fuente: (burdinola global services, 2015).

2.1.4.2. Breve reseña histórica de las campanas extractoras de gases.

Ilustración 2. Compañía W.K. Muldford.

A principios del siglo XX, Robert Koch desarrolla en Alemania la primera versión de una cabina de aislamiento biológico para trabajar con ántrax, tuberculosis y cólera, después de descubrir cómo algunos gérmenes podían aerotransportarse.



Por otra parte, en el año de 1906 se realizaban diferentes tipos de experimento e investigaciones que en determinado momento manipulaban sustancias químicas de origen tóxica y peligrosas que afectaban la salud de los analistas, con enfermedades crónicas, tales como irritaciones en la piel y quemaduras; es debido a esto en 1909, W.K Muldford Pharmaceutical Company Pennsylvania, *ilustración 2* diseña la primera campana extractora.

Fuente: Palomo,2018

En 1948 se definen las primeras bases de diseños de las actuales campanas extractoras, como las cajas de acero inoxidable, paneles laterales de cristales, cassette trasero, tuberías para conexión externa, ventilador de extracción, y al paso del tiempo se han mejorados (Palomo, 2018).

2.1.4.3. Propósito y características de las campanas extractoras.

El propósito de las campanas extractoras de gases es prevenir el vertido de contaminantes en el laboratorio y reducir el riesgo en que se exponen analistas a vapores y gases nocivos de sustancias peligrosas. Ello se consigue extrayendo el aire del laboratorio hacia el interior de la campana, pasando por el operador. Otras funciones secundarias de estos dispositivos son la protección contra explosiones, la contención de derrames, y otras funciones necesarias para el trabajo que se realiza dentro del dispositivo.

Según Diclap (2014) las campanas extractora de gases como los demás dispositivos de ventilación local están diseñados para hacer frente a uno o más de los tres objetivos principales, los cuales son proteger al usuario, al producto o experimento que hay en su interior, así como al medio ambiente.

Las campanas de gases dentro de los laboratorios están disponibles en diferentes tipos, tamaños y configuraciones para acomodar los procedimientos y procesos del laboratorio. A diferencia de lo que son las cabinas de seguridad biológica que tienen clases bien definidas para identificar diferentes modelos, por lo tanto, las campanas de extracción de gases no se clasifican, si no que se identifican mediante los diferentes tipos y componentes claves para el diseño (ECTI, 2015).

2.1.4.4. Aspectos importantes para sugerir una campana extractora.

Según la NTP 646 en la adquisición de una campana extractora de gases para los laboratorios hay dos aspectos a tener en cuenta.

1. Que la campana sea adecuada para los productos que se manipulen y operaciones que se realicen.
2. Que su emplazamiento en los laboratorios sea el adecuado para garantizar la eficacia de la campana extractora de gases. Para ello habrá que valorar los riesgos a controlar. Estos se detallan en la tabla 1. Además de los riesgos controlables, el disponer de una campana mejora control ambiental del laboratorio.

Tabla 1. Riesgos controlables por la campana extractoras de gases.

✚ Malos Olores	✚ Inhalación de sustancias tóxicas tales como polvo, aerosoles, gases y vapores
✚ Inhalación de bioaerosoles	✚ Incendio
✚ Salpicaduras	✚ Calor
✚ Protección contra explosiones	✚ Contención de derrames

Fuente: (Farrás, 2013) y (Diclap, 2014)

2.1.4.5. Tipos de campanas de extracción.

Ilustración 3. Tipos de campanas de extracción de laboratorio.



Fuente: Propia

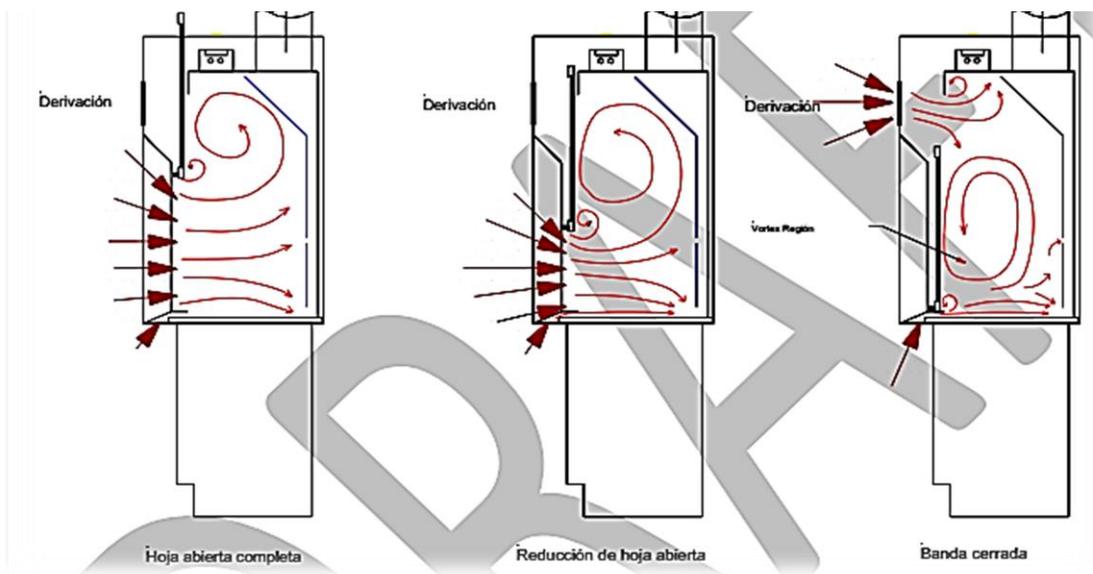
2.1.5. Descripción de los tipos de campanas de gases de laboratorio.

2.1.5.1. Campana de volumen de aire constante (CAV) de derivación.

Las campanas de extracción convencionales de sobremesa de derivación están destinadas a funcionar a un volumen de escape constante, ver *ilustración 4*. Estas tienen todos los componentes de una típica campana de gases, con la excepción de que cuentan con suficiente área de paso para mantener una presión estática constante dentro de la campana y así evitar velocidades excesivas para cuando se cierre la hoja de la guillotina.

El volumen de aire constante (CAV) de sobremesa de derivación de gases, está sujeto a superficies de sustentación verticales o en ángulos de entrada aerodinámicas, en cada lado, se encuentra un perfil de ala fija horizontal que está justamente debajo de la hoja y por encima de la superficie de trabajo. Además, que los ajustes de fábrica de los deflectores de este tipo de campana se encuentran en la parte trasera con el objetivo de proporcionar un flujo de aire óptimo (Anna & Publications, 2013).

Ilustración 4. Patrones de flujo de aire contante cuando la hoja de la guillotina se abre y se cierra.



Fuente: (ECTI, 2015)

2.1.5.2. Campanas de extracción de volumen de aire variable (VAV).

Muchas de las características de diseño de las campanas de extracción de gases VAV son similares a las de las CAV. Sin embargo, las VAV mantienen constante la velocidad frontal mediante el ajuste total del flujo del aire de escape cuando la guillotina se abre o se cierra. Por lo tanto, las diferencias clave entre una campana CAV y una campana VAV es el tamaño de la derivación y aplicación del volumen de aire variable, este flujo se controla a través de un dispositivo modular, y que en efecto la zona de derivación del flujo es más reducida, de modo que reduce el suministro de aire mínimo necesario para mantener la ventilación y las velocidades de la campana de extractora de gases segura.

Según *Laboratory Ventilation Design Guide*, hay varios tipos de estrategia aplicada al control de la campana extractoras VAV. El control más simple del tipo de campana VAV es el que consta de dos tipos de control estatal que limita la modulación de flujo a solo dos flujos (bajo y alto). Un sistema de control VAV completo es el que modula el flujo en respuesta a la posición de la guillotina y trata de mantener una velocidad de entrada constante cuando se opera entre los puntos de flujo mínimo y máximo.

El tipo de sistema VAV establece las especificaciones de las funciones y los métodos de pruebas aplicables. Cuando se determina el tipo de control y especificación requerida del funcionamiento, todos los modos de funcionamiento de la campana deben ser considerados, tales como:

- ✚ Guillotina abierta
- ✚ Guillotina cerrada
- ✚ Campana en uso, pero no está siendo utilizada por el investigador, pero se lleva a cabo algún proceso dentro de la misma.
- ✚ Campana en uso, cuando está siendo utilizada, durante algún proceso y la hoja de esta se encuentra abierta.

Dependiendo del tipo de control, de este tipo de campana, el flujo se puede reducir, cuando se baja la hoja y no está siendo ocupada. Sin embargo, los controles VAV se hacen

más complejos cuando integran múltiples modos de funcionamiento, aumentando el consumo energético que puede afectar el potencial de ahorro de energía, controlado a través de técnicas y métodos especiales necesarios para evaluar y mantener el funcionamiento seguro y eficiente.

2.1.5.2.1. Recomendación de uso de campana de extracción VAV.

El uso de las campanas de extracción de gases VAV no son apropiadas para ciertos tipos de aplicaciones, tales como los procesos que implican la generación de nieblas, gases o vapores mayor que un litro por minuto ($> 1 \text{ L/m}$) de ácido. Cuando la banda es cerrada y no contiene sensor de caudal de aire, el volumen de aire de salida resultante no puede ser adecuado para mantener suficiente dilución y provoca condensación.

2.1.5.3. Campanas de extracción de alto rendimiento (HP).

Las campanas de extracción de alto rendimiento (HP) también conocidas como campanas de extracción de “flujo reducido” o campanas de extracción de alto rendimiento “baja velocidad”, se han venido desarrollando en respuesta a la necesidad de la conservación de energía. Son similares a las campanas de derivación CAV, pero operan de forma segura a velocidades reducidas, debido, a sus características aerodinámicas superiores, estas están destinadas a mantener o mejorar la protección del operador y reducir los costosos gastos de funcionamiento de climatización.

Por otra parte, una campana de gases de alto rendimiento (HP), es una campana de gases de derivación operada bajo condiciones de velocidades de 30% a 40% menores a las campanas de extracción tradicionales. Si bien no existe una definición estandarizada de los términos "bajo flujo" o "alto rendimiento", las campanas extractoras que operan con menos flujo de aire evacuado de lo que se requiere para producir $0,508 \text{ m/s}$, con la puerta vertical completamente abierta, se consideran como de "bajo flujo" (Colombia, Copyright Equipos y Laboratorio de, 2011-2015).

Las campanas de extracción de alto rendimiento incorporan ciertas características mejoradas en lo que es el diseño aerodinámico, en particular la superficie de sustentación del travesaño, mango faja, postales laterales y deflectores, que permiten la contención equivalente a la reducción de velocidades de flujo (tan bajo como a 0,3048 m/s). Al proporcionar un rendimiento equivalente, una campana de HP se puede utilizar para los mismos peligros y procedimientos apropiados para una campana de extracción tradicional.

2.1.5.3.1. Beneficio de una campana de extracción de alto rendimiento (HP).

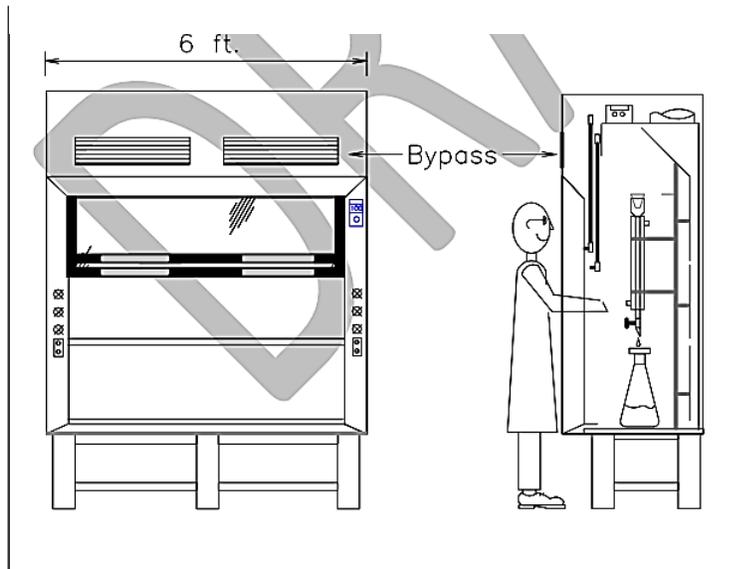
El principal beneficio de una campana extractora de HP es que genera una reducción en el flujo total de escape en la abertura de diseño y genera una reducción en el consumo energético. Sin embargo, las campanas de HP pueden llegar a ser más cara que las campanas tradicionales y los ahorros de flujo reducido tendrían que justificar este gasto adicional.

A pesar de las modificaciones aerodinámicas, de las campanas de alto rendimiento HP están todavía afectadas por corriente de aire cruzadas y otros factores externos, al igual que las campanas de extracción tradicionales. Por otra parte todas las campanas de extracción HP no llevan a cabo la misma prueba y validación que se recomienda para evaluar su rendimiento antes de su adquisición (ECTI, 2015).

2.1.5.4. Campana de destilación Walking.

El termino “Walking” de campana extractora, da la falsa impresión de que es seguro entrar en este tipo de campana. Puede describirse mejor como “a nivel de piso” o campanas de destilación, este tipo de campana pueden ser peligrosas por lo que se recomienda nunca entrar en ellas. Al respecto se caracteriza por tener una base muy baja, lo que se traduce en un amplio espacio de trabajo, lo que permite que se instalen dentro de la campana grandes equipos para destilación e instrumentos que no se logran instalar en una campana de gases tradicional de sobremesa.

Ilustración 5. Campana de destilación.



Fuente: (ECTI, 2015)

Las campanas de destilación, *ilustración 5*, están diseñada bajo los mismos componentes que una campana de sobremesa con la excepción de que el diseño proporciona una mayor altura interior con el fin de que se ajusten a procesos de utilización de utensilios y aparato más amplio; La superficie de trabajo de destilación de la campana debe estar entre “12 y 18” pulgadas por encima del suelo.

2.1.5.5. Campana de extracción de gases de laboratorio montadas en el piso.

Una campana de planta montada en el piso de los laboratorios generalmente se utiliza para la instalación de equipos con sistemas de emanaciones continuas que generan gases y vapores tóxicos durante diversas experimentaciones imperecederas, por otra parte, pueden ocuparse en el almacenamiento de contenedores que presentan cierto peligro y no caben en un armario de almacenamiento aprobado.

Los tipos de campana montada en el suelo son adecuadas para la realización de trabajos similares llevados a cabo en campana de extracción de sobremesa, campana de destilación y típicamente en algunos tipos de campanas equipadas con marcos deslizantes horizontales, aunque algunos modelos pueden estar equipados con múltiples marcos deslizantes verticales.

Asimismo, las campanas de laboratorio montadas en el piso, observar *ilustración 6*, son

Ilustración 6. Campana extractora montada en el piso equipada con paneles de guillotina horizontal.



Fuente: (Anna & Publications, 2013)

particularmente susceptibles a las variaciones en las velocidades de extracción a través de las perturbaciones de apertura y aire del ambiente, esto se debe a la gran abertura proporcionada por este tipo de diseño. Por esta razón no es prudente ni recomendable utilizar este tipo de campana para el trabajo continuo con materiales altamente tóxicos.

2.1.5.6. Campana de extracción para ácido perclórico.

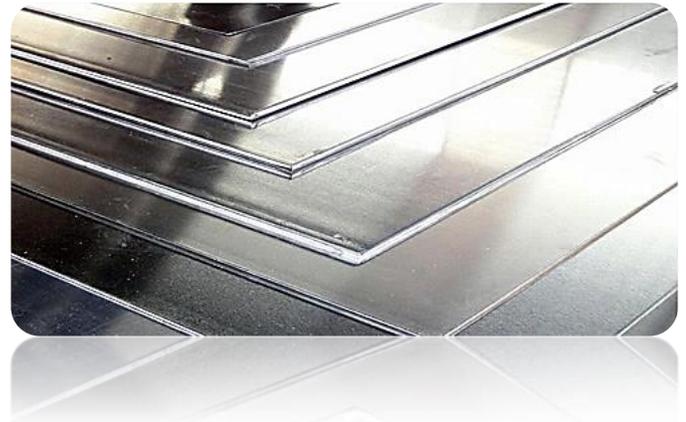
En cuanto a este tipo de campana para ácido perclórico de laboratorio están diseñadas para un solo propósito especial, es decir, a como se menciona en su nombre, dirigida a la contención y emanación de vapores y gases de “ácido perclórico”. Este tipo de ácido es altamente corrosivo, y a concentraciones superiores al 72% es inestable, pudiendo resultar explosivo. Este tipo de campana no debe ser utilizada para cualquier otro espécimen de propósito más que este; Debido a las características altamente peligrosas de ácido perclórico y todos sus derivados (ECTI, 2015).

Pero conviene precisar que este tipo de campana debe ser diseñada y construida de materiales que no sean reactivos, y resistente a los ácidos además relativamente impermeable, así como el acero inoxidable *tipo 316 ilustración 7*, que es un acero inoxidable de cromo-níquel austenítico que contiene molibdeno, esta adición aumenta la resistencia a

la corrosión general, mejora la resistencia a picaduras de soluciones de iones cloruro, y proporciona mayor resistencia a temperaturas elevadas. Los iones cloruro crean áreas localizadas de corrosión, llamadas “picaduras”.

Ilustración 7. Lámina de acero inoxidable tipo 316.

La resistencia a la corrosión es mejor, particularmente contra ácido sulfúrico, perclórico, clorhídrico, acético, fórmico y tartárico; sulfatos ácidos y cloruros alcalinos (National Kwikmetal Service de Mexico SA, 1970).



Fuente: (Formica Corporation, 2013)

Por otra parte este tipo de campana para ácido perclórico debe de proporcionar un sistema de lavado hacia abajo, que cuenta con boquillas de pulverización para lavar adecuadamente todo el conjunto de extracción, el conducto y todo el interior de la campana, para efectuar esta acción este tipo de campana incluye una cubeta integrada en la parte trasera con orientación debajo de la campana, con el objetivo de acopiar el agua de lavado, además los bordes y esquinas traseras de la superficie de trabajo deben ser redondeadas para facilitar la limpieza de esta (Anna & Publications, 2013).

El sistema de lavado hacia abajo debe ser activado inmediatamente después que la campana se ha utilizado y la corriente de desechos debe eliminarse de acuerdo a las normas jurídicas de Nicaragua “Ley que prohíbe el tráfico de desechos peligrosos y sustancias tóxicas” publicada en la gaceta N° 102 el 2 de junio de 1994.

La red de todos los conductos de esta campana debe de ser construida de acero inoxidable, todos los conductos soldados o dobles deben ser instalados bajo una cantidad mínima de espacios horizontales y no deben crearse curvas cerradas. Los conductos no deben de ser compartido bajo ninguna circunstancia con cualquiera otra campana que

pueda estar unida o múltiple a otros sistemas de escape que no sean de ácido perclórico. Al respecto el ácido perclórico es altamente reactivo a los materiales orgánicos.

2.1.5.7. Campana de extracción de radioisótopos.

La campana de extracción de radioisótopos está diseñada para ser utilizada durante el manejo de materiales radiactivos, esta campana especializada está diseñada de acero inoxidable *tipo 304* en su parte interior incluyendo la superficie de trabajo y se construyen de una sola pieza sin ningún corte soldado, con esquinas y curvas sin soldaduras para una fácil limpieza y descontaminación. Las campanas de extracción de radioisótopos han sido perfiladas para proveer una seguridad máxima con un uso escaso de partículas alfa y beta. Además, estas campanas de extracción proporcionan un rendimiento de contención similar a las campanas de alto rendimiento y baja velocidad. La superficie de trabajo se suelda con autógena.

Las dimensiones están dadas en 48, 60, y 72” de anchuras y pueden estar equipadas con las opciones de servicio eléctrico, además de los sopladores del ventilador, para quitar con seguridad humos o macropartículas de riesgo (ESCO. WORLD CLASS. WORLOWIDE, 1978).

2.1.5.7.1. Acero inoxidable tipo 304.

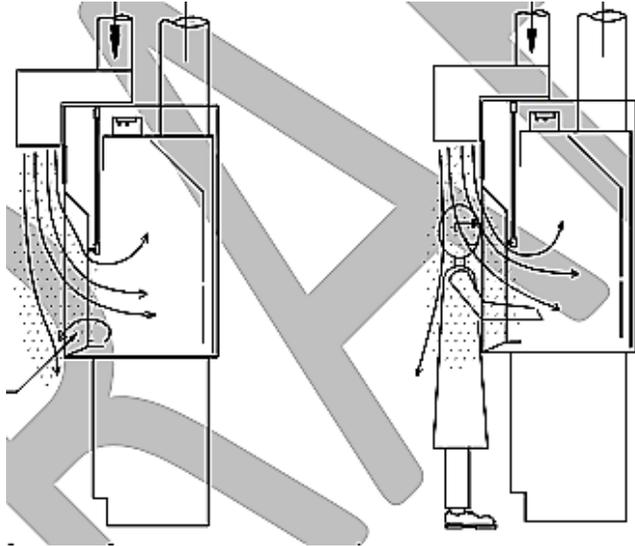
El acero inoxidable 304 es la forma más común de acero inoxidable usado en el diseño de estos tipos de equipo, en gran medida debido a su excelente resistencia a la corrosión y a su bajo costo en referencia a otros tipos de acero. Este contiene entre 16 y 24 % de cromo y hasta 35% de níquel, como también pequeñas cantidades de carbón y manganeso.

