



# Diseño HVAC Especificaciones Técnicas

LABORATORIO BSL-2 BSL3

**Snairé**®

Ingeniería de ambientes controlados

VILLAVICENCIO - META

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 2 de 37	

## ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC

**PROYECTO:** LABORATORIO BSL2 BSL3

**SISTEMA:** AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN DE VOLUMEN CONSTANTE, REFRIGERACIÓN POR EXPANSIÓN DIRECTA.

**CLIENTE:** UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

**ÁREA DE DISEÑO:** 64 M2

### CONTROL DE CAMBIOS:

<i>Versión No.</i>	<i>Cambios Realizados</i>	<i>Fecha</i>
V. 01	Documento Original	2022/02/27
V.02	Actualización Sistema HVAC	2022/03/13

	<b>ELABORÓ</b>	<b>APROBÓ</b>
<b>NOMBRE:</b>	Edgar Barrera	William Eduardo Salamanca
<b>CARGO:</b>	Dir. Diseño	Dir. De Proyectos

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 3 de 37	

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
1. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE .....	5
2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	6
3. SISTEMA DE CONTROL.....	7
<b>CAPITULO II. CÓDIGOS Y ESTÁNDARES APLICABLES .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO III. MEMORIAS DE CÁLCULO .....</b>	<b>9</b>
1. CONDICIONES DE DISEÑO .....	9
2. CRITERIOS DE DISEÑO .....	10
3. EVALUACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS .....	11
4. PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES.....	11
4.1. Dimensionamiento de Ductos.....	11
4.2. Dimensionamiento de rejillas y difusores .....	11
4.3. Evaluación de las Caídas de Presión .....	11
4.4. Dimensionamiento de Tubería.....	12
4.5. Caudal de Filtración por las puertas.....	12
<b>CAPITULO IV. RECOMENDACIONES ESPECIALES.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO V. CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>15</b>
1. PLANOS Y DOCUMENTACIÓN .....	15
2. CATÁLOGOS Y FICHAS TÉCNICAS.....	15
3. PROGRAMA DE TRABAJO.....	16
4. OBRAS NO INCLUIDAS .....	16
5. INSTRUCCIONES .....	17
6. CONFORMACIÓN DE LA PROPUESTA .....	17
7. CONSIDERACIONES ESPECIALES .....	17
8. PERSONAL DEL CONTRATISTA.....	17
9. PRUEBAS Y AJUSTES.....	18
10. ENTREGA DE LAS OBRAS.....	19
11. CANTIDADES DE OBRA .....	19
<b>CAPITULO VI. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>

1.	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE PARA LABORATORIO .....	20
2.	VENTILADORES DE EXTRACCIÓN.....	21
3.	EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO .....	22
4.	COMPUERTAS ESTANCA PARA AISLAMIENTO .....	24
5.	DAMPER BALANCEO TIPO MARIPOSA.....	24
6.	DAMPER DE CIERRE POR GRAVEDAD.....	25
7.	DAMPER DE ALIVIO .....	25
8.	CONDUCTOS DE AIRE.....	25
9.	AISLAMIENTO CONDUCTOS.....	28
10.	DIFUSORES DE SUMINISTRO.....	29
11.	ELEMENTOS TERMINALES de flujo LAMINAR .....	29
12.	ELEMENTOS TERMINALES CON FILTROS HEPA .....	29
13.	TUBERÍA DE COBRE .....	30
14.	CONDUCCIONES CABLEADAS DE CONTROL .....	31
15.	SENSORES DE TEMPERATURA .....	31
16.	SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA .....	32
17.	SENSORES DE PRESIÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDAL .....	32
18.	TABLEROS ELÉCTRICOS .....	32
19.	SISTEMA DE CONTROL.....	34
19.1.	Biocontención.....	35
19.2.	Confort Térmico .....	35
19.3.	Interfaz grafica .....	36
20.	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO .....	37

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 5 de 37	

## CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente documento tiene como finalidad establecer las especificaciones del sistema HVAC y su correspondiente sistema de control, para el laboratorio BSL-2 y BSL-3, ubicado en la Universidad de los Llanos, con sede en la ciudad de Villavicencio, Meta.

El objetivo fundamental del proyecto es garantizar y mantener los criterios de diseño indicados en los requerimientos de usuarios, que corresponden a: áreas contenidas, caídas de presión, clasificación de áreas, Humedad, sentidos de flujo, temperatura y terminales de aire. Igualmente, el sistema debe garantizar las condiciones de temperatura, humedad interior y cambios de aire por hora indicados en los planos VM-01, VM-02, VM-03, VM-04 y en la *Sección 2. Criterios de Diseño del Capítulo II* de este documento. El contratista seleccionado deberá estar presente durante el proceso de comisionamiento de la instalación y hará parte integral del mismo, participando de manera activa en las calificaciones y pruebas operacionales, las cuales se basan principalmente, pero no se limitan, al estándar ANSI/ASSP Z9.14 -2020.

### I. SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE

El proyecto contempla la instalación de un sistema de aire acondicionado que trabajará con 100% Aire Exterior; los equipos mecánicos serán ubicados al costado del bloque destinado para el laboratorio, en una placa de concreto a nivel de suelo que se construirá para tal propósito, con cerramiento que evite el acceso y manipulación de personas no autorizadas a los equipos mecánicos que componen el sistema HVAC, esta placa deberá ser coordinada entre todos los especialistas que se encargarán de la ejecución del proyecto, los ductos saldrán del cuarto técnico construido y entrarán al laboratorio por encima del andén que separe las dos edificaciones. Se dispondrá de un sistema de suministro de aire para el laboratorio, a través de una unidad manejadora de aire (UMA-01), la cual contará con prefiltración del 35% (MERV 7) y 65% (MERV 11), sección para refrigeración por expansión directa de 268.000 BTU/h (corregidos a las condiciones de Villavicencio y condiciones interiores) a tres circuitos, cada uno de 90.000 BTU/h conectado a condensadoras tipo Split de descarga vertical, sección de ventilador centrífugo o tipo plug fan y sección para filtración del 95% (MERV 15). El aire será distribuido por medio de conductos aislados con espuma aislante exteriormente igual o similar al Yumbolon de 1" de espesor.

Para el laboratorio BSL-3, cada área contará con un ducto independiente de ingreso de suministro de aire, el cuales hace parte integral de la barrera secundaria del laboratorio, cada uno de estos ductos deberá tener dämpers de balanceo manual cuya manipulación se realizará por fuera del laboratorio. Desde la compuerta estanca (CE-3s), los ductos de suministro de aire serán fabricados en Lamina de Acero Galvanizado Calibre 18 (mínimo), con las uniones longitudinales y perimetrales soldadas, en caso de no contar con el suficiente espacio de trabajo para realizar las soldaduras, se permitirán uniones con bridas siempre y cuando se garantice la prueba de decaimiento y hermeticidad en este. Los ductos expuestos a la intemperie serán enchaquetados con lámina de aluminio calibre 24. La compuerta de aislamiento (CE-3s), instalada sobre el ducto principal de suministro hacia el laboratorio BSL-3, será accionada por un actuador de 3 segundos en caso de presentarse alguna falla