Por otra parte, el acero inoxidable 304 no contiene molibdeno, por lo que es susceptible a la corrosión por soluciones de cloruro, o por ambientes salinos, las cuales pueden expandirse. Las soluciones con promedio de 25 ppm de cloruro de sodio pueden empezar a tener un efecto corrosivo (National Kwikmetal Service de Mexico SA, 1970).

2.1.5.8. Campana de extracción de aire auxiliar.

Una campana de extracción de aire auxiliar *ilustración 8*, es una campana de derivación equipada con una cámara de suministro de aire montada sobre la abertura del marco, esta puede proveer hasta un 50% del flujo de aire que sale de la campana.

Ilustración 8. Campana de extracción de sistema auxiliar de suministro de aire.



El abastecimiento de aire auxiliar que proporciona este tipo de campana genera las condiciones de trabajo que deben asumir ambientes de laboratorios con aires acondicionados, este tipo de campana pueden ser utilizadas en laboratorios o edificios que aún no cuentan con condiciones de abastecimiento de aires acondicionados (Diclap, 2014).

Fuente: (ECTI, 2015)

2.1.6. Materiales y especificaciones de diseño para campanas extractoras.

2.1.6.1. Principios generales.

Las campanas extractoras de gases son el elemento de ingreso del aire al sistema de conductos de ventilación, la función esencial es crear un flujo de aire que capture eficazmente al contaminante y lo transporte hacia ella.

El diseño de una campana extractora debe proyectarse a alcanzar la máxima eficiencia aerodinámica en la captación del contaminante, tratando de crear la velocidad necesaria en el área de contaminación, con el menor caudal y el mínimo consumo de energía.

2.1.6.2. Propiedades de los contaminantes.

2.1.6.2.1. Efectos de inercia.

Los gases y vapores no presentan una inercia significativa. Lo mismo ocurre con las partículas pequeñas de polvo de diámetro igual o inferior a $20\ \mu\text{m}$, esto incluye los polvos respirables. Este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea. En este caso, la campana debe generar una velocidad de control o captura suficiente para controlar el movimiento del aire que arrastra a los contaminantes y al mismo tiempo vencer el efecto de las corrientes de aire producidas en el local por otras causas, como movimiento de personal analista del laboratorio, así como otras corrientes conectivas.

2.1.6.2.2. Efectos de la densidad.

Con frecuencia la ubicación de las campanas se decide erróneamente, suponiendo que los contaminantes químicos son más pesados que el aire, las partículas de polvo, los vapores y los gases que pueden representar un riesgo para la salud, tienen un comportamiento similar al aire, y no se mueven apreciablemente hacia arriba o hacia abajo a causa de densidad propia, sino que son arrastradas por las corrientes de aire. Por lo tanto, el movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes.

2.1.6.3. Escape de contaminantes.

La captación y control de los contaminantes se efectúa por el flujo de aire producido por la campana, por tanto, el movimiento del aire hacia la abertura de la misma ha de ser intenso para mantener controlado al contaminante hasta que alcanza la campana, además los movimientos del aire generados por otras causas pueden distorsionar el flujo inducido por la campana y requerir caudales de aire superiores a fin de superar dichas distorsiones.

La eliminación de las posibles causas de esos movimientos de aire es un factor importante para lograr un control efectivo del contaminante sin tener que recurrir a caudales de aspiración excesivos e incurrir en los elevados costos asociados a ellos, la forma de la

campana, su tamaño, localización y caudal de aire son las principales variables, así mismo otros factores de orígenes importantes de movimiento de aire como:

- ✚ Los procesos a alta temperatura o las operaciones que generan calor, que dan lugar a corrientes de aire de origen térmico.
- ✚ Movimiento rápido del aire producido por equipos de enfriamiento o calentamiento localizado.
- ✚ Movimiento excesivo del operario (ECTI, 2015).

2.1.6.4. Características del contaminante.

El diseño del sistema de ventilación instalado en las campanas de laboratorio depende de la cantidad y las características del contaminante. En particular, para el diseño y propuesta de una campana extractora, es necesario determinar las características del contaminante generado, esto con el fin de especificar su velocidad de captura y transporte, asimismo para seleccionar los materiales apropiados de construcción y el establecimiento de los criterios del conducto de extracción. En la tabla 2 se indica las categorías de caracterización del contaminante.

Tabla 2. Identificación de los contaminantes.

Contaminante	Características
Gas	Sustancia que existe en estado gaseoso, carece de volumen y forma inherente en condiciones atmosféricas normales.
Vapor	Sustancia en estado gaseoso, ejerciendo una presión parcial que se pueden condensar en la forma líquida. Ejemplo: formaldehído, xileno y acetona.
Humo	Partículas sólidas condensadas producidas por reacciones fisicoquímicas tales como la combustión, sublimación, o destilación. Ejemplos: humos de muestras de espectroscopia y procedimientos quirúrgicos de láser.
Niebla	Gotas líquidas aerotransportadas asociadas con la perturbación de un líquido. Los ejemplos incluyen sonicación, pulverización, mezcla, y las reacciones químicas violenta.
Partículas	Las partículas sólidas (silicagel, óxido de aluminio) o productos de nanopartículas que están suspendidas temporalmente en un volumen de aire. La deposición de las partículas en suspensión depende del tamaño de las partículas y la turbulencia.

Fuente: (Diario, 2016), **modificado**

2.1.6.5. Distribución de la corriente de aire para la captación del contaminante.

La distribución de un contaminante en el interior de la campana está relacionada directamente con su temperatura de generación y su densidad con respecto al aire. Por otro lado, la velocidad de generación del contaminante condiciona así mismo la facilidad o dificultad para su arrastre o captación, con el fin de conseguir un arrastre adecuado, los equipos generadores de contaminantes o gases deben colocarse preferiblemente en el fondo de la campana, nunca a distancias inferiores a 10 cm del frente.

El diseño de una campana, salvo aplicaciones específicas eficaz, en una amplia serie de operaciones, se adopta una campana convencional intermedia, que consiste en la disposición de la boca de extracción en la parte superior central y un panel a modo de baffle, ante la pared del fondo de la campana *ilustración 9* que debe ser regulable, con el fin de permitir el ajuste de la relación de flujos (superior - inferior), y desmontable para facilitar la limpieza.

De este modo, los contaminantes de la parte inferior son arrastrados por flujo laminar que discurre tras el baffle, y los de la parte superior son arrastrados directamente hacia la boca de extracción. (The Baker Company , 2008).

2.1.6.6. Velocidad de captura.

Se denomina velocidad de control o captura a la velocidad mínima del aire producida por la campana, necesaria para capturar y dirigir hacia ella el contaminante. La velocidad de aire lograda es función del caudal de aire aspirado y de la forma de la campana. Otro

Ilustración 9. Distribución de la corriente de aire en el interior de la campana.

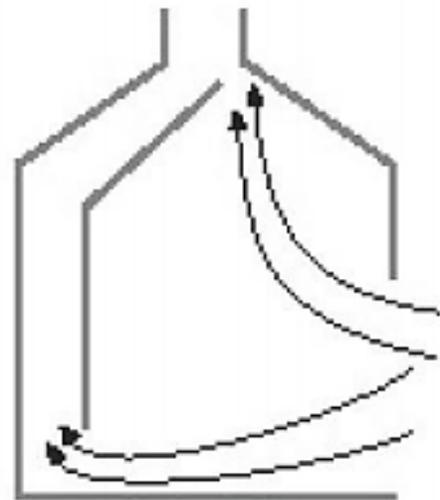


Figura: (Murcia, 2014)

factor determinante de la eficacia de la extracción, es la velocidad de paso de aire en el frente de la campana.

Con esa finalidad se recomiendan caudales de aire y velocidades frontales que no sobrepasen en ningún caso a 0,5 m/s, esta se ha utilizado como una velocidad estándar de captura, a excepción de las campanas de extracción de alto rendimiento que utilizan valores tan bajos como 0,3 m/s, los rangos de velocidad dependerán del tipo de contaminante, en la tabla 3, se muestra los valores recomendados para los diferentes tipos de velocidad de captura.

Tabla 3. Valores recomendados para la velocidad de captura.

Condiciones de dispersión del contaminante	Aplicaciones de ejemplo	Velocidad de captura (m/s)
Liberación de velocidad de corriente de aire quieta	Evaporación de vapores, gases, aplicación de solventes y desengrasantes.	0,254 a 0,508
Liberación a baja velocidad en corriente de aire moderada	Spray, soldadura, baños electrolíticos, reacciones químicas.	0,508 a 1,016
Generación activa en una zona de movimiento de corriente de aire rápido	Pintado mecánico, prensado, suministro de productos.	1,016 a 2,54
Liberación con alta velocidad inicial en una zona de movimiento de corriente de aire muy rápido	Lijados, amolados, arenados y limpieza metálica en general.	2,54 a 10,16

Fuente: (Murcia, 2014) *modificado*

En la práctica, una campana de laboratorio debe retirar el contaminante en cualquier operación con desprendimiento de gases o vapores en forma correcta, sin que presente inconvenientes como el apagado de llamas de mecheros, enfriamiento de placas, evaporaciones indeseadas, levantamiento de polvo, ni turbulencias incontroladas en el interior de la campana. La presencia del operador frente a la campana, genera una zona de depresión que disminuye la eficacia de extracción (Sóla, 2004).

2.1.6.7. Especificaciones del cálculo del caudal de aspiración.

El aire se mueve hacia el conducto de escape o boca de aspiración de una campana desde todas las direcciones, salvo por las limitaciones fijadas por la existencia de baffles o deflectores, así como de los paneles internos y otros impedimentos físicos.

Los pasos para el diseño de una campana son:

-  Determinar la ubicación respecto al proceso.
-  Determinar la forma y dimensiones estructurales.
-  Determinar la velocidad de captura generada por el ventilador, así como el caudal de aspiración.

La propuesta del tipo de campana a diseñarse dependerá de las características físicas de la fuente de contaminación, asimismo del mecanismo de generación del contaminante, y la posición relativa del equipo y trabajador analista. Esto con el fin de obtener las ecuaciones del cálculo de los caudales que deben aspirar dentro de la campana.

Es muy importante definir de manera adecuada el tipo de campana a diseñar, para poder calcular adecuadamente el caudal que debe ser aspirado. La extracción de este caudal se logra, generalmente, mediante el uso de un ventilador. El área de abertura de la sección de pasaje del aire del diseño para cada tipo de campana y la velocidad superficial requerida o velocidad de captura debe ser conocida para determinar el flujo de escape.

El caudal volumétrico de aspiración, se calcula aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A$$

Dónde:

Q: Caudal de la zona de apertura, $\frac{m^3}{s}$.

V: Velocidad media de captura, $\frac{m}{s}$.

A: Área de la sección de pasaje de aire a la velocidad, m^2 .

El diseño de los parámetros de velocidad del flujo de escape para una campana de extracción de gases tradicional de sobremesa de tipo CAV y VAV, es típicamente de 0,508 m/s y 0,3048 m/s para las campanas de extracción de alto rendimiento. Sin embargo, la aspiración de escape puede variar en dependencia de la posición de la hoja de la guillotina, desde un mínimo de abertura a un máximo de abertura de la hoja de la guillotina abierta. Sin embargo, el flujo de escape se puede reducir cuando la abertura de la hoja se reduce (ECTI, 2015) (Murcia, 2014).

La Norma 2012 ANSI/ ASHARE AIHA Z9.5 Ventilation Estándar, solicita que todos los contaminantes generados dentro de la campana deben agotarse, diluirse o extraerse con un mínimo volumen de escape.

2.1.6.8. Elementos de conducción.

La tubería de escape de contaminantes que se instalan en los diversos tipos de campana de extracción de gases, debe ser circular, sea cual sea la sección transversal de la misma.

Por otra parte, se utilizan tubos flexibles, codos de conexión, así como chimenea de antiviento y antiarena, con el objetivo de impedir el ingreso de arena a la tubería de escape, asimismo permite la protección contra golpes de viento, facilitando la salida de los gases contaminantes.

El tipo de tubería circular que se utiliza debe ser rígida y puede ser de acero galvanizado, acero inoxidable, tubo de polipropileno PVC, liso o corrugado, generalmente helicoidal, que cuenten con *diámetros* estándar promedio de 80 – 1500 mm, *espesores* de 0,5 – 2,5 mm con *longitudes* de 3 – 5 m, por otra parte, las tuberías flexible circular instaladas tienen un diámetro promedio desde 80 – 400 mm. En la tabla 4 se muestran estos elementos de conducción (Asem protecting your life in laboratory, 2016).

Tabla 4. Tipos de elementos de conducción necesaria.

Tipo de material	Elemento		
<p>Polipropileno PVC tubo circular liso, tubo circular corrugado, codos de conexión de 90°, chimenea antiviento y antiarena</p>			
<p>Tubo helicoidal de acero inoxidable y acero galvanizado, codo de conexión</p>			

Fuente: Propia

2.1.6.9. Ventiladores.

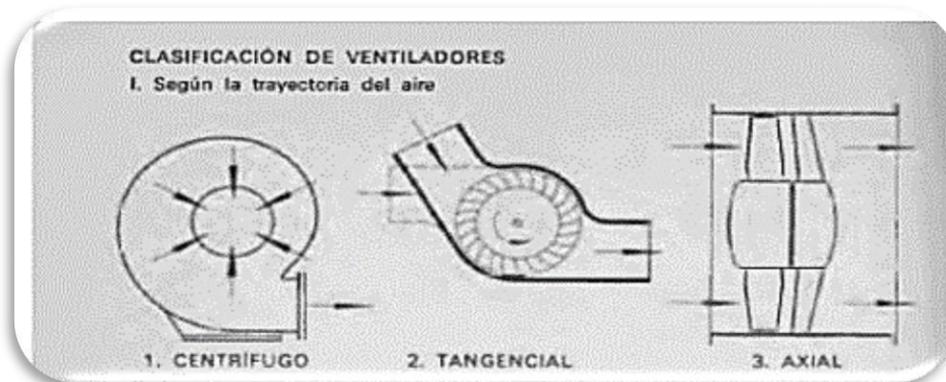
2.1.6.9.1. Generalidades.

Los electros extractores o ventiladores, utilizados para sistemas de aspiración instalados en las campanas extractoras de laboratorios, son una turbomáquina que transfieren a un fluido con determinado rendimiento y potencia, comunicándole una sobrepresión e incrementando su movimiento; estos deben ser construido con materiales aptos para el uso con producto agresivos.

2.1.6.9.2. Clasificación.

La primera clasificación de los ventiladores es según la trayectoria que sigue el fluido al pasar por ellos. Se clasifican en:

Ilustración 10. Clasificación gráfica de los tipos de ventiladores



Fuente: (Murcia, 2014)

Ventiladores Centrífugos.

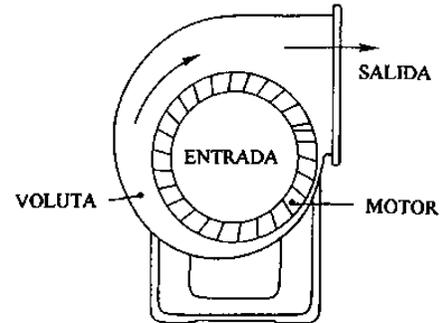
En los ventiladores centrífugos, el aire es impulsado por una turbina o rodete que lo aspira por el centro y lo expulsa a través de sus álabes o palas. Así pues, el aire entra al rodete de forma paralela a su eje y sale en dirección perpendicular al mismo, como resultado de su funcionamiento, esto son los más utilizados en los diseños tecnológicos de los diferentes tipos de campanas.

Si a la salida del rodete se deja libre el paso del fluido del contaminante absorbido en todas direcciones el ventilador se llama radial y si, en cambio, el contaminante se recoge conectado con un tubo que canaliza el aire de salida en dirección perpendicular al eje para descargarlo en una sola dirección, se llama ventilador centrifugo de voluta *ilustración 11*, ya que al girar el rodete los álabes lanzan el aire por centrifugación en el sentido de la rotación siendo recogido por la voluta, que con sección transversal creciente, lo lleva hasta la salida (S&P Sistemas de ventilacion SLU, 2017) (Murcia, 2014).

El conducto de aspiración y el de descarga deberán estar a 90°, lo cual no es muy adecuado cuando el ventilador centrífugo debe de instalarse en conducciones en línea, se aconseja llevar a cabo la instalación en el exterior en una pared o en un doble techo para mantener el tubo del laboratorio en depresión y para evitar contaminaciones eventuales en caso de aberturas.

Por otra parte, se encuentran disponibles en varios modelos con motores monofásicos o trifásicos, y según lo previsto por la norma EN-14175.6, en el motor hay que instalar un interruptor ON/OFF así como un dispositivo electrónico que permite programar la velocidad de aspiración, esto estaría en dependencia del tipo de campana a diseñar y sus valores promedios de captura andan entre 0,3 y 0,7 m/s (Asem protecting your life in laboratory, 2016).

Ilustración 11. Ventilador centrífugo de voluta.



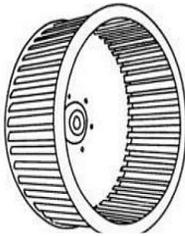
Fuente: (Grupo Spri Taldea, 2015)

Este tipo de ventilador se clasifica en tres tipos básicos de álabes:

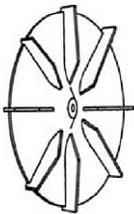
- Ventiladores centrífugos con álabes curvados hacia adelante.
- Ventiladores centrífugos con álabes radiales, rectos o curvos.
- Ventiladores centrífugos con álabes inclinados hacia atrás.

En la tabla 5 se describe la clasificación de cada uno de los tipos de álabes.

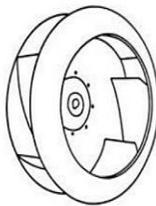
Tabla 5. Descripción de la clasificación de los tres tipos de álabes.



Álabes curvados *hacia adelante*, es un ventilador para altas presiones que suele construirse con álabes cortos y en gran número, su rendimiento es bajo fuera del punto exacto de su proyecto y su funcionamiento es bastante inestable, por lo que no es apto para funcionar en paralelo, su característica crece rápidamente con el caudal suministrado lo que exige un cuidadoso cálculo de la pérdida de carga de la instalación para no sobrecargar el motor.



Los ventiladores centrifugos de álabes *radiales, rectos o curvos*, suelen construirse con paletas largas, rectas, prolongadas hasta casi el cubo del rodete y resultan muy apropiados para transportar virutas de materiales, ya que deslizan mejor sobre paletas rectas que curvadas, son de funcionamiento estable y su característica de potencia absorbida aumenta con el caudal. este tipo es el mas usado en en la extraccion localizada de humos metalicos y gases provenientes del proceso de soldadura.



Los ventiladores centrifugos de álabes inclinados *hacia atrás*, son los de mayor rendimiento, ya que los álabes acompañan con su curvatura al aire a su paso evitando choques, remolinos y desprendimientos, por otra parte no existe peligro de sobrecarga del motor, por lo que trabaja libremente. Este tipo es el mas usado en la extraccion de contaminantes, debido a que es el de mayor velocidad periferica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo, por su parte presenta un bajo consumo de energia.

Fuente: (S&P Sistemas de ventilacion SLU, 2017) (ECTI, 2015) *modificado*

Ventiladores Tangenciales.

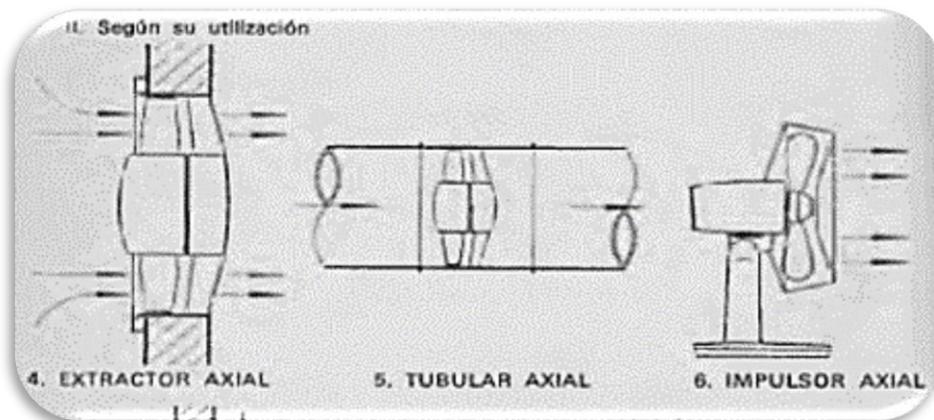
Los ventiladores tangenciales son especialmente ventiladores que se utilizan mayoritariamente en el campo de la climatización, ventilación y calefacción. Sus principales funciones son mezclar o renovar aire caliente procedente de espacios cerrados para sustituirlo por aire fresco a bajas temperaturas y aumentar la circulación del aire para ventilar o refrescar. Son aptos para empleos donde, con un espacio limitado, se necesita una notable masa de aire con bajo nivel de ruido y, al mismo tiempo, con regularidad de flujo (Uzcategui & Barraez, 2015).

✚ Ventiladores Axiales.

Un ventilador axial es un tipo de ventilador donde tanto el motor como las alas están montados directamente sobre el eje. Cuando el eje y las alas giran, da lugar a una corriente paralela con el eje, tal es el caso para este tipo de ventiladores el fluido sigue la dirección del eje del rodete estando alineadas la entrada y la salida del mismo.

Por otra parte, los ventiladores axiales *expulsan* el aire en la misma dirección a su eje de rotación de las aspas. No obstante, se ha destacado una gran demanda en la utilización de ventiladores axiales, debido a su bajo costo, así como por su facilidad de montaje en medio de canalización en línea recta sin necesidad de cambio de dirección. Estos se clasifican según la utilización específica del ventilador y según se puede describir como *extractor axial, tubular axial, impulsor axial*. Observe la *ilustración 12*.

Ilustración 12. Clasificación grafica de los tipos de ventiladores axiales.



Fuente: (Murcia, 2014)

2.1.6.10. Escape del conducto de cuello.

El collar del conducto de escape debe ser fijado a la parte superior trasera de la campana y construido del mismo material que los paneles interiores. El collar debe tener una forma circular de entrada de contaminantes expuestos en la campana, y por la parte superior una boca que pueda ajustarse a la unión de bridas para facilitar la conexión al

conducto de escape. Por otra parte, debe estar dimensionado para proporcionar velocidades de aire de escape de 5,0 a 7,5 m /s para lograr los siguientes requisitos:

- ✚ Minimizar la caída de presión y la generación de ruido.
- ✚ Asegurarse de que las partículas que se encuentran normalmente, permanezcan suspendidas en la corriente de aire.

2.1.6.11. Superestructura.

La superestructura debe ser de construcción de doble pared, que consta de una carcasa de chapa metálica exterior fabricada de acero-electro-galvanizado para evitar oxidación, y se le puede adherir un revestimiento epóxido a lo interior para una mejor resistencia a la corrosión. Así mismo puede construirse personalizadas con superestructura de acero inoxidable, resistente a la corrosión y prueba de fuego. La doble pared debe alojar y ocultar elementos del bastidor de acero, los dispositivos de fijación y mecanismos de aparatos de servicio remoto-operativos. Todo el conjunto debe ser una unidad rígida, autoportante.

2.1.6.12. Paneles interiores.

El material de construcción interno debe ser seleccionado de acuerdo al tipo de campana y de acuerdo a los requerimientos establecidos por la necesidad del laboratorio, se utiliza la fibra de vidrio revestida de una sola pieza de plástico reforzado que debe ser de 6,4 mm de espesor, resistente al calor, productos químicos y acabado con una superficie blanca no porosa, los tornillos deben de ser de acero inoxidable, por otra parte se utiliza el acero inoxidable que debería de ser de 1,2 mm de espesor y *tipo 316 satinado*, este ofrece una resistencia superior a la corrosión de los ácidos, bases y álcalis de productos químicos, a este respecto genera mayor durabilidad y reflectividad a la luz. (burdinola global services, 2015) (Anna & Publications, 2013).

Igualmente se puede construir los paneles interiores con *Chemtop2™ de Formica* es un laminado diseñado para aplicaciones en superficies interiores horizontales o verticales donde el diseño de la lámina y la apariencia es resistente a los ácidos y álcalis relativamente fuertes, sales corrosivas y otras sustancias destructivas que producen manchas. La calidad,

la durabilidad y la resistencia de lámina de formica a las sustancias químicas es la que hace que estas puedan sugerirse para el diseño de los paneles interiores de las campanas extractoras.

Las láminas de *Chemtop2™ de Formica* resistentes a sustancias químicas están disponibles en la categoría postformable, y pueden moldearse aproximadamente a un mínimo de 1/2" (12,7mm) de radio externo y a un mínimo de 3/16" (4,8mm) de radio cóncavo interno. El postformado proporciona un borde ergonómico y excelente protección contra las sustancias químicas que atacan las uniones de los ensambles, sin embargo una de las limitaciones de este tipo de láminas resistentes a las sustancias químicas es que deben protegerse del daño ocasionado por el calor intenso, tal como el calor creado por los mecheros Bunsen. De ser así el mechero Bunsen o algún plato de calentamiento debe colocarse en una trébede para proteger la superficie del laminado (Formica Corporation, 2013).

2.1.6.13. Paneles exteriores.

Los paneles exteriores normalmente deberían ser de acero laminado en frío, acabado con recubrimiento en polvo seco epoxídico de color blanco glaciar. Los miembros del panel exterior deben sujetarse por medio de dispositivos ocultos, por lo que los tornillos expuestos no son aceptables, por otro lado, los paneles deben ser fácilmente desmontable para permitir el acceso a las tuberías y accesorios que pueda tener la campana. Se recomienda que todos los tornillos deben ser de acero inoxidable. Asimismo, los paneles exteriores se deben diseñar de tal forma que proporcionen un cierre total exterior de la campana con el objetivo que enclaustre el conducto de escape hasta el techo de la campana.

2.1.6.14. Perfil inclinado de los lados verticales.

Los lados verticales deben tener una forma de superficie aerodinámica o perfil inclinado perfecto, la suave inclinación de la campana mejora la visibilidad y permite a los usuarios trabajar en la campana sin tensión, así mismo esto reduce los remolinos y promueve la

entrada suave de aire en la campana. Una línea de visibilidad más alta crea un espacio de trabajo aéreo más iluminado.

Si se instalan accesorios de servicio, no deben alterar el patrón de flujo de aire. Los lados deben de ser paneles o láminas de una sola pieza desmontable para proporcionar un fácil mantenimiento del mecanismo de contrapeso de la guillotina, de las válvulas de servicio, así como de los conectores electrónicos que esta pueda tener (Sóla, 2004).

2.1.6.15. Superficie de trabajo y escudilla ovalada.

La superficie de trabajo debe estar empotrada al menos 12,5 mm para contener los derrames, esta debe estar completamente sellada en todos los paneles interiores y debe de cubrir todas las esquinas de todo alrededor de la superficie de trabajo. La elección del material debe adaptarse a la aplicación, o debe ser especificado por el director de diseño de campanas de extracción de laboratorio (Asem protecting your life in laboratory, 2016).

Las superficies de trabajo pueden estar diseñadas de resina epoxídica que pueden tener un mínimo de espesor de 3,75 mm, esta puede ser cóncava para retener posibles derrames dentro del laboratorio, asimismo debe tener un borde frontal redondeado de 25,4 mm. Por otra parte, se muestra en la tabla 6, el soporte permitido de carga máxima montado en la superficie de trabajo en dependencia del ancho y la profundidad.

A dependencia del diseño, cada superficie de trabajo puede contar con escudillas de PVC *ilustración 13*, acopada que va ensamblada en la superficie de trabajo con cortes de 6" x 3" y de rosca de 1,5" con un peso de resistencia de 4 lb equivalente a 1,8 kg. (Labconco Corporation, 2003).

Ilustración 13. Escudilla ovalada anti derrame.



Fuente: (Labconco Corporation, 2003)

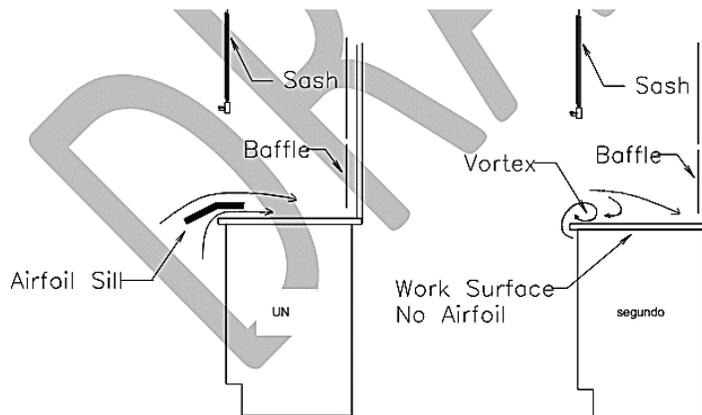
Tabla 6. Soporte de carga máxima de la superficie de trabajo.

Descripción en pulgadas	Para uso con	Capacidad de carga
48" Largo x 30" ancho	Campanas para laboratorio con superficie de trabajo de 48"	50 kg
60" Largo x 30" ancho	Campanas para laboratorio con superficie de trabajo de 60"	68 kg)
72" Largo x 30" ancho	Campanas para laboratorio con superficie de trabajo de 72"	93 kg
96" Largo x 30" ancho	Campanas para laboratorio con superficie de trabajo de 96"	109 kg

Fuente: (Labconco Corporation, 2003) *modificado*

2.1.6.16. Air-foil (Perfil aerodinámico).

Ilustración 14. Campana de gases con y sin Air-foil con perfil aerodinámico.



Fuente: (ECTI, 2015)

Estos son elementos que favorecen a la entrada de los contaminantes generados dentro de la campana dirigiéndolos hacia el escape del conducto del cuello, las líneas de corriente de umbral de perfil aerodinámico fluyen en la campana sobre la superficie de trabajo con el objetivo de evitar y minimizar la

turbulencia de perturbación del flujo inverso de extracción generado por el ventilador.

Asimismo, evita la formación de vórtices *ilustración 14*, que se generarían en la parte inferior de la abertura, impidiendo la formación de puntos muertos donde pudieran estancarse los vapores. Todas las campanas de extracción de sobremesa deberían estar equipadas con Air-foil en dirección de travesaño a la superficie de sustentación de trabajo (Asem protecting your life in laboratory, 2016).

En síntesis, el air-foil de perfil aerodinámico de forma horizontal deberá ser instalado en la parte superior de la superficie de trabajo, asimismo se recomienda utilizar lámina de acero inoxidable de 1,5 mm, tipo 316, con acabado satinado. (Anna & Publications, 2013)

2.1.6.17. Deflectores.

Los deflectores son paneles ajustables con ranuras de captura situados a través de la campana de gases en la parte trasera de la superficie de trabajo y el punto de conexión al sistema de escape de la campana, estos forman parte de la cara frontal de la cámara de captación y son sujetados del panel interior trasero. Diseñados para permitir el control de la distribución del flujo de aire, así como la captura dentro de la campana, por lo que se ajustan para conseguir patrones de flujo que aseguran la contención satisfactoria y transporte de contaminantes hacia el conducto de salida.

Los deflectores deben ser fabricados del mismo material que los paneles interiores y deben ser perfilados para los siguientes requisitos:

- ✚ Proporcionar múltiples ranuras de escape ajustables a la anchura.
- ✚ Reducir al mínimo la variación de la velocidad de captura, cuando la hoja de la guillotina esta su posición normal de funcionamiento (ECTI, 2015).

2.1.6.18. Rejillas de derivación.

En torno a la derivación se define como una disposición para permitir que el aire entre en la campana de extracción de gases, pero no a través de la apertura de la guillotina. La rejilla de derivación está diseñada para asegurar una tasa de flujo de aire de escape relativamente constante independientemente de la posición de la hoja, y para limitar la velocidad. Por lo general para los tipos de campanas de sobremesa instaladas en laboratorios químicos, se recomienda que cumplan con una abertura de derivación por encima de la banda a través de la cual el aire ambiente puede entrar en la cámara de la campana cuando se baja la hoja.

Las rejillas de derivación, pueden estar instaladas en campana extractora de gases de tipo de hoja de guillotinas con modelos horizontales o verticales, por otra parte, las rejillas de derivación deben ser del mismo material con el que es construido los paneles exteriores de la estructura de la campana. Las rejillas están dimensionadas para satisfacer las siguientes condiciones:

- ✚ Que el volumen total del flujo de aire es esencialmente el mismo en todas las posiciones de la hoja de la guillotina. La presión estática de la campana no debe de variar más dentro de un promedio del 2 - 10% al abrir o cerrar la hoja.
- ✚ Las áreas de derivación deben ser suficiente amplías para evitar velocidades superiores a tres veces la velocidad de entrada promedio con la hoja de la guillotina abierta. (Anna & Publications, 2013)

2.1.6.19. Guillotina y configuración de apertura.

Las campanas de extracción están equipadas con un sistema de soporte de guillotina y ruedas móviles dentadas para variar la abertura. Dependiendo del diseño o tipo de campana que se proponga, pueden consistir en paneles individuales o múltiples, con marcos deslizantes verticalmente o marcos con deslizamiento horizontal, esto con el fin de aumentar o disminuir la abertura de acceso. Los sistemas de guillotina deben ser configurados para proporcionar el área mínima necesaria para llevar a cabo con seguridad el trabajo realizado dentro de la campana.

La evaluación de riesgos de ventilación demanda que se debe identificar las áreas de abertura necesarias para que el usuario acceda y realice los procedimientos en la campana de forma segura, por otra parte, el diseño debe de tener instalado claramente un tope mecánico, con el fin recordarles a los usuarios las restricciones de apertura de esta.

Bajo la configuración vertical del marco, el usuario puede acceder a toda la anchura de la abertura de la campana, pero el acceso a la parte superior de la cámara de la campana está limitado por los paneles de la guillotina, por otra parte, en una configuración de banda horizontal, el usuario tiene acceso a la parte superior de la cámara de la campana, pero

está limitado el acceso de lado a lado. Entre menor sea la abertura de la guillotina al momento de la utilización de la campana mejor será el rendimiento de esta.

La abertura de diseños verticales se limita típicamente a una altura por debajo de la zona de respiración del usuario para la total apertura de la guillotina, la altura mínima del laboratorio debe ser 2,7 m. Se ha demostrado que los resultados de las pruebas de rendimiento realizadas, demuestran que la anchura máxima de apertura de la guillotina horizontal no debe exceder de 0,7 m para una total apertura (Asem protecting your life in laboratory, 2016).

2.1.7.19.1. Parámetro de la guillotina.

Se sugiere que la hoja de guillotina debe ser de vidrio templado con un grueso de 6 mm perfectamente liso e inerte tanto químico como biológicamente, de seguridad 6,4 mm, montada en pista de PVC resistente a la corrosión, con la disposición adecuada para subir y bajar, o deslizarse horizontal. En cuanto al borde debe ser perimetral anti-choque de color gris, grueso de 3 mm redondeado.

El mango de la hoja debería de ser de acero inoxidable tipo 316 con acabado satinado (Grupo Spri Taldea, 2015).

2.1.6.20. Banda de parada de seguridad de la guillotina.

Conocida como banda de parada o tope de la guillotina vertical, es la que debe evitar que la hoja de abertura de la guillotina no sobrepase su posición funcional normal y bloquear inmediatamente la caída en caso de ruptura del cable de acero en el contrapeso, la ubicación de bloqueo debe estar instalada a 35 cm de la altura de la superficie de trabajo, sin interferir bajo ningún caso en la operatividad del usuario en condiciones de trabajo regulares. La hoja de la guillotina se puede abrir aún más por el uso de una llave o una herramienta especial (Francia Patente nº 0001411596, 2001).

2.1.6.21. Mecanismo de contrapeso.

El mecanismo de contrapeso debe utilizar un solo contrapeso, debe estar sustentado con cables de acero inoxidable de 3 mm recubierto de plástico de 1 mm, en caso de rotura de uno de los cables la guillotina queda bloqueada con la banda de parada. La hoja debe moverse con facilidad y en silencio, permaneciendo en el lugar donde se detuvo; El diseño debe garantizar que, en el caso de un fallo del mecanismo de contrapeso, la banda no pueda caer dentro de los 50 mm de la superficie de sustentación interior, esto con el fin de evitar posibles lesiones graves al usuario de la campana.

2.1.6.22. Ataduras o fijaciones de la campana.

Todas las fijaciones o ensambladuras que pueda haber internamente en la campana extractora, independientemente del tipo que propone a diseñar, deberán ser resistentes a la corrosión, tal es el caso como los tornillos, tuercas de sujeción hexagonal, manecillas, fajas de inmovilización etc., deberán de ser de acero inoxidable, con el objetivo de no verse afectados por los continuos usos de operación (Lt, 2005).

2.1.6.23. Dimensiones de las campanas.

Según el comité de Normalización Española UNE-EN 14175-3:2004, las campanas extractora deben ser construidas según los siguientes datos dimensionales presentados en la tabla 7.

Asimismo, se pueden diseñar campanas extractoras de gases con varias dimensiones frontales, y presentar variación en la anchura total, *anexo 4*. Además, existen modelos en varios materiales con altura de superficies de trabajo estándar de 900 mm del suelo; Por otra parte, para las campanas de destilación Walking se recomienda superficie de trabajo de 500 mm; para campanas de trabajo con equipamientos voluminosos y pesados con altura total de 2500 mm; con altura reducida de 2300 mm, con sistema de guillotina de deslizamiento horizontal.

Tabla 7. Datos dimensionales de las campanas extractoras.

Datos dimensionales (Tolerancia ± 5 mm)					
Modelos dimensionales	1200	1500	1800	2100	2400
Anchura total (mm)	1200	1500	1800	2100	2400
Altura total (mm)	2500	2500	2500	2500	2500
Altura salida extracción (mm)	2670	2670	2670	2670	2670
Fondo total (mm)	950	950	950	950	950
Anchura útil interior (mm)	1135	1435	1735	2035	2335
Altura útil interior (mm)	1415	1415	1415	1415	1415
Fondo útil interior (mm)	740/620	740/620	740/620	740/620	740/620
Altura de superficie de trabajo (mm)	900	900	900	900	900
Apertura guillotina (mm)	850	850	850	850	850

Fuente: (burdinola global services, 2015) *modificado*

2.1.6.24. Servicios.

2.1.6.24.1. Luminaria.

El aparato de luz debe ser un fluorescente accesorio de inicio rápido con balasto electrónico, o un accesorio LED, montado en la parte superior del interior de la campana de gases, con lente de seguridad sellado para aislar el aparato del interior de la campana. Su conexión debe ser instalada desde fuera del capó y debe proporcionar un mínimo de 860 lux de iluminación interior en la superficie de trabajo.

El interruptor debe ser empotrado en una caja resistente a la intemperie en el poste lateral de la campana. El sellador entre la lente y la campana debe ser de un tipo aprobado resistente a los gases, por otra parte, la instalación eléctrica tendrá una protección adecuada al consumo de cada campana de gases. Por tanto, deberán ser dimensionadas a tal efecto, de forma que tanta protección como bases y sección de cable guarden siempre la misma relación de amperaje.

2.1.6.24.2. Sistema de control.

El sistema electrónico puede estar situado en el lateral derecho de la campana de gases, y puede estar basado en un microcontrolador *Arduino*. La alimentación de una placa de *Arduino* es mediante el puerto USB mientras se está programando desde un ordenador, en

este sentido proporciona un control completo, fácil y seguro sobre los servicios eléctricos de la misma, operando a 5 V.

En el teclado frontal encontraremos los pulsadores de control con sus símbolos sinópticos respectivos:

- ✚ Pulsador de encendido del ventilador de la campana/Apagado del ventilador.
- ✚ Pulsador encendido/Apagado de la luminaria.
- ✚ Pulsador de accionamiento de extracción variable.
- ✚ Pantalla informativa del estado operativo de la campana de extracción.

2.1.6.24.3. Drenaje.

La instalación de drenaje deberá de disponer de una pendiente $>1\%$ y $<4\%$ (se recomienda entre 1,5-2,5). La abrazadera de sujeción de los desagües tendrá que ser de plástico y a presión, atornillables al soporte, con tubo de 40 mm. Según Norma UNE 53114. Las uniones, codos y otros accesorios se deberán sellar mediante adhesivo.

2.1.6.24.4. Toma corriente.

Las campanas deberán incluir juegos para toma eléctrica dúplex, alimentados de cables cargados eléctricamente bajo voltajes requeridos de 110 V o 220 V, estos deberán ir empotrados en caja terminales y placas cubierta para la toma eléctrica, estos pueden estar instalados en el lateral izquierdo o derecho.

2.1.6.24.5. Juego para llaves de servicio estándar.

Cada juego incluye una llave de servicio de control remoto con válvula y tubos de 0,25" de diámetro, perilla de la llave con código de colores y conector de manguera con código de colores, observe en la tabla 8. En relación a su acoplamiento pueden ser en lado izquierdo o derecho de cualquier campana extractora.

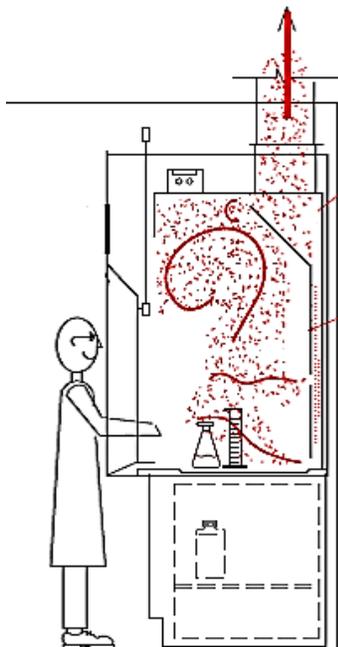
Tabla 8. Código de colores y tipo de material de las llaves de servicio.

Tipo de servicio	Material del tubo	Material de válvula	Color de perilla/Conector
Agua fría	Cobre	Latón	Verde
Aire	Cobre	Latón	Naranja
Vacío	Cobre	Latón	Amarillo
Gas	Latón	Latón	Azul

Fuente: (Labconco Corporation, 2003).

2.1.7. Operación de la campana en el laboratorio.

Ilustración 15. Vista lateral de la campana de extracción de gases y patrones de captación del flujo del contaminante, dirigido hacia el escape del conducto de salida.



El flujo de aire aspirado a través de la apertura de una campana, crea una barrera de aire en el plano de la hoja para minimizar el escape de contaminantes, generados en el interior de la cámara de la campana, entorno a la eficacia de la barrera de aire en función de la velocidad, así como la dirección, distribución y turbulencia del aire que entra a la campana a través del conducto de escape del contaminante.

Es importante mencionar que las campanas de extracción, no pueden retener el 100% de contención de agentes tóxicos, debido a la apertura de la hoja de la guillotina o la falta de aislamiento físico completo.

Fuente: (ECTI, 2015)

Los reactivos peligrosos o nocivos generadores de vapores y gases tóxicos manejados dentro de la campana no deben escapar fuera del plano de la hoja. La aerodinámica de las entradas de la cabina y los deflectores en la parte posterior de la campana ayudan a controlar la dirección y la distribución de flujo de escape del contaminante, *ilustración 15*, vista lateral y patrones de captación del flujo del contaminante, dirigido hacia el escape del conducto de salida.

2.1.7.1. Procedimiento de utilización.

- ✚ Se debe trabajar, al menos a 15 cm del marco de la superestructura de la campana.
- ✚ No se debe utilizar como almacén de productos químicos.
- ✚ Las campanas extractoras deben estar siempre en buenas condiciones de uso.
- ✚ No se deben detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su interior. (Si se detectan, hay que asegurarse de que el ventilador está en buen funcionamiento).
- ✚ Se debe realizar un mantenimiento preventivo de las campanas extractora de gases.
- ✚ Todos los que utilizan una campana extractora de un laboratorio deberían estar familiarizados con su uso.
- ✚ Se debe tener precaución en circunstancias que requiera bajar la hoja de la guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. Si fuese el caso la hoja deberá colocarse a menos de 50 cm de la superficie de trabajo (DCIEG, 2012).

2.1.8. Ubicación de las campanas de extracción.

Un último factor a considerar que puede incidir en el correcto funcionamiento de las campanas es su ubicación en el laboratorio. A este respecto, hay que considerar la campana como cualquier superficie de trabajo, debiendo quedar lo más alejadas posible de puertas, pasillos y vías de salida, tanto por la posibilidad de que se produzca un incendio en su interior, como por la interferencia que producen en su funcionamiento las corrientes de aire. Así pues, las campanas no pueden disponerse en pasillos, zonas de paso, ni en cercanías de puertas ni de productos inflamables (Farrás, 2013).

2.2. Antecedentes

Flores M, (2009), en su trabajo de tesis para optar al título de ingeniero mecánico “*Instalación de ventilación de laboratorios con extracción de gases en la Pontificia Universidad Católica de Perú*” con el objetivo de investigar acerca de los procesos, contaminantes emitidos, presento posibles soluciones de diseño, costos del equipo e instalación para los nuevos laboratorios de ingeniería de minas de uso académico y de servicio, basándose; en estas premisas se procedió a diseñar un sistema de extracción compuesto de ductos y accesorios, así como de 12 campanas de diversos tamaños dependiendo de la fuente de contaminación, con los cuales se lograría garantizar una eficiencia del 95% de absorción para la concentración de SO₂ presente en los gases extraídos. Por lo que dedujo que el costo de la instalación asciende a \$42,199 más IVA, el cual incluye el diseño, los materiales y equipos, la instalación del sistema y la obra civil adicional propia del montaje.

En cuanto; Hernández P, (2010), realizo y presento un diseño titulado “*Propuesta para la instalación de una campana y ducteria de extracción de gases en laboratorio de Química del Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar Departamento de Mecánica*” con el objetivo de proponer la instalación de una campana y ducteria para extracción de gases tóxicos y realizar diagnóstico situacional de las condiciones en las que se trabaja en el laboratorio, con el fin de determinar el tipo, calcular dimensiones, y seleccionar la ducteria de la campana, con esa finalidad concluyo que las condiciones en las que laboran profesores y auxiliares docentes en el local asignado al laboratorio son perjudiciales y no actas para el resguardo de la salud, por lo que recomienda una instalación de campana tipo vitrina convencional con salida de flujo directo hacia arriba con instalación de un ventilador axial colocado en forma vertical, y sus dimensiones deberían ser: 1,27 m de largo, 0,60 m de profundidad y 0,70 m de alto.

También; Álvarez C, (2011), presento la tesis de grado “*Diseño y Cálculo de Extracción Localizada de Humos Metálicos y Gases Provenientes del Proceso de Soldadura*” con el objetivo de realizar el diseño ingenieril de un sistema de extracción localizada para humos

y gases, con el propósito de disminuir la contaminación, evitando que se originen enfermedades en personas que se dedican al trabajo de laboratorio, calculando, que el sistema logrará retener partículas hasta de 3 μm provenientes de los humos, gases y que además el sistema contará con un ventilador de 90 kW a 2200 rpm, con un caudal de 50 544 m^3/h .

Asimismo; Flor Mantilla (2013), realizó un proyecto titulado “*Diseño y Construcción de una Campana Extractora de Gases para Implementarla en el Colegio Colón de Barranquilla*”, con el fin de diseñar y construir una campana extractora de gases, ha concluido que la implementación de este proyecto, es una herramienta fundamental y que los analistas del laboratorio químico deberían estar familiarizados con su uso debiendo trabajar al menos a 15 cm del marco de la campana, además, menciono que las salidas de gases de los reactivos deben estar enfocados hacia la pared interior y preferiblemente hacia el techo de la campana.

Por otra parte; Murcia C, (2014) elaboro un “*Diseño de ventilación por extracción localizada*” con el objetivo de disponer de aire limpio ante sustancias químicas poseedoras de elevada toxicidad que contaminan el ambiente de trabajo y por lo tanto generan riesgo potencial para la salud, por lo que concluyo que se debe considerar las características de los contaminantes, bien sean gases, vapores o aerosoles y determinar el tipo de elemento de captación y dimensiones del mismo, calculando el caudal y diámetros de los conductos.

Es importante mencionar que en el contexto nacional no se encontró trabajos o proyectos relacionados con el tema de diseño de campana extractora de gases. No obstante, a nivel internacional se cuenta con algunos proyectos de investigación relacionados a esta temática.

2.3. Hipótesis

Será funcional el diseño tecnológico de una campana extractora de gases para su futura instalación en los laboratorios de docencia del departamento de química de la UNAN-Managua.

3. CAPÍTULO III



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA





3.1 Diseño metodológico

3.1.1. Descripción del ámbito de estudio.

A causa del riesgo de contaminación de estudiantes, docentes e investigadores por el uso de campanas deterioradas o no adecuadas, se realizó un estudio de los posibles contaminantes y una observación situacional referente a las condiciones del estado físico de las campanas de extracción inaladas en los laboratorios del Departamento de Química. Este trabajo está dirigido al área de diseño y simulación de equipos industriales, fundamentado en la propuesta de un diseño tecnológico de una campana extractora de gases.

Los parámetros de diseños están sujetos a los requisitos establecidos según las normativas EN 14175, Y LA NORMA AMERICANA ASHRAE 110 incorporado según *Laboratory Ventilation Design Guide SEFA Exposure Control Technologies, Inc.* (Guía de diseño de ventilación de los laboratorios SEFA de la compañía Exposición Control Technologies, INC). Con el objetivo de conseguir un sistema seguro de extracción de gases, minimizando la exposición a agentes químicos toxicológicos, para fortalecer el ámbito académico y científico de las asignaturas de Química Ambiental, Farmacéutica, Industrial y de servicios.

3.1.2. Tipo de estudio.

Según Sampieri (2006) el estudio que rige la presente investigación es de carácter descriptivo exploratorio, puesto que no se rige por parámetros o funciones estadísticas establecidas en procesos de desviaciones estándar. Además, se indica la exploración de los diversos tipos de diseños tecnológicos de las campanas extractoras de gases y se ajusta a las necesidades del Departamento de Química.



3.1.3. Población y muestra.

3.1.3.1. Población.

La población en estudio de esta investigación corresponde a los laboratorios (campanas de extracción), estudiantes, docentes e investigadores del Departamento de Química de la UNAN-Managua.

3.1.3.2. Muestra.

Las muestras seleccionadas para la realización de esta investigación corresponden a las campanas extractoras de gases en los laboratorios 101, 107, 110 y LAFQA (Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos) del Departamento de Química en la UNAN-Managua.

Criterios de inclusión.

- ✚ Capacidad de funcionamiento.
- ✚ Condiciones de estructura.
- ✚ Ubicación inapropiada.
- ✚ Diseño tecnológico no conforme.

Criterios de exclusión.

- ✚ Capacidad de funcionamiento no efectiva.
- ✚ Condiciones adecuadas de estructura.
- ✚ Ubicación apropiada de las campanas
- ✚ Diseño tecnológico conforme a su uso previsto.

3.1.4. Variables y operacionalización.

3.1.4.1. Variables independientes.

- ✚ Diseño tecnológico de la campana extractora de gases.
- ✚ Tipo de contaminación.
- ✚ Ubicación.



3.1.4.2. Variables dependientes.

-  Disminución de contaminantes.
-  Ambiente seguro.

3.1.4.3. Operacionalización de las variables

Operacionalización de las variables			
Variables independientes			
Variable	Definición conceptual	Dimensiones, en mm	Indicador
Diseño tecnológico de la campana.	Es un tipo de dispositivo de ventilación local que está diseñado para limitar la exposición a sustancias peligrosas o nocivas a la salud.	1 800	(Largo total)
		2 500	(Altura total)
		2 500	(Altura salida de extracción)
		950	(Ancho total)
		1 620	(Largo útil interior)
		1 615	(Altura útil interior)
Tipo de contaminación	Se refiere a los tipos de contaminantes más comunes entre ellos: gases, vapores, humos, nieblas y partículas.	740/620	(Ancho útil interior con bafle y sin bafle)
		700	(Altura de superficie de trabajo)
		1 500	(Apertura de la hoja de guillotina)
Ubicación	Se refiere al factor a considerar en su instalación dentro del laboratorio.	0,508	m/s (Velocidad de captura)
		2,194	m ³ /s (Caudal de transporte de contaminantes)
Ubicación	Se refiere al factor a considerar en su instalación dentro del laboratorio.	1 000	mm (Distancia a la pared u obstáculo opuesto.)



Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador
Disminución de contaminantes.	Se refiere a la cantidad de materia contaminante que estará expuesto el usuario por efectos de diseño y materiales.	Fugas de contaminantes fuera de la hoja de la guillotina/ materiales económicos y adecuados	Poco probable Bajo costo
Ambiente seguro	Se refiere a la efectividad de la campana en función del diseño.	Medidas estándares	Requisitos de normativas para diseño de campanas.

Fuente: *Propia*

3.1.5. Material y método.

3.1.5.1. *Materiales para recolectar información.*

Para la recopilación de información, se revisaron fichas de artículos científicos, libros, normativas para el diseño de campanas, manuales, publicaciones en revistas virtuales, publicaciones en sitios web, patentes, monografías, guías técnicas, cámara digital y cinta métrica.

3.1.5.2. *Material para procesar la información*

Para el procesamiento de la información se utilizaron los siguientes materiales:

-
- Computadora
 Gráficos
 Software de
- Figuras
 Tablas
 diseño virtual en
- Diagramas
 Impresora
 3D y software de
- mediciones.

Tabla 9: Software

Nombre	Especificación	Compañía
Foxit reader	versión PDF-1.6	Foxit
Lightshot	5.4.0.1	Microsoft Corporation Inc
Office Excel 2016	MSO 16.0.4456.1003	Microsoft Corporation Inc.
Office Power Point 2016	MSO 16.0.4456.1003	Microsoft Corporation Inc.
Office Word 2016	MSO 16.0.4456.1003	Microsoft Corporation Inc.
Paint 2016	SO 14393.442	Microsoft Corporation Inc.
PROMT profesional	Versión 9.0	PROMT Ltd.
Sketchup 2018	Versión Pro 17.1.174	Íscar
AutoCAD	Versión estudiante 2016	Autodesk

Fuente: *Propia*

3.1.5.3. Equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

En los laboratorios del Departamento de Química se manipulan y usan diferentes tipos de reactivos (Anexo 3 principales agentes químicos, utilizados en laboratorios) e instrumentos de laboratorio (Anexo 1 equipos y aparatos más utilizados en los laboratorios LAFQA, 101, 107 y 110)

3.1.5.4. Método.

El método empleado en esta investigación es deductivo, puesto que no se basa en la observación ni experimentación, sino más bien, en teorías recolectadas que han servido para esquematizar y concluir que el tipo de campana a diseñar es tipo VAV de flujo laminar, especificando que cumple con todas las condiciones y características necesarias para dar respuesta a la problemática de la investigación.

La metodología utilizada para cumplir con cada uno de los objetivos planteados, se describe a continuación:

Identificación de los reactivos más utilizados.

Para identificar los reactivos más utilizados en el Departamento de Química, se procedió a revisar las solicitudes de materiales y reactivos para la realización de prácticas de docencia e investigaciones (registro de gestión) archivadas por los encargados de laboratorio en el periodo comprendido en dos semestres académicos del año 2017.

Identificación de contaminantes.

Para la identificación de gases y contaminantes más comunes generados en los laboratorios del Departamento de Química se revisó el consumo de los reactivos utilizados en las prácticas e investigaciones a través de la información contenida en los registros de gestión de las solicitudes de prácticas de laboratorio emitidas por docentes durante el año académico 2017 y el acta de registros de ensayos preliminares del LAFQA.

Análisis de aspectos técnicos de campanas extractoras de gases.

Para identificar el tipo de campana más adecuada en relación a las necesidades de los laboratorios de docencia del Departamento de Química, se analizaron los aspectos técnicos, características y los diversos tipos de campanas extractoras de gases, para luego determinar el diseño tecnológico más apropiado para su futura implementación.

Criterio de decisión para implementación del diseño.

Para realizar el diseño tecnológico de la campana extractora de gases, se valora las condiciones físicas del estado actual de las campanas existentes en los laboratorios del Departamento de Química. *Anexo 5 y 6.* Posteriormente se selecciona el tipo de campana adecuada en base a la observación situacional del riesgo y necesidades de seguridad.



Luego, basado en las normativas NTP 646: Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de las campanas extractoras de gases, Normalización Española UNE-EN 14 175 y ASHRAE 110 incorporado Laboratory Ventilation Desing Guide, se realizará el diseño tecnológico del instrumento de medida con dispositivo indicador (Campana de gases) que cumple con los requisitos especificados de seguridad para los laboratorios del Departamento de Química de la UNAN-Managua. Además, se realizaron los cálculos de los parámetros tecnológicos como el cálculo del caudal de aspiración, también se asumió como parámetro de diseño la velocidad del ventilador y la recomendación de las dimensiones de la superestructura exterior e interior.

4. CAPÍTULO IV



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA



4.1. Análisis y discusión de resultados

4.1.1. Análisis de los reactivos más utilizados en las prácticas de docencia en los laboratorios.

En la tabla 10, se describen las cantidades promedio de consumo de reactivos más utilizados en las prácticas de laboratorios del Departamento de Química durante el 2017.

Tabla 10: Cantidad promedio de reactivos más utilizados en el periodo académico del 2017.

Nombre	Fórmula	Grado	Cantidad	Unidad
Acetona	C ₃ H ₆ O	Analítico	12 000	mL
Ácido acético glacial	CH ₃ COOH	ACS	8 000	mL
Ácido clorhídrico	HCl _(ac)	ACS	17 000	mL
Ácido nítrico	HNO ₃	Certificado ACS	20 000	mL
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	GR ACS	18 000	mL
Ácido fluorhídrico	HF _(ac)	Certificado ACS	4 000	mL
Ciclo hexano	C ₆ H ₁₂	Analítico	1 000	mL
Cloro formo	CHCl ₃	Analítico	1 100	mL
Dicromato de potasio	K ₂ Cr ₂ O ₇	Certificado ACS	300	g
Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	ACS	22 000	mL
Éter etílico	(C ₂ H ₅) ₂ O	Certificado ACS	6 000	mL
Fenolftaleína	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	Analítico	200	g
Fenol líquido	C ₆ H ₆ O	ACS	900	mL
Fenol sólido	C ₆ H ₆ O	ACS	250	g
Ftalato acido de potasio	KHC ₈ H ₄ O ₄	Analítico	1 500	g
Hidróxido de potasio	KOH	Certificado ACS	2 000	g
Hidróxido de sodio	NaOH	Certificado ACS	8 600	g
Nitrato de plata	AgNO ₃	Certificado ACS	1 350	g
n-hexano	C ₆ H ₁₄	GR ACS	1 200	mL
Sulfato de sodio	Na ₂ SO ₄	Certificado ACS	2 500	g
Tiocianato de amonio	NH ₄ SCN	GR ACS	300	mL
Yoduro de potasio	KI	Certificado ACS	500	g

Fuente: *Propia*

En la tabla 10, se observa que los solventes inorgánicos más utilizados son: el ácido nítrico (HNO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido clorhídrico (HCl) (ac), por otra parte, los solventes orgánicos fueron: el etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), la acetona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), el ácido acético glacial (CH_3COOH) y el fenol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$) (ac), asimismo la base más utilizada fue el hidróxido de sodio (NaOH) con un total de consumo promedio anual de 8 600 g, utilizado generalmente en preparación de soluciones para análisis volumétricos.

Respecto a las sales inorgánicas se determinó que uno de los reactivos más usados y manejados durante el 2017 fue el sulfato de sodio (Na_2SO_4) con 2 500 g de consumo; sin embargo, el nitrato de plata (AgNO_3) obtuvo un uso representativo de 1 350 g, utilizado en ensayos preliminares para modificar el método oficial de la AOAC 935.47: Sal (Cloro como Cloruro de Sodio) en carne, productos cárnicos y también para la identificación de iones cloruros en agua. Por otra parte, una de las sales menos utilizadas fue el yoduro de potasio (KI) con un gasto promedio de 500 g anual.

Considerando que los reactivos de mayor uso han sido ácidos, bases y tomando en cuenta que estos pueden disolver los tejidos de la piel con facilidad, causar daños graves en los ojos, nariz, boca y pulmones, por reacción con la humedad de la piel y el tracto respiratorio, las buenas prácticas de laboratorio (BPL) recomiendan que trabajar con este tipo de agentes químicos se debe usar campana de extracción de gases o dispositivos similares de capturas para reducir el riesgo.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, es necesario realizar un diseño tecnológico de una campana de extracción de gases, capaz de hacer frente a estos agentes químicos, con el objetivo de implementar acciones de mejora en la seguridad ocupacional de estudiantes y docentes del Departamento de Química.

4.1.2. Principales gases producidos en las reacciones químicas durante las prácticas de laboratorio efectuadas en el 2017.

En la tabla 11. Se muestran los principales gases emitidos que contaminan el ambiente de trabajo en los laboratorios.

Tabla 11: Identificación de los principales gases emitidos durante las prácticas de laboratorio.

Gases	Fórmula	Producción	Efectos nocivos a la salud
Dióxido de azufre	SO ₂	Este gas es liberado en procesos de combustión del azufre, en sulfuros, y unos pocos compuestos covalentes del azufre como el CS ₂ , y el H ₂ S, también considerados como sulfuros. Asimismo se produce en la reacción de sulfatos, y H ₂ SO ₄ con cobre elemental produciendo CuSO ₄ .	Gas irritante a los ojos, garganta y vías respiratorias. La sobre exposición en el corto tiempo causa inflamación, provocando ardor, tos, dificultades respiratorias, irritamiento ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas; además de sensación de tensión en el pecho.
Dióxido de carbono	CO ₂	Producido principalmente en las reacciones de combustión y en la descomposición de carbonatos o bicarbonatos (sales ácidas derivados del H ₂ CO ₃) en presencia de HCl, CH ₃ COOH y HNO ₃ .	Gas que no es irritante para la piel. Genera dificultad para respirar, intoxicación de las células del organismo, desplazamiento del oxígeno de la sangre y, por lo tanto, limita la cantidad de oxígeno que llega al torrente sanguíneo.

Dióxido de nitrógeno	NO ₂	Se forma como subproducto en la preparación de soluciones de ácidos concentrados, así como en la disolución de metales en HNO ₃ , por otra parte en los procesos de combustión, calentando nitratos de metales pesados.	Gas toxico irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato en forma de sales; afecta principalmente las vías respiratorias causando inflamación de pequeño calibre (bronquiolitis) o la acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar).
Monóxido de nitrógeno	NO	El proceso de formación más habitual de este compuesto inorgánico gaseoso es a través de reacciones de doble sustitución en presencia de calor, también es emanado en reacciones reducción oxidación de HNO ₃ con metales; especialmente con Cu, Zn y Mg.	Los niveles bajos de monóxido de nitrógeno producidos en los laboratorios, pueden irritar los ojos, nariz, garganta, pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea.
Monóxido de carbono.	CO	Reacción de combustión incompleta en el método de determinación de proteínas mediante el método de Kjeldahl e incineración de materia orgánica para la determinación de cenizas totales.	Pequeñas exposiciones podrían producir un intenso dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento y cansancio. Por otra parte pueden causar cambios de personalidad, con incremento de la irritabilidad, agresión verbal, violencia, impulsividad y mal humor.

Fuente: *Propia*



En consecuencia, de las evidencias anteriores descritas en el análisis de resultado del ítem 4.1.1, es importante tomar en consideración, que en la solubilización con ácido nítrico (HNO_3), clorhídrico (HCl), sulfúrico (H_2SO_4), acético (CH_3COOH) etc., causan desechos en forma de vapores y gases tóxicos, corrosivos y contaminantes; asimismo en procesos de combustión, descomposición, incineración de materia orgánica, reacciones de doble sustitución, reacciones reducción oxidación en presencia de ácidos con metales, reacciones de sulfuros, sulfatos, disolución de metales y procesos de calentado de nitratos de metales pesados, como él AgNO_3 .

A este respecto se determinó que los principales gases producidos en las reacciones químicas durante las prácticas de laboratorio, fueron el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de nitrógeno (NO), y monóxido de (CO), así como diferentes variedades de elementos fumantes, tabla 2, en forma de vapor, humo, niebla y material particulado.

En síntesis, de acuerdo a los principales ensayos y prácticas realizadas en los laboratorios de docencia LAFQA, 101, 107, y 110 del Departamento de Química durante el año académico 2017, se logró identificar los reactivos más utilizados; de estas evidencias se alcanzó a identificar los principales gases contaminantes, los cuales generan efectos nocivos a la salud del analista, alumnos, docentes e investigadores, puesto que provocan enfermedades crónicas.

No obstante, ante la exposición a estos agentes químicos fumantes también se generan vapores, humos, nieblas y partículas de carácter metálico que están presentes en pequeñas trazas en formas suspendidas, así como desechos en estados sólido y líquido, lo cuales pueden ser peligrosos si son manejados de manera irresponsable, para lo que se hace necesario la instalación de un sistema de campana de extracción de gases, con el objetivo de proporcionar un entorno seguro libre de contaminantes tóxicos.



4.1.3. Selección del tipo de campana de extracción apropiada a utilizarse en los laboratorios del Departamento de Química.

De acuerdo a la observación situacional, referente a las condiciones del estado físico y el desuso en que se encuentran actualmente 2 de las 3 campanas de extracción de gases, instaladas y ubicadas en los laboratorios de docencia 101, 110 *anexo 5*; y evidencia del avanzado deterioro, disminución de vida útil y daño del material que está construida, la campana de extracción de gases Modelo 1 200 OR-21 instalada en el LAFQA *anexo 6*, por la exposición a diversos agentes químicos de origen inorgánico; surge la necesidad de instalar una campana de extracción de gases en el remodelado laboratorio 107.

Se analizaron las necesidades, los aspectos técnicos, propósitos de uso, características de diseño y dimensiones de los diferentes tipos de campanas de extracción; resultando de este análisis, que la campana seleccionada, corresponde al tipo de campana de extracción de gases de volumen de aire variable (VAV) modelo 1 800.

Su selección se basó en la capacidad de mantener constante la velocidad de captura de escape del contaminante, aun cuando la hoja de la guillotina se abra o se cierre; así como la aplicación del volumen de aire variable, programado desde un ordenador para la modulación de dos flujos de control de velocidades de captura creadas por el ventilador con rangos bajo y alto, entre 0,304 m/s y 0,508 m/s, valores de diseño recomendados para la velocidad de captura de contaminantes mostrado en la tabla 3, este flujo de captación se controla a través de un microcontrolador Arduino.

A este respecto el diseño cumple con características aerodinámicas a la campana de extracción de alto rendimiento (HP), debido a uno de los rangos de baja velocidad de captura.



4.1.3.1. Características de los aspectos técnicos.

Para este diseño también se tomó en cuenta las especificaciones de los materiales de construcción que rigen, los diseños de diferentes tipos de campanas de extracción de laboratorios. Modificando y ajustando la estructura física, con la elección de materiales resistentes a la corrosión ante sustancias orgánicas e inorgánicas, picaduras y altas temperaturas, capaces de resistir la exposición a los principales reactivos utilizados en las prácticas de docencia.

Por otra parte, se modificó las dimensiones de una típica campana convencional de sobremesa con altura de superficie de trabajo estándar de 900 mm, tabla 7, con la excepción, en la propuesta de diseño, se incorporan innovaciones en la altura de la superficie de trabajo de 700 mm, con el objetivo de proporcionar una mayor altura útil interior en la caja receptora del contaminante de 1 615 mm, tabla 13. En consecuencia, la apertura de la hoja de la guillotina iniciará en 1 500 mm. Esto será con el propósito de asimilar las especificaciones métricas de una campana de destilación, con el fin de crear condiciones de espacios más amplios para la manipulación de equipos de destilación y aparatos más grandes del laboratorio.

La superestructura dispondrá de una carcasa de doble pared, concerniente a los paneles interiores y exteriores construida en acero inoxidable austenítico tipo 316, este convendrá disponer de 1,2 mm de espesor y su dimensión deberá ser de una sola pieza siendo su extensión exterior de 1 800 x 2 500 x 950 mm. E interior 1 620 x 1 615 x 740 mm (largo, alto y ancho).

En cuanto en la doble pared se tendrá disponible una distancia utilizable de 180 mm, para ocultar las conexiones de las tres tomas de carga eléctricos dúplex, que estarán empotrados en cajas terminales frontalmente del lado derecho, asimismo para encerrar las conexiones de la instalación del sistema de control y las tuberías de las llaves de servicio.



La superficie de trabajo deberá ser de una sola placa de acero porcelanizado y vitrificado con 4 bordes perimetrales antidesbordantes moldeado con un reborde perimetral integrado en la parte frontal y sellada en todos los paneles interiores, cubriendo las esquinas de todo alrededor de la superficie con el objetivo de retener algún derrame. Su largo, ancho y grosor deberá ser de 1 620 x 740 x 30 mm. Esta deberá ser montada directamente sobre la estructura mediante un soporte resistente a una capacidad de carga máxima de 93 kg.

Por otro lado, la ventana de la guillotina será construida en tubo y perfil de aluminio extrusionado, lo cual deberá estar recubierta con polvo termo endurecido. Esta deberá estar ensamblada en la parte superior e inferior de la superestructura interna con guías donde se alojará la hoja de vidrio templado liso de 6 mm, de espesor con la disposición para subir o bajar en las correderas, teniendo un borde antichoque de color gris con grueso de 3 mm redondeado, asimismo una banda de parada en el lado izquierdo a 350 mm de la superficie de trabajo.

Esta guillotina será accionada mediante una contrapesa que se desliza sobre guías de polietileno, este sistema se realiza con doble cable de acero de 4 mm de diámetro, enfundado en material plástico de 1 mm. Asimismo, con el objetivo de permitir el control de distribución de la aspiración del contaminante y dirigirlo hacia el cuello de escape del conducto de extracción, se colocará un deflector con ranuras de captura, instalado en el fondo del panel interior trasero. Este deberá ser de acero inoxidable tipo 316, para tal efecto deberá cumplir con una longitud total, largo y espesor de 1 520 x 1 616 x 4 mm, este deberá asumir una distancia de instalación con respecto al panel interior del fondo de 120 mm y un alto de 350 mm después de la superficie de trabajo.

En cuanto al cuello de escape del conducto de extracción deberá ser de forma circular liso, de material de acero inoxidable y cumplir con un diámetro de entrada de los contaminantes de 285 mm, con espesor de 0,7 mm y una longitud de 170 mm. Lo cual tendrá que ser instalado en el techo útil superior de la parte trasera de



la campana, dando inicio a 150 mm del panel del fondo de la campana y centrado de largo repartido en base al diámetro del ducto en 810 mm.

En la parte superior trasera de la boca del cuello, se procederá al acoplamiento de un tubo flexible circular corrugado; de material PVC con un diámetro de 322 x 287 mm (exterior e interior) con 35 x 1 270 mm (espesor y longitud), sujetado por bridas de unión plásticas, ensamblándose finalmente con un corte de tubo circular liso de PVC en posición de 90°, coexistiendo un diámetro, espesor y longitud de 285 x 0,7 x 970 mm, vinculado a un codo de 90° acoplable a un tubo circular de PVC con longitud de 860 mm, conexo a una camisa de acople conectándose a la entrada del ventilador.

Estas consideraciones dimensionales pueden presentar una tolerancia de largo alto y ancho de ± 5 mm en la placa tallada y la no tallada ± 8 mm de su dimensión. Todas las ensambladuras y fijaciones, precisamente tuercas de sujeción hexagonal, tornillos y manecillas, deberán ser resistentes a la corrosión.

4.1.4. Parámetros tecnológicos del diseño de la campana extractora de gases.

En relación con los parámetros tecnológicos, se determinó el caudal volumétrico de aspiración, siendo este la masa de aire que puede desplazar al contaminante en unidad de tiempo, utilizado para la selección de la potencia de succión necesaria del ventilador para la extracción de los gases contaminantes que deberá ser de 5 ½ de HP. Esta potencia dependerá principalmente de la distancia vertical y horizontal entre la conexión del conducto del cuello de escape instalado en la campana, hasta a la conexión exterior del ventilador.

Para la selección de la potencia del ventilador fue necesario el cálculo del área de la circunferencia del cuello de escape, el área de un rectángulo de la caja receptora del contaminante y el área de la distancia total del conducto de extracción hasta el ventilador. Se consideró la velocidad de captura del contaminante, propuesta en el rango alto de 0,508 m/s, como criterio de diseño.

En la tabla 12, se describen los datos y magnitudes para el cálculo de las ecuaciones de continuidad:

Tabla 12: Datos y magnitudes para el cálculo.

Magnitudes y datos	Valor	Unidad
Diámetro de escape del conducto del cuello de extracción (D)	0,285	m
Longitud total del conducto de extracción hasta el ventilador (h)	3,27	m
Longitud total del conducto de extracción después del ventilador	3,27	m
Largo útil interior de la caja receptora del contaminante (L)	1,62	m
Ancho de la superficie de trabajo (W)	0,74	m
Velocidad de captura recomendada (V)	0,508	m/s

Fuente: propia

- ✚ **Calculo del área de la circunferencia del diámetro de escape del conducto del cuello de extracción (A_1):**

$$A_1 = \frac{\pi(D)^2}{4}$$

$$A_1 = \frac{\pi(0,285m)^2}{4}$$

$$A_1 = 0,064 m^2$$

- ✚ **Calculo del caudal para el cuello de extracción (Q_1):**

$$Q_1 = V \times A_1$$

$$Q_1 = (0,508 \frac{m}{s}) (0,064 m^2)$$

$$Q_1 = 0,033 m^3/s$$



- ✚ **Calculo para el área de un rectángulo de la caja receptora del contaminante (A_2):**

$$A_2 = (L) (W)$$

$$A_2 = (1,62 \text{ m}) (0,74 \text{ m})$$

$$A_2 = 1,199 \text{ m}^2$$

- ✚ **Calculo del caudal para la caja receptora del contaminante (Q_2):**

$$Q_2 = (0,508 \frac{\text{m}}{\text{s}}) (1,199 \text{ m}^2)$$

$$Q_2 = 0,609 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ✚ **Calculo del área de la distancia total del conducto de extracción hasta el ventilador (A_3).**

$$A_3 = 2 \pi r h + 2 \pi r^2$$

$$A_3 = 2 \pi \frac{D}{2} h + 2 \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A_3 = \pi D h + 2 \pi \left(\frac{D^2}{4}\right)$$

$$A_3 = \pi D h + \frac{\pi D^2}{2}$$

Donde:

D: Diámetro de escape del conducto del cuello de extracción

h: Longitud total del conducto de extracción hasta el ventilador

r: radio de la circunferencia

$$A_3 = (3,1415)(0,285 \text{ m})(3,27 \text{ m}) + \frac{(3,1415)(0,285 \text{ m})^2}{2}$$

$$A_3 = 3,055 \text{ m}^2$$

- ✚ **Calculo del caudal de la distancia total del conducto de extracción (Q_3).**

$$Q_3 = (0,508 \frac{\text{m}}{\text{s}}) (3,055 \text{ m}^2)$$

$$Q_3 = 1,552 \text{ m}^3/\text{s}$$



La suma total de los caudales es $Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$ siendo:

$Q_t = 0,033 \text{ m}^3/\text{s} + 0,609 \text{ m}^3/\text{s} + 1,552 \text{ m}^3/\text{s} = 2,194 \text{ m}^3/\text{s}$. El diseño tecnológico de la campana de extracción VAV modelo 1 800 deberá de cumplir con los siguientes datos dimensionales especificados en la tabla 13, *anexo 10*.

Tabla 13: Dimensiones que tendrá la campana de extracción de gases VAV modelo 1800

Datos dimensionales (Tolerancia ± 5 mm en placa tallada y no tallada ± 8 mm) Campana de extracción de gases VAV modelo dimensional 1800	
Largo total de la superestructura exterior (mm)	1 800
Altura total de la superestructura exterior (mm)	2 500
Ancho total de la superestructura exterior (mm)	950
Largo útil interior (mm)	1 620
Altura útil interior de la caja receptora del contaminante (mm)	1 615
Ancho útil interior de la caja receptora del contaminante (mm)	740/620
Distancia del deflector con respecto al panel del fondo útil interior (mm)	120
Alto de instalación del deflector con respecto a la superficie de trabajo (mm)	350
Altura total con el cuello de extracción del conducto (mm)	2 670
Altura de la superficie de trabajo (mm)	700
Largo entre la superestructura interior y exterior (mm)	180
Apertura de la hoja de la guillotina (mm)	1 500
Alto del deflector (mm)	1 265
Largo del deflector (mm)	1 616
Altura de la hoja de vidrio templado (mm)	1 620
Alto de la banda de parada con respecto a la superficie de trabajo (mm)	350
Alto de entrada con respecto a la superficie de trabajo y apertura de la hoja de la guillotina (mm)	800

Fuente: Propia

Finalmente, en base a la clasificación de los ventiladores, características de funcionamiento y tipos de álabes. Se procedió a la selección de un ventilador centrífugo de voluta industrial, con una potencia de $5 \frac{1}{2}$ de HP, modelo SBT50028 con turbina de acero de álabes curvados hacia atrás con rodamiento blindados SKF y carcasa cerrada, fabricado con chapa de calibre 18, equivalente a un espesor de 1,2 mm, pintado con pintura poliéster, electrostática en polvo, polimerizada en horno a 200 °C, de color azul.

5. CAPÍTULO V



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA



5.1. Conclusiones

- ✚ Los reactivos más utilizados en las prácticas de docencia en los laboratorios del Departamento de Química durante el periodo académico del 2017, fueron los siguientes: HNO_3 , H_2SO_4 y HCl (ac), y con 20 000, 18 000 y 17 000 mL de consumo respectivamente, como solventes inorgánicos, por otra parte, los solventes orgánicos más utilizados fueron: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, CH_3COOH y $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$, 22 000, 12 000, 8 000 y 1 100 mL aproximadamente, además la base más utilizada fue el NaOH con un total de consumo promedio de 8 600 g, utilizado principalmente en preparación de soluciones para análisis volumétricos. Respecto a las sales inorgánicas uno de los reactivos más usados y manejados fue el Na_2SO_4 con 2 500 g de consumo aproximadamente. El AgNO_3 obtuvo un uso representativo de 1 350 g aproximadamente, esto debido a la realización de diversos ensayos preliminares para modificar el método oficial de la AOAC 935.47: Sal (Cloro como Cloruro de Sodio) en carne y productos cárnicos.
- ✚ Los principales gases producidos en las reacciones químicas efectuadas en las prácticas de laboratorio llevadas a cabo en el 2017, fueron los siguientes: dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de nitrógeno (NO) y Monóxido de carbono (CO), cabe agregar, que también se produjeron el dióxido de azufre (SO_2) y el dióxido de carbono (CO_2). No obstante, ante la exposición de agentes químicos fumantes también se generan vapores, humos, nieblas y partículas de carácter metálico que están presentes en pequeñas trazas en formas suspendidas, así como desechos en estados sólido y líquido, lo cuales presentan altos riesgos si se manejan de manera inadecuada, para lo que se hace necesario la pronta instalación de un sistema de campana de extracción de gases.

- ✚ De acuerdo al observación situacional referente a las condiciones del mal estado físico de las 2 campanas de extracción de gases instaladas en los laboratorio 101 y 110, *anexos 5*, así como de las evidencias del avanzado deterioro de la campana de extracción Modelo 1 200 OR-21 instalada en LAFQA *anexo 6*, se procedió a la selección del tipo de campana de extracción de gases de volumen de aire variable (VAV) modelo 1 800 *anexo 10*, con la altura de la superficie de trabajo a 700 mm, con altura útil interior de 1 615 mm, y con una extensión en la superestructura exterior de 1 800 x 2 500 x 950 mm. E interior de 1 620 x 1 615 x 740 mm (largo, alto y ancho), con un diámetro de escape del conducto del cuello de extracción de 285 mm, con una longitud total del conducto de extracción hasta el ventilador de 3 270 mm, con una salida de flujo directo de los contaminantes hacia arriba con instalación de un ventilador centrífugo.
- ✚ El material de construcción seleccionado para la ducteria de transporte del contaminante cumplirá con las siguientes características: cuello de escape del conducto de extracción de forma circular; deberá ser liso, de material acero inoxidable, con 0,7 mm de espesor, cuello flexible de sección circular corrugado de polivinilico de cloruro (PVC), diámetro exterior, interior y espesor de 322 x 287 x 35 mm, tubo liso circular de PVC diámetro y espesor de 285 x 0,7 mm. Los cálculos efectuados dieron base para la selección de un ventilador centrífugo de voluta industrial, con turbina de alabes de acero inclinadas hacia atrás para la extracción de los gases generados en los laboratorios de docencia del Departamento de Química, con las siguientes características:
- Entrada: 300 mm
 - Salida: 351 x 456 mm
 - Caudal: 145 m³ / minuto
 - Presión máxima: 200 mm. columna de agua
 - Motor: trifásico SKF
 - Potencia: 5 ½ de HP

5.2. Recomendaciones

- ✚ Para una correcta utilización de la campana de extracción de gases Modelo 1 200 OR-21 ya instalada en LAFQA, se recomienda no exponerla ante diversos agentes de origen inorgánico, puesto que su fabricante indica principalmente uso de solventes orgánicos, para evitar su pronto deterioro y la vida útil sea más amplia.
- ✚ Debido a la necesidad que presentan los laboratorios del Departamento de Química se recomienda la pronta instalación de campanas de extractoras de gases que cumplan con las especificaciones del diseño tecnológico propuesto en este trabajo, considerando los cálculos especificados en el análisis de resultados para su respectiva solicitud de fabricación.
- ✚ Para una óptima eficiencia de la campana de extracción se recomienda no utilizar como bodega y cumplir con ciertas especificaciones de montaje, respecto al emplazamiento, entre la ventana de la guillotina y:
 - ✓ El muro u obstáculo enfrente de la misma deberá estar a una distancia de 2 m.
 - ✓ Una puerta en un muro enfrente de la campana debe tener 1,5 m.
 - ✓ Una vía habitual de circulación de personas a 1,5 m.

Entre el extremo de la campana y:

- ✓ Un muro u otro obstáculo perpendicular a 0,3 m.
 - ✓ Una puerta en un muro paralelo 1 m.
- ✚ Se recomienda que el ducto de aspiración de los contaminantes tenga un diámetro mínimo de 200 mm, puesto que garantiza una mejor eficacia en el funcionamiento del ventilador centrífugo de voluta industrial ya que evita la sobre carga, recalentamiento y se mantiene un flujo laminar.
 - ✚ Considerando el proyecto de diseño y construcción de la campana, se recomienda que la estimación de gastos económicos totales lo realice un especialista en la materia, ya que el análisis de costo de este trabajo se basa en los principales materiales de construcción.

5.3. Bibliografía

ADMINISTRACION DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL OSHA. (22 de 01 de 2013). *La exposición ocupacional a sustancias químicas peligrosas en los laboratorios*. DC: 1910.1450.

Anna, C., & Publications, G. o. (24 de April de 2013). *MD 15128-2013 - laboratory fume hoods*. Obtenido de P4-32/2013E-PDF:
http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/tpsgc-pwgsc/P4-32-2013-eng.pdf

ANSI/ASHRAE, 1.-1. (s.f.). *Método de Prueba de funcionamiento del Laboratorio de Campanas*.

Asem protecting your life in laboratory. (2016). *Protegiendo su vida en el laboratorio*. Italy: CONTATTI.

burdinola global services. (22 de 10 de 2015). *CÁTALOGO TÉCNICO*. Obtenido de Vitriñas de gases y elementos de aspiración:
http://www.burdinola.com/pdf/catalogo_vitriñas_gases.pdf

Colombia, Copyright Equipos y Laboratorio de. (2011-2015). *CABINAS SEGURIDAD BIOLÓGICA, DE FLUJO LAMINAR, CAMPANA EXTRACTORA DE GASES*. Obtenido de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1256

DCIEG. (10 de 02 de 2012). *PROTOCOLO DE SEGURIDAD QUÍMICA*, 01. (M. O. 2007, Productor) Obtenido de Manipulación segura de Sustancias Químicas:
https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/gestion_ambiental/protocolos/TH.01.pdf

Diario, E. (2016). *Característica de los contaminantes*. México: El diario de Coahuila.

Diclap. (15 de 05 de 2014). ¿Conoces las funciones que tiene una campana en el laboratorio? *Tipos de campanas de gases*. (A. d. Laboratorio, Ed.) Zacatecas, D.F, Mexico. Obtenido de <http://www.expodiclab.com/noticias/item/conoces-las-funciones-que-tiene-una-campana-en-el-laboratorio>

ECTI. (2015). *Laboratory Ventilation Desing Guide*. Exposure Control Technologies, Inc. New York City: 231-C.

Equipos y laboratorios de colombia S.A.S . (6 de enero de 1982).

http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1892, 2011-2015.

Obtenido de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1892

ESCO. WORLD CLASS. WORLOWIDE. (25 de 5 de 1978). CAMPANA PARA LA MANIPULACIÓN DE RADIOISÓTOPOS / DE ASPIRACIÓN QUÍMICA / DE PIE. Singapur, Malasia. Obtenido de <http://www.medicalexpo.es/prod/esco/product-75366-542525.html>

Farrás, G. S. (28 de 10 de 2013). *Seguridad en el laboratorio: Seleccin y ubicacion de vitrinas*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_646.pdf

Formica Corporation. (2013). *LAMINADO RESIStENtE A LAS SuStANCIAS quÍMICAS CHEMtOP2™ De Formica, Datos tecnicos*. Canada: Reading Road. Obtenido de file:///C:/Users/LAFQUA/Downloads/FTB_0819_TD_Laminate_Chemtop2_SP.pdf

Gaseta No. 102 . (1992). *LEY QUE PROHÍBE EL TRÁFICO DE DESECHOS PELIGROSOS Y SUSTANCIAS TÓXICAS*. Managua: Normas juridas de Nicaragua.

Grupo Spri Taldea. (22 de 10 de 2015). *Vitrinas de gases y elementos de aspiracion*. Bilbao, Vizcaya, España.

- Hernandez, P. (2010). *Propuesta para la intalacion de una campana y ducteria de extraccion de gases en el laboratorio de quimica de I.U.T.E.B.* Instituto Universitatio de Tecnologia del estado de Bolivar Departamento de Mecánica. Venezuela: Republica Bolivariana de Venezuela Ministerio De Educación Superior. Obtenido de <https://es.slideshare.net/rjmolivo/presentacin-pablo>
- ICONTEC. (2007). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5527*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas, Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- ISO/IEC 17025. (2017). *Requisitos genrales para la competencia de los laboratorios de ensayos y de calibración* (Tercera edición ed.). Ginebra, Suiza.
- Labconco Corporation. (31 de 01 de 2003). *Campanas para laboratorio protector*. kansas city, California, Estados Unidos.
- Laboratorio, e. d. (6 de enero de 1982).
http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1892. Obtenido de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1892
- Liebsch, J. (2001). *Francia Patente nº 0001411596*.
- López, J. P. (2008). *Metodologia de la Investigación (Sexta edicion)*. Managua, Nicaragua: Xerox.
- Lt, E. M. (10 de 11 de 2005). *Esco. Cabina con filtracion*. Obtenido de ADC.12.spanish.indd: http://www.eqv.cat/wp-content/uploads/ASCENT-MAX-ADC_ASP_GASES_ESP_completo.pdf
- Mantilla, F. (18 de Noviembre de 2013). *Diseño y contruccion de una campana extractora de gases para implemetarla en el colegio colón de barranquilla*. Barranquilla, Colombia . Obtenido de <https://prezi.com/nkpnuzj2uylc/disenoy-construccion-de-una-campana-extractora-de-gases-par/>

- MIFIC. (2001). *NTON 07-004-01. Norma metrologica sobre el sistema internacional de unidades (SI)*. Managua, Nicaragua.
- Murcia, C. C. (22 de 09 de 2014). *Diseño de ventilación por extracción localizada*. Cartagena, Colombia: Ciencias de la empresa.
- National Kwikmetal Service de Mexico SA. (21 de 9 de 1970). *NKS MEXICO*. Recuperado el 2019, de <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>
- Palomo, F. J. (4 de Octubre de 2018). *INSTALACIÓN-USO-Y-DESINFECCIÓN-DE-CABINAS-DE-SEGURIDAD-BIOLÓGICA*. Salamanca, Homónima, España.
- Paul. (2012). *Diseño de Campana extractora de Gases*. Peru: Ana Lab Robotica.
- Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2006). *Metodologia de la investigacion (Cuarta edicion)*. Iztapalapa, Mexico: McGrawhill.
- S&P Sistemas de ventilacion SLU. (21 de 04 de 2017). *S&P. Datum corportion Ventiladores centrífugos*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventiladores-centrifugos/>
- S.A.S, C. E. (1 de 05 de 2011 - 2015). *Equipos y laboratorios de colombia*. Obtenido de Medellín - Colombia - Suramérica:
http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1892
- Sóla, X. G. (2004). *NTP 672: Extracción localizada en el laboratorio*. ESPAÑA: Ministerio de trabajo y asuntos sociales .
- The Baker Company . (2008). *Continuous-Flow Bypass For Improved Fume Hood Performance*. Los Angeles: Acumen Dedicated To The Understanding Of Containment Technology Volumen 5 No.1. Obtenido de http://www.masongrant.com/pdf_2008/Bypass_for_Perform.pdf



UNE - Asociación Española de Normalización. (2004). *CTN 11/GT 1 - EQUIPOS DE LABORATORIO. CAMPANAS EXTRACTORAS*. Madrid, España: AENOR.

Uzcategui, J., & Barraez, D. (28 de Marzo de 2015). *Ventiladores*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kolamen/videoexplicacion>

5.4. Anexos

5.4.1. Anexo 1

Tabla 14: Equipos y aparatos más utilizados en las prácticas de docencia dentro de los laboratorios LAFQA, 101, 107 y 110 del Departamento de Química.

Sección	Laboratorio	Equipo y aparatos	Especificaciones
1	LAFQA	Balanza analítica	Ohaus Adventurer AR0640
		Balanza analítica	Ohaus Adventurer pro, AV114
		Balanza semianalitica	GIBERTINI Europe 500
		Termo balanza Semianalitica	GIBERTINI Euro therm
		Bloque digestor	J.P. Selecta 4,000508
		Campana de gases	Burdinola OR-ST 1200
		Centrifuga	ORTO ALRESA Digicen 21
		Estufa de convección	J.P.SELECTA CONTERM 80L
		Frigorífico	P-Selecta STOCKLOW-G
		Multímetro	EXTECH EX 470
		Cronómetro	Traceable/ Fisher scientific Nano
		Homogeneizador	SAMMI
		Roto evaporador	Heidolph Hei-vap HL
		Potenciómetro	CRISON GLP-31
		Conductímetro	CRISON Basic 30+
		Pipetas automáticas (100 μ L, 1000 μ L y 10 mL)	THERMO SCIENTIFIC F1
		Temporizador	Fisher scientific Nano
		Termo higrómetro	HANNA HI 93640N
		Termómetro	Corning -, SAMA CP 50
		Turbidímetro	HANNA HI 93703-11
		Rapid Digestor	Labconco 23080
		Espectrofotómetro UV/VIS	Perkin-Elmer Lambda EZ201
		Agitador magnético con plato caliente	Corning
		Bloque Digestor kjeldahl/D.Q.O	J.P.SELECTA
		Mufla	Ivymen-FD 1535M
		Espectrofotómetro UV/VIS	Perkin-Elmer Lambda EZ201
		Agitador magnético con plato caliente	Corning
Plato caliente	Corning PC-220		

2	101,107 y 110	Vortex	Fisher scientific N° 945415
		Baño de limpieza por ultrasonido	Con calefacción
		Horno de mufla (550 °C ± 25 °C)	Ivymen FD 1535M
		Balanza de dos platos	Ohaus Adventurer 2 K- 5 Lb
		Balanza electrónica	Adventurer Capacidad 2000 gr
		Manómetros	Wika-30 inHg
		Refrigerantes rectos y serpentín	KIMAX
		Bomba de membrana para vacío	P.Selecta Vacuum-pres
		Placa calefactora circular	JP Selecta Uniplac 6002316
		Termómetro	Corning -
		Anillo metálico	De hierro
		Baño María	Marca J.P. SELECTA
		Desecador	Con Agente desecante de CaCl ₂
		Embudo de filtración simple	De vidrio
		Estufa de convección	J.P.SELECTA
		Potenciómetro	CRISON GLP-31
		Prensa hidráulica	4 y 6 Toneladas de presión
		Mechero Bunsen	Con manguera ajustable
		Mortero con pistilo	Acero inoxidable
		Prensa hidráulica	4 y 6 Toneladas de presión
		Reactor CSTR escala de laboratorio	Mezcla perfecta semiautomatizado
		Balón Kjeldahl	Pyrex
		Vaso de precipitado (50,100,250,500 mL)	KIMAX
		vidrio de reloj	fisher
		Espátula	acero inoxidable
		Pera de goma para pipeta	Quercusula, Fisherbrand
		Succionador de pipetas	Plástico Fisherbrand
		Goteros de laboratorio	Plásticos
		Gradillas de tubos de ensayo	Madera
		Varillas de agitación	Vidrio
		Trípode de calentamiento	Acero Inoxidable
		Agitador magnético	Fisherbrand
Pinzas de tres dedos	Acero Inoxidable		
Refrigerante de bola 160 mm	Fisherscientific		
embudos de vidrio	TP		

Papel tornassol o Papel PH	Fisherscientific
Piseta (1000 mL)	Plásticas
Matraz de Kitazato (250, 500 mL)	Pyrex
Capsula de porcelana	TP
Nuez	Metálica
Balones (100,200,250,500,1000 mL)	PYREX
Beaker (30,50,100,500)mL	PYREX
Buretas (10,25,50,100 mL)	PYREX/KIMAX
Erlenmeyer (125, 250, 500 mL)	mL / Marca PYREX
Picnómetro	K
Probetas (10,25,50,100,250 mL)	PYREX
Sistema de destilación simple	PYREX
Sistema de extracción soxhlet	PYREX
Perlas de ebullición	De vidrio
Pinza para buretas	Con protector de goma y/o dedos de plásticos
Pinza para termómetro	Metálica
Destilador de agua	Pobel 811
Pinzas para crisoles	De metal

Fuente: Propia

Nota: Solo se le antepone la palabra marca a los aparatos que se les describe la marca.

5.4.2. Anexo 2

Tabla 15: Principales ensayos y prácticas realizadas en los laboratorios de docencia LAFQA, 101, 107 y 110 del departamento de química durante el año académico 2017.

#	Laboratorio	Asignatura	Título de la practica
1	LAFQA	Química de los alimentos	Determinación de proteínas totales en granos, cereales, carnes y leche.
			Determinación de grasa total en granos, cereales y sus derivados.
			Determinación de cenizas totales en granos, cereales y sus derivados.
			Determinación del grado de alcohol en bebidas alcohólicas y no alcohólicas.
		Gestión y conservación de los suelos	Medición de pH en una muestra de suelo
		Biotecnología de los procesos industriales	Cuantificación de proteínas totales.
		Operaciones unitarias I	Desgomado de aceites vegetales.
		Química analítica farmacéutica	Volumetría redox, determinación de hierro en vitamina.
			Determinación de cloruros por el método de Mohr (volumetría por precipitación).
			Determinación de ácido acético y ácido tartárico, en vinagre y vino.
		Análisis instrumental	Creación de curva de calibración utilizando el uv/vis para dos fármacos distintos.
			Análisis de fármacos por espectrofotometría uv/vis.
			Creación de curva de calibración para uv/vis. Ley de Beer.
		Bromatología farmacéutica	Determinación de proteínas en leche y cereales como alimentos funcionales.
			Determinación de humedad en alimentos funcionales de origen vegetal.
			Determinación de proteínas por el método Kjeldahl.
		Química Farmacéutica	Determinación de humedad en alimentos funcionales de origen vegetal.

		Bioquímica	Cuantificación de proteínas totales.
			Determinación de proteínas.
			Identificación de aminoácidos y cuantificación de proteínas por el método de Biuret.
		Control de calidad medicamentos I	Determinación de parámetros organolépticos de productos farmacéuticos.
			verificación de calidad (fiabilidad)
			Verificación de calidad de tabletas loratadina de 10 mg según especificación USP 36.
		Control de calidad medicamentos II	Validación del método espectrofotométrico uv/vis para la cuantificación de meftormina en tabletas.
			Validación del método espectrofotométrico uv/vis para la cuantificación de metronidazol tabletas e inyectables.
			Validación del método espectrofotométrico uv/vis para la cuantificación de ketotifeno tabletas.
		Quimiometría y metrología	Caracterización de la resolución de instrumentos.
		Monografía	Determinación de parámetros físico y químico del polen que procesa la abeja tetatrigona angustola.
			Determinación de parámetros físico y químico de la miel de abeja tetatrigona angustola ubicada en el departamento de Carazo.
			Extracción de capsaicina.
			Elaboración de un excipiente multipropósito.
			Determinación antimicrobiana del extracto etanolico del fruto del nancite.
			Extracción y caracterización
			Extracción del aceite de la cáscara de la semilla de marañón.
2	101,107 y 110	Química analítica cualicuantitativa	Determinación de cloruro y hierro.
			Laboratorio de reacción de cationes.
			Preparación de soluciones.
			Marcha analítica de cationes.
			Determinación estándar de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico.

	Química analítica cualitativa	Determinación de Hierro y Magnesio en agua.
	Química analítica	Estandarización de hidróxido de sodio, ácido clorhídrico y determinación de acides. Determinación de cloro.
	Química ambiental	Análisis Químico de suelo.
	Química de suelo	Análisis Físico Químico de suelo.
	Química Industrial	Filtro para purificación de agua residual.
	Metrología	Volumetría por gravimetría.
	Control de calidad medicamentos I	Verificación de calidad de tabletas loratadina.
		Aplicación de las técnicas analíticas para verificar el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura en la tableta de loratadina.
	Química-Física I	Viscosidad de liquido
		Equilibrio liquido-líquido y líquidos parcialmente miscibles.
		Solubilidad de la aspirina y paracetamol.
		Determinación de cambio de pH.
	Química-Física II	Calor de solución y calor de reacción.
		Catálisis acida.
		Cinética química orden de reacción y ley de velocidad.
		Teoría cinética molecular.
	Técnicas de laboratorio	Densidad de sólidos y líquidos.
		Uso del densímetro, punto de fusión, punto de ebullición.
		Preparación de soluciones 1 y 2.
		Técnicas de separación (centrifugación, tamizado, sublimación, destilación y evaporación).
		Elaboración de alcohol en gel.
		Preparación de disoluciones
		Materiales y equipos de Laboratorio.
		Decantación y filtración.
		Mechero y trabajo con vidrio.
	Introducción a la química	Mediciones de masa y volúmenes.

	Química general	Reacciones químicas.
		Propiedades periódicas.
		Soluciones.
	Química orgánica I	Destilación de compuestos orgánicos.
	Química orgánica II	Alcoholes aldehídos y Cetonas.
	Agroindustria	Determinación de parámetros-físico químicos.
	Bioquímica general	Extracción de algunos lípidos.
		Propiedades de los carbohidratos.
		Hidrolisis de almidón.
	Bioquímica	Carbohidratos.
	Química analítica farmacéutica	Preparación y estandarización de soluciones patrones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico 0.1 N (0.1M)
		Volumetría por precipitación y determinación volumétrica del cloruro por el método de Mohr.
Determinación volumétrica de hierro con permanganato.		

Fuente: Propia

Nota: Debo agregar que para la asignatura de Técnica de laboratorio, Química General y Química Física I. Se impartió en las tres carreras de la especialidad que ofrece del Departamento de química; De otro modo cabe señalar que para la asignatura de Bioquímica general se impartió como servicio a la carrera de Biología y Ciencias naturales.

5.4.3. Anexo 3

Tabla 16: Clasificación de los principales agentes químicos, utilizados en laboratorios de docencia durante el año académico 2017.

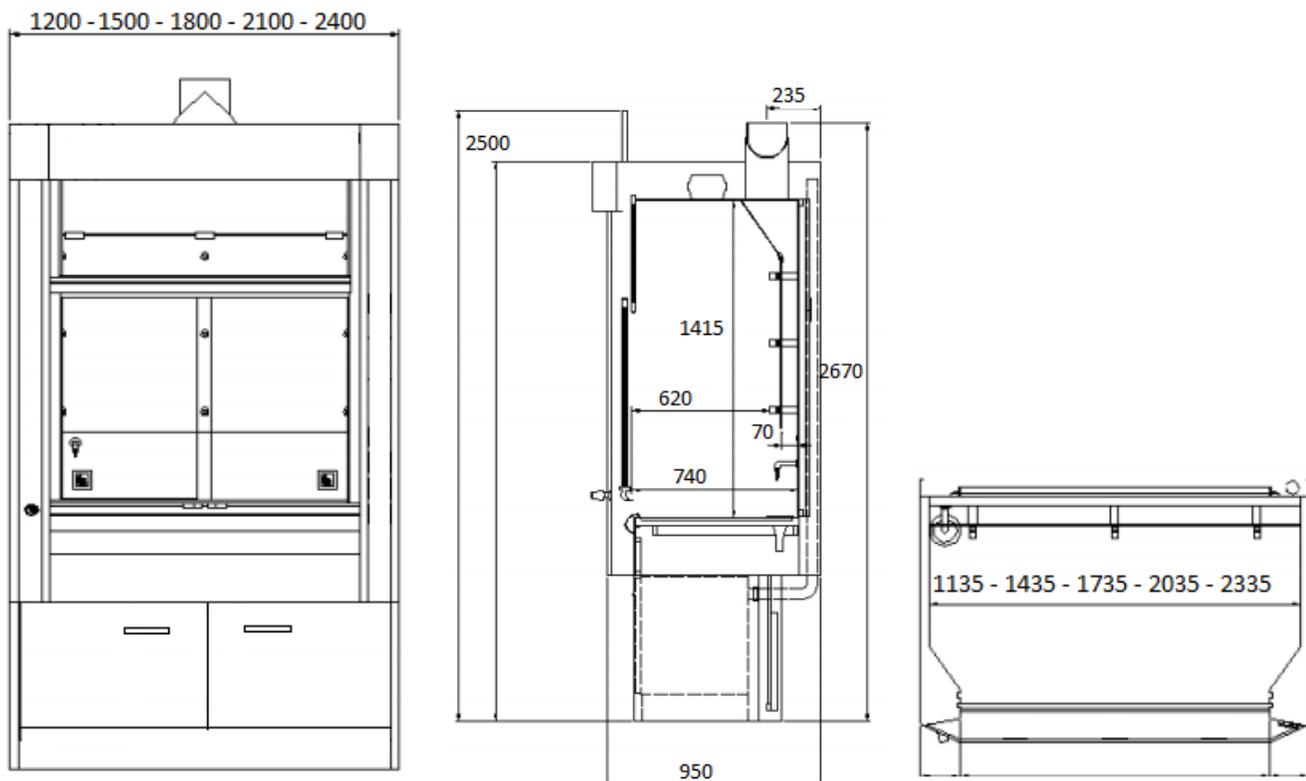
Agentes químicos		
Ácidos	Compuestos inorgánicos	
		Permanganato de potasio
Ácido acético glacial (99%)	Acetato de amonio	Sulfato de amonio
Ácido arsenioso	Acetato de calcio	Sulfato de sodio
Ácido Ascórbico	Acetato de magnesio	Sulfato de calcio
Ácido bórico	Acetato de sodio	Sulfato de cobalto II
Ácido clorhídrico	EDTA	Sulfato de cobre II
Ácido fluorhídrico	Benzoato de sodio	Sulfato de mercurio II
Ácido fosfórico (85%)	Bromuro de potasio	Sulfato de potasio
Ácido fosfowolfrámico	Carbonato de calcio	Sulfuro de antimonio
Ácido glicólico	Carbonato de sodio	Sulfuro de cinc
Ácido hidroclicórico (10%)	Cloruro de aluminio	Sulfuro de sodio
Ácido hidroclicórico (37%)	Cloruro de amonio	Tiocianato de amonio
Ácido hidrofluórico (48%)	Cloruro de bario	Tiosulfato de sodio
Ácido nítrico (33%)	Cloruro de calcio	Yoduro de potasio
Ácido nítrico (65%)	Cloruro de cinc	Yoduro de sodio
Ácido ortofosfórico	Cloruro de cobre II	Tiosulfato de sodio
Ácido perclórico	Cloruro de cromo III	Compuestos orgánicos
Ácido sulfúrico (33%)	Cloruro de hierro II	2- Propanol
Ácido sulfúrico (98%)	Cloruro de magnesio	Acetaldehído
Disolventes	Cloruro de níquel II	Acetamida
Acetona	Cloruro de potasio	Acetanilida
Acetato de etilo	Cloruro de sodio	Ácido benzoico
Acetonitrilo	Fluoruro de sodio	Ácido esteárico
Alcohol bencílico	Hidróxido de amonio	Ácido L- glutámico
Alcohol birectificado	Hidróxido de bario	Bromociclohexano
Alcohol etílico	Hidróxido de sodio (solución)	Cloro benceno
Alcohol metílico	Nitrato de aluminio	Cloruro de fenilhidrazina
Anhídrido acético	Nitrato de calcio	Cloruro de hidraxilamina
Ciclohexano	Nitrato de cobre II	fenolftaleína
Cloroformo	Nitrato de cromo III	Formaldehido (37%)
Diclorometano	Nitrato de hierro II	Furfural
Etanol	Nitrato de hierro III	Hidrazina
Éter de petróleo	Nitrato de magnesio	Hidroquinona
Éter dietílico	Nitrato de mercurio II	Lactosa
Éter Etílico anhidro	Nitrato de potasio	n- nonano

Etil metil cetona	Nitrato de plata	Nitrobencono
Etilenglicol	Nitrato de sodio	Peróxido de hidrogeno
Fenol líquido	Oxalato de amonio	Propionaldehído
Hexano	Oxido de aluminio	Reactivo de Tollens
Metil etil cetona	Oxido de antimonio III	Sacarosa
Metil isobutil cetona	Oxido de calcio	Sulfato de hidroxilamina
Mezcla cloroformo-metanol	Óxido de cinc	Tartracina amarillo no. 5
n-Hexano (97)%	Óxido de hierro III	Ter- butilamina
Tolueno	Oxido de manganeso	Trietanolamina
Tricloroetileno	Oxido de mercurio II	Urea

Fuente: *Propia*

5.4.4. Anexo 4

Esquema estructural de las campanas de extracción con variación en los datos dimensionales, con respecto al largo total de la superestructura exterior.



Fuente: (burdinola global services, 2015) Modificado



5.4.5. Anexo 5

Condiciones del estado físico en el que se encuentran actualmente las campanas de extracción de gases instaladas en los 2 laboratorios de docencia referente al 101 y 110.

Tabla 17: Condiciones actuales del mal estado físico en el que se encuentra la campana de extracción de gases instalada en el laboratorio 101.



Se logra observar la oxidación y el deterioro que presenta la superficie de trabajo. Por otro lado, el tipo de ventilador instalado no está en condiciones de funcionamiento, aparte de no ser el adecuado, en consecuencia, el conducto de aspiración no está en depresión de 90°.

Fuente: Propia



Tabla 18: Condiciones actuales del mal estado físico en el que se encuentra la campana de extracción de gases instalada en el laboratorio 110



Utilizada como almacén de reactivos químicos, debido al mal estado e instalado del tipo de ventilador no conveniente, hoja de la guillotina y deslizadores en deterioro, tubería de desechos líquido obstruido y otros factores, quizás por falta de mantenimiento y un diseño inadecuado.

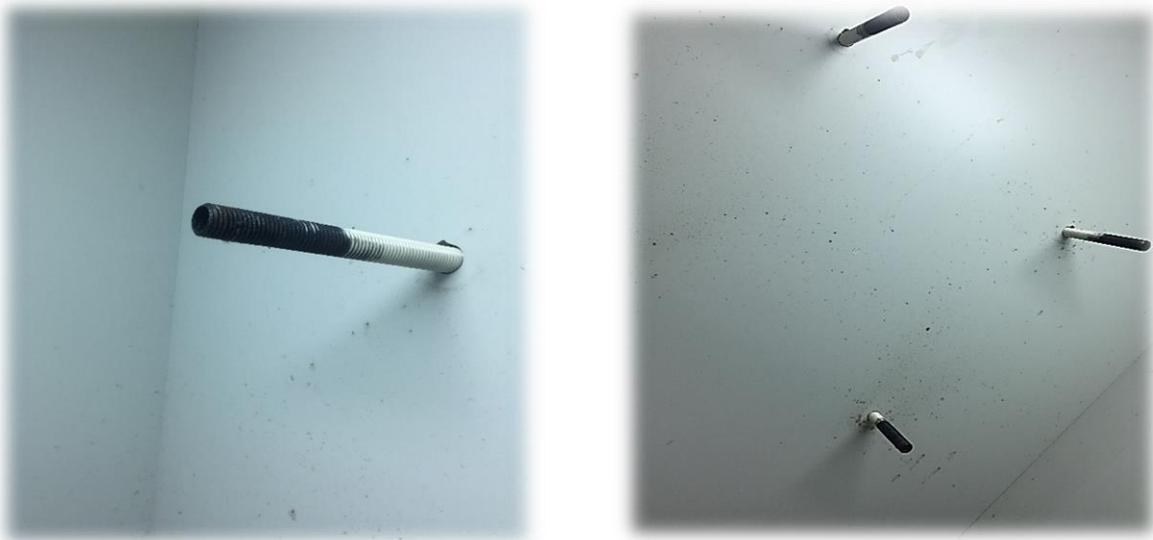
Fuente: Propia

5.4.6. Anexo 6

Circunstancias del avanzado deterioro y disminución de vida útil de la campana de extracción de gases modelo 1 200 OR-21 instalada en LAFQA, debido a la falta de mantenimiento preventivo en el tiempo indicado, asimismo por el manejo y utilización de diversos agentes químicos de origen inorgánicos; se logró observar:

- + Decoloramiento y amarillamiento apreciable, debido a vapores, salpicaduras y desprendimiento de gases en las diversas reacciones donde posiblemente interfieren sustancias inorgánicas, esto no cambia la funcionalidad, pero si disminuye la vida útil del material del cual está construida.
- + Agresión al material por corrosión a los 4 sujetadores del deflector, en efecto genera pérdida de sus propiedades.
- + Acumulación de posibles sales corrosivas condensadas, en el cuello de escape del conducto de extracción, producidas por reacciones fisicoquímicas en proceso de combustión, sublimación y destilación.

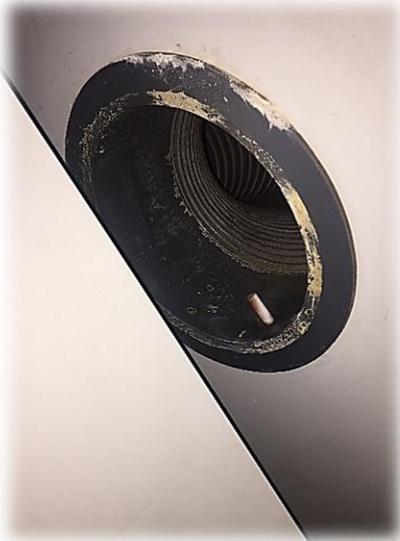
Tabla 19: Decoloramiento y amarillamiento en el fondo útil interior, sujetadores del panel deflector oxidados.

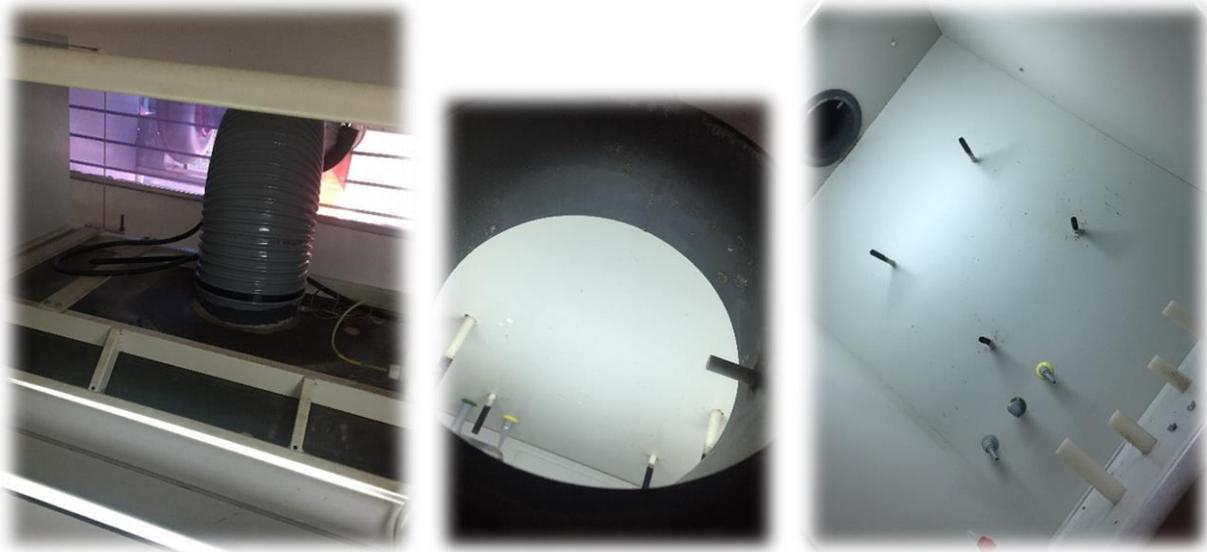




Fuente: Propia

Tabla 20: Cuello de escape del conducto de extracción y tubo flexible circular corrugado con adherencia de sales corrosivas.





Fuente: Propia

5.4.7. Anexo 7

Recomendaciones de conservación y mantenimiento de las campanas de extracción de acuerdo al comité de Normalización Española UNE-EN 14175-5:2009.

5.4.7.1. Generales.

- ✚ Se recomienda una limpieza periódica de la cabina interior, así como de la hoja de la guillotina y la superficie de trabajo.
- ✚ Lavar la superestructura útil interior de la caja receptora del contaminante únicamente con un paño húmedo y jabón líquido con pH neutro.
- ✚ Se tendrá que purgar el ventilador centrífugo de voluta industrial periódicamente a través del tapón purga situado en la parte inferior de la carcasa.

5.4.7.2. Anuales.

- ✚ Inspección de sedimentaciones en conducto.
- ✚ Inspección del motor interno del ventilador.
- ✚ Lubricación y/o engrase de partes móviles como guías y ejes de poleas.



- ✚ Revisión de desagües y griferías ya que se pueden degradar por echar bases y ácidos concentrados.
- ✚ Revisión de purga del motor.
- ✚ Inspección del motor extractor (visual), observando que no haya calentamiento ni chirridos.
- ✚ Revisión de las bases eléctricas, habrá que soltar las bases para observar el brillo de los contactos y revisar que no haya óxidos y roturas.
- ✚ Inspección general y medición de los parámetros de funcionamiento.
- ✚ Verificación de la velocidad en el frente de trabajo con la hoja de la guillotina a 40 cm de altura, o en su defecto del caudal de aire aspirado por la campana; esto se deberá de realizar en un cuarto o sala de prueba a través de un analizador que registra los datos del caudal de aspiración.

5.4.8. Anexo 8

Mantenimiento general preventivo de la campana de *extracción de gases modelo 1 200 OR-21 instalada en LAFQA, realizado el lunes 12 de noviembre del año 2018.*

En este caso se procedió a lavar la superestructura útil interior de la caja receptora del contaminante, la superficie de trabajo, el cuello de escape del conducto de extracción y a la descontaminación de sedimentos alojados y contenido en el tubo flexible circular de acople al conducto que va hasta el ventilador, asimismo se procedió a la purgación del ventilador y a la limpieza la hoja de la guillotina, lubricación adicionando aceite 3 en uno en las correderas guías y del sistema de contrapesa.

Para la realización de este mantenimiento y limpieza se utilizó un par de guantes y una mascarilla, con el propósito de resguardar la salud. Luego de esto se preparó una solución de agua con jabón líquido pH neutro, aparte del peróxido de hidrógeno. Se utilizó un paño, una llave inglesa crece, un desarmador de herradura, una escalera, un cepillo y un sopletador.



Ilustración 16. Purgación del ventilador centrifugo.



Ilustración 17 Limpieza del panel deflector.



Ilustración 18. Descontaminación de sedimentos alojados al tubo flexible circular.

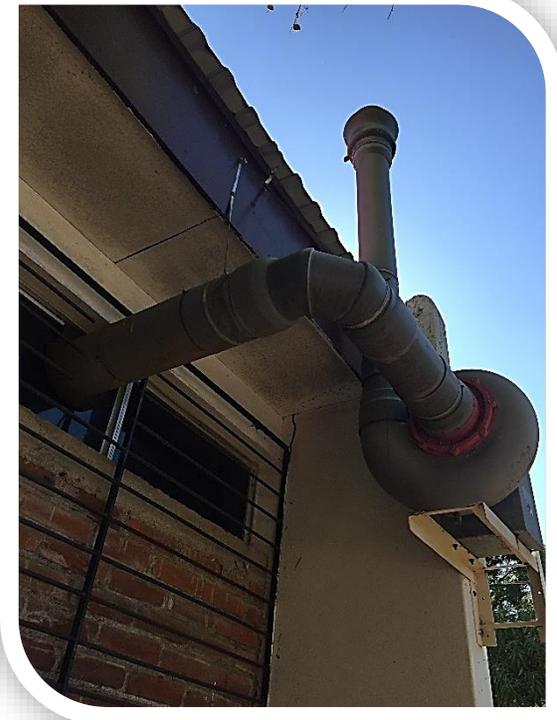




Ilustración 20. Limpieza del el cuello de escape del conducto de extracción con peróxido de hidrogeno.



Ilustración 19. Cambio de faja de sujeción en el acople.

Fuente: Propia

5.4.9. Anexo 9

5.4.9.1. Análisis de costo.

Los costos y su metodología de estimación tienen un rango de $\pm 30\%$ de exactitud. Este análisis financiero nos orienta la aproximación de la perspectiva económica que pueda tener el costo de la construcción de la campana de extracción de gases VAV modelo 1 800. Específicamente debe conocerse lo siguiente. Estos precios se basan en los más principales e influyentes materiales utilizados para la construcción de la superestructura interior y exterior, superficie de trabajo, hoja de vidrio de la ventana de la guillotina, mecanismo de contrapeso, cuello de escape, ducto de extracción, ventilador centrífugo, ataduras y fijaciones, así como servicios sistema de control y luminaria.

Tabla 21 Costo de materiales para la construcción de la campana de extracción de gases VAV modelo 1 800

EQUIPOS Y MATERIALES	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	COSTO C\$	TOTAL C\$
Cuello de escape del conducto de extracción	Acero con \varnothing 285 mm y longitud de 170 mm	1	1 353	1 353
Tubo flexible circular corrugado	PVC con \varnothing 287 mm y longitud de 1 270 mm	1	1 010	1 010
Tubo circular liso	PVC \varnothing 285 mm y longitud de 970 mm	3	331,26	993,78
Codo de 90° y acople con el ventilador	PVC con \varnothing 287 mm y \varnothing 302 mm	2	336	672
Ventana de la guillotina, perfil aerodinámico con guías corredizas	Perfilería de aluminio extrusionado	1	7 095	7 095
Hoja de vidrio laminado de seguridad, liso templado con canto arenado	Espesor de 6 mm	1	37 675.6	37 675.6
Sistema de contrapeso de la hoja de la guillotina	Placas de hierro	1	2 015	2 015
Deflector con ranuras de captura	Acero inoxidable tipo 316, espesor de 4 mm	1	11 748	11 748
Superestructura de carcasa de doble, que concierne los paneles interiores y exteriores	Acero inoxidable austenítico tipo 316, espesor de 1,2 mm	1	72,600	72,600



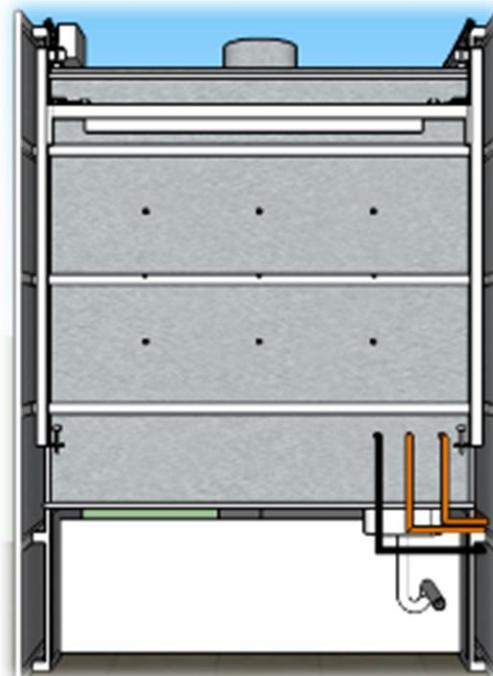
superficie de trabajo	Acero porcelanizado grosor 30 mm	1	16 500	16 500
Ventilador centrifugo de voluta industrial	Potencia de 5 ½ de HP	1	28 400	28 400.12
Válvula de bolas	De acero ½ pulgada	2	1 221	2 442.16
Sistema de microcontrolador	Arduino	1	4 488	4 488.20
Tuberías de llaves de servicio, agua, aire, vacío y gas	Cobre	4	1 326	5 304
Subtotal C\$				192,296.38

Fuente: propia

5.4.10. Anexo 10

5.4.10.1. Diseño tecnológico de la campana de extracción de gases VAV modelo 1 800.

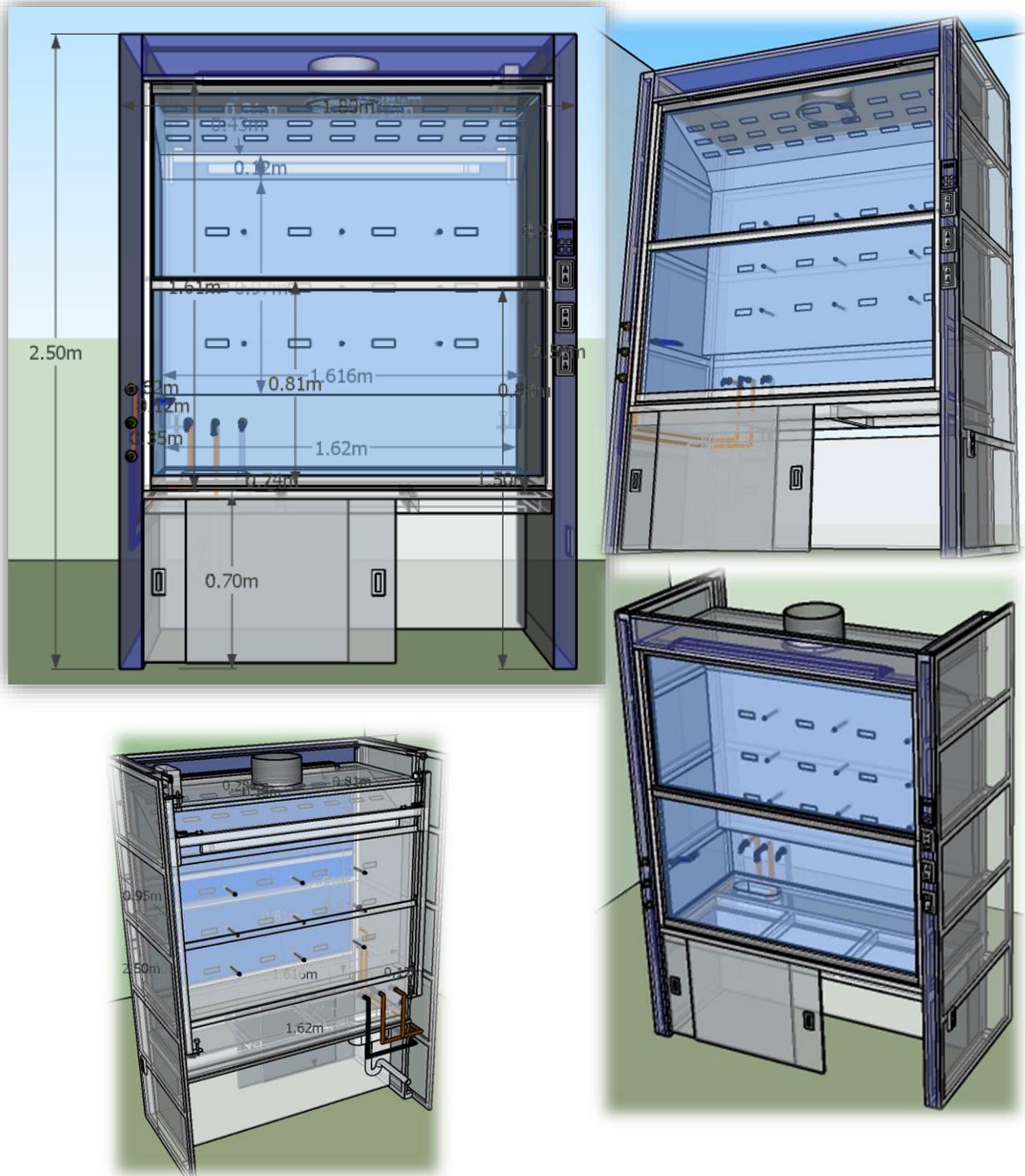
Ilustración 21. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista 3d solida con textura. Frontal y trasera.



Fuente: Propia



Ilustración 22. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista 3d rayos x. Frontal y trasera.

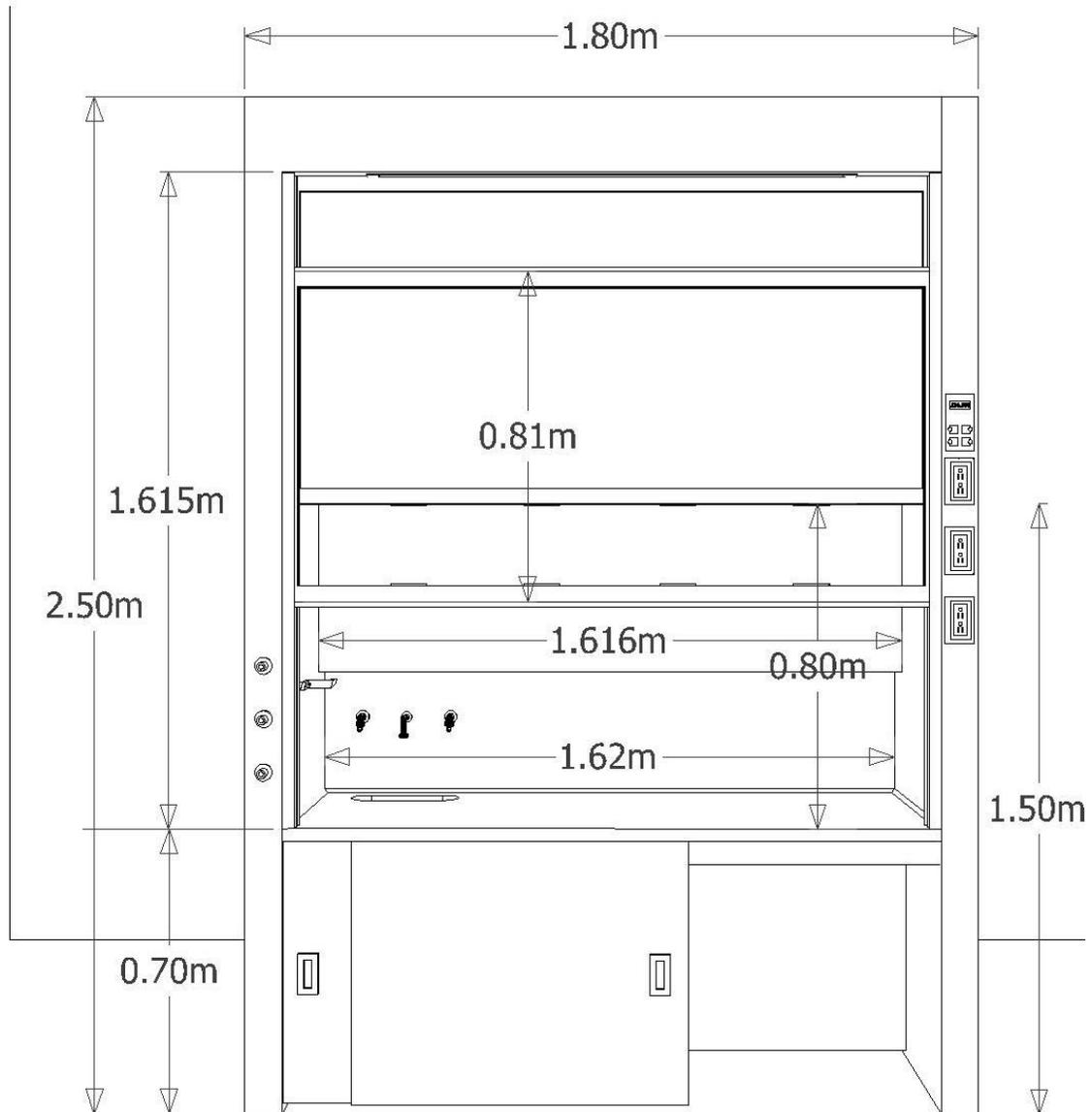


Fuente: Propia



5.4.10.2. Esquema estructural de vista en plano, con datos dimensionales de la campana de extracción VAV modelo 1 800.

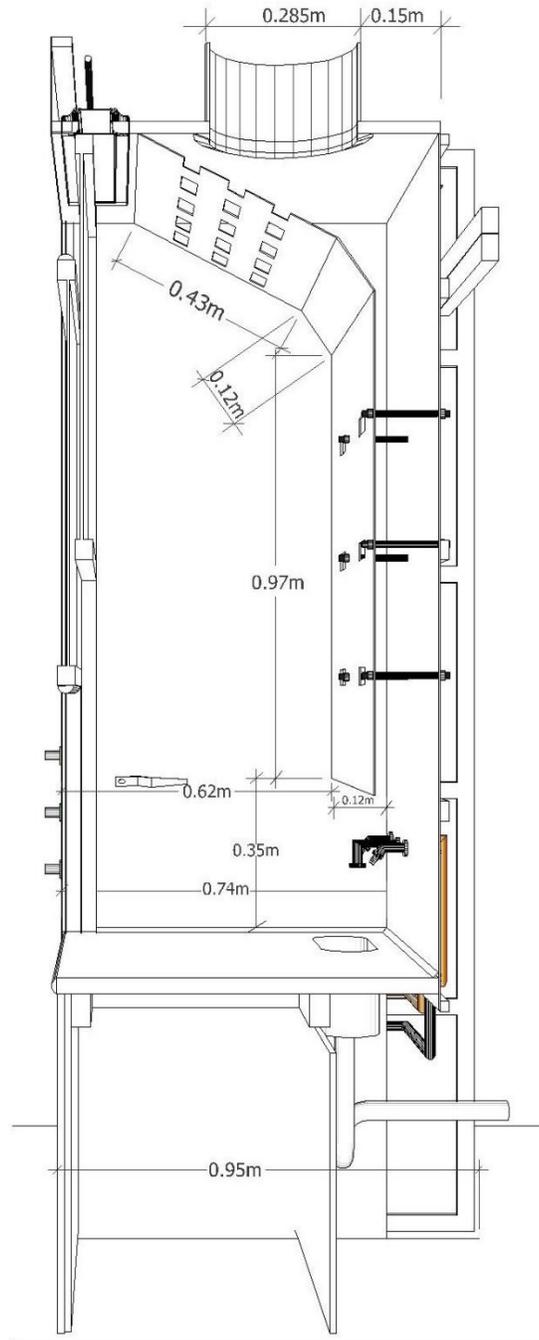
Ilustración 23. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en altura y largo en plano frontal.



Fuente: Propia



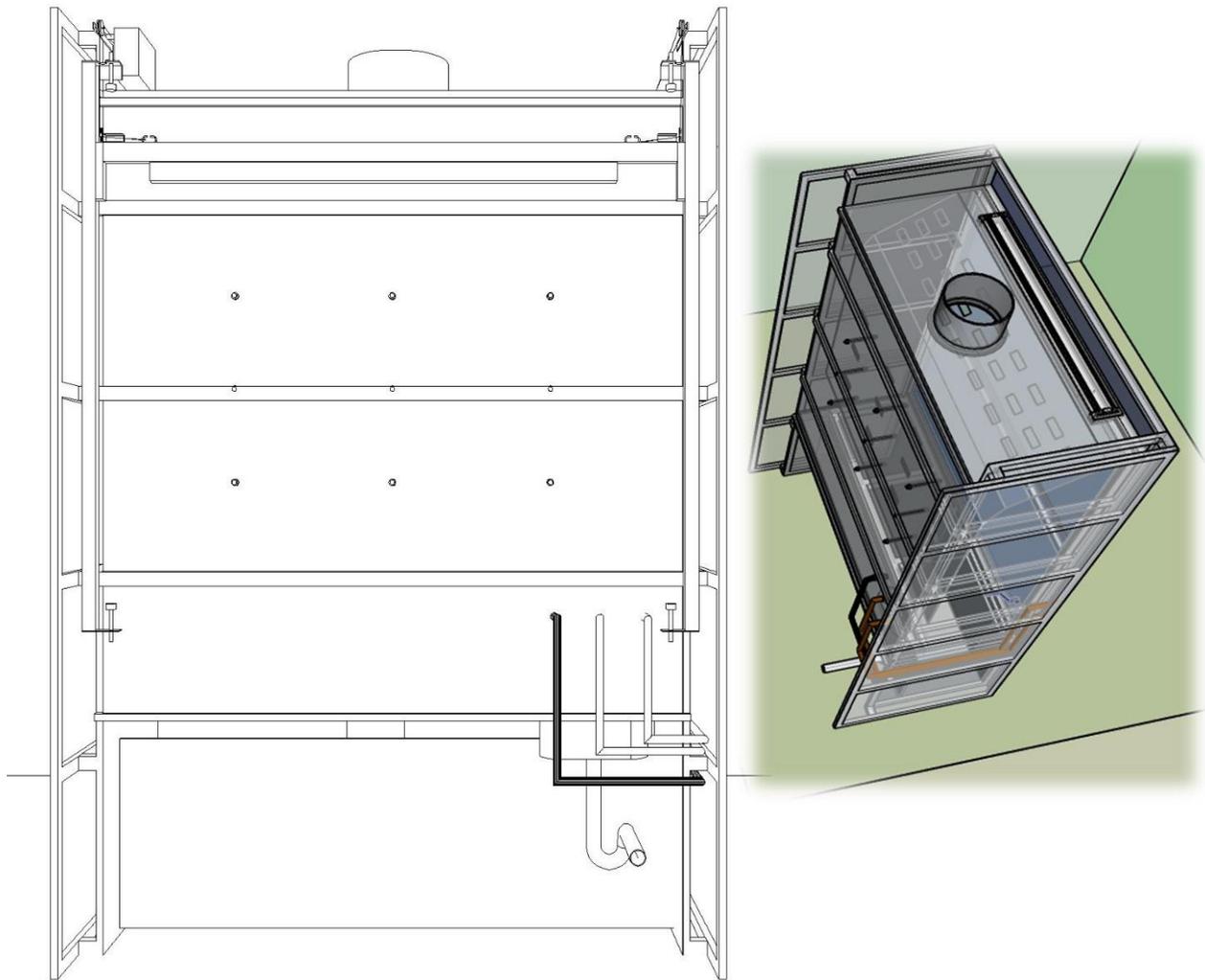
Ilustración 24. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en altura y ancho en plano sección.



Fuente: Propia

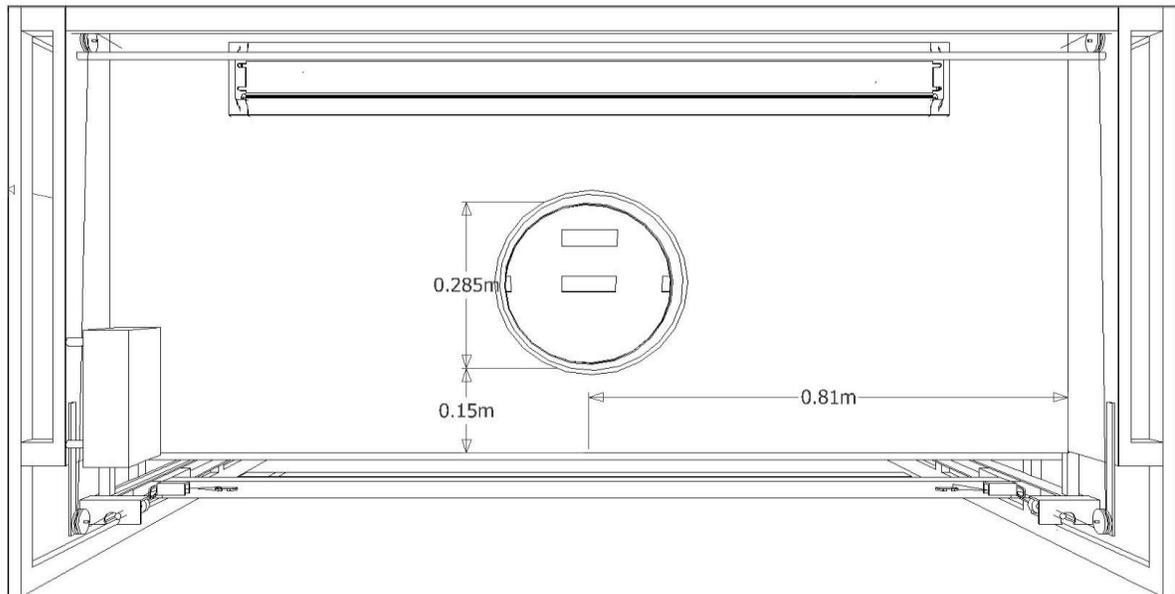


Ilustración 25. Campana de extracción VAV modelo 1 800 vista en plano y rayos x trasera.



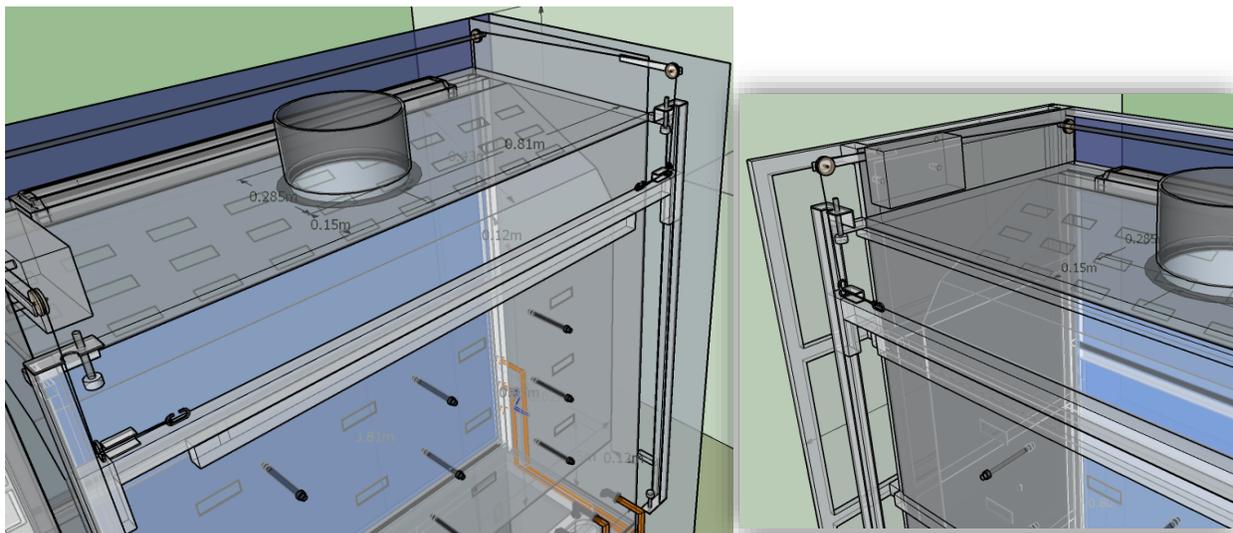
Fuente: Propia

Ilustración 26. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en plano superior.



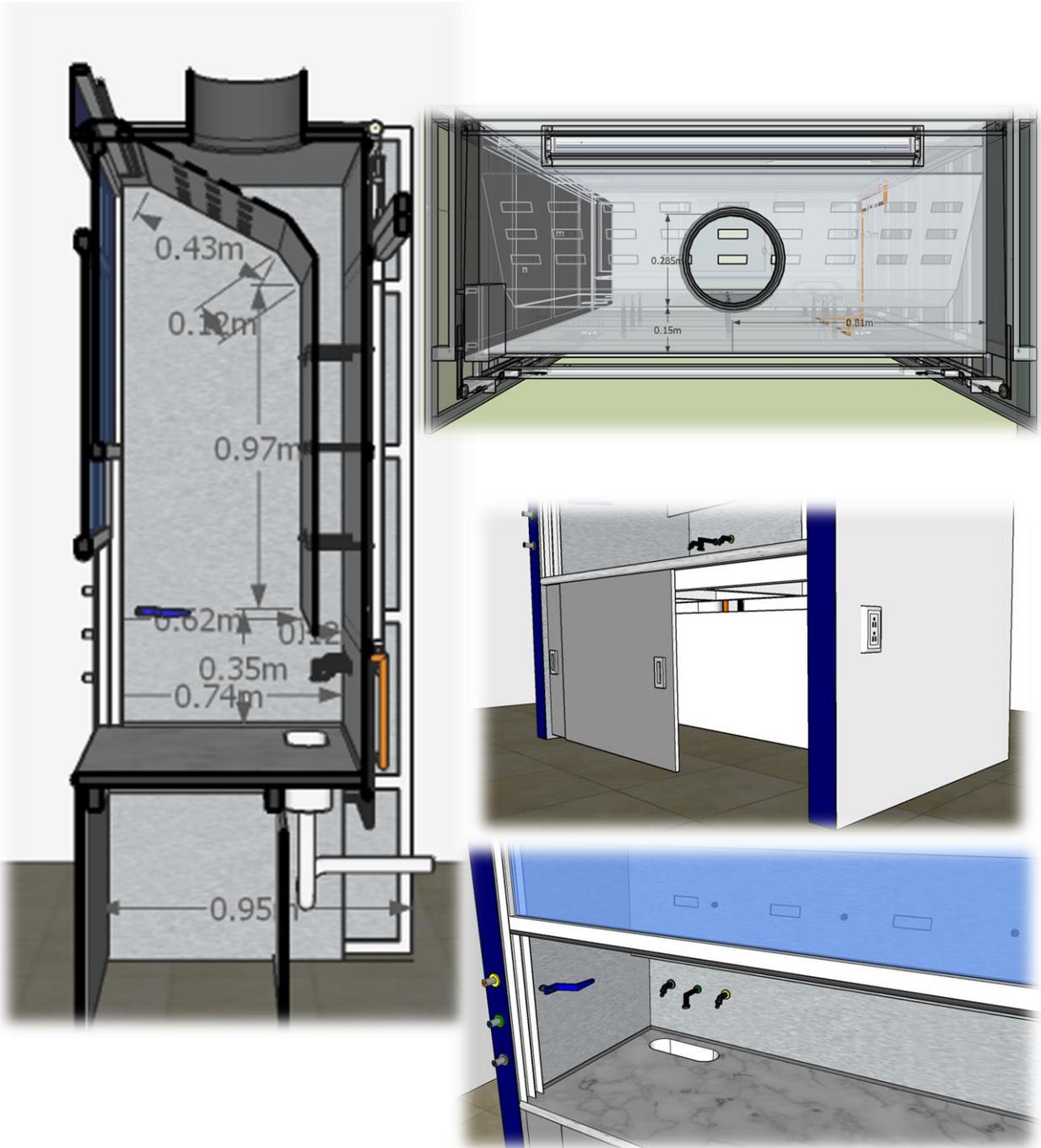
Fuente: propia

Ilustración 27 . Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista 3d rayos x. Sistema de contrapesa con doble cable de acero de 4 mm de Ø.



Fuente: propia

Ilustración 29. Campana de extracción VAV modelo 1 800. Vista con dimensiones en sección y plano superior sólida con textura. Presentación de gabinete, escudilla ovalada y banda de parada.



Fuente: Propia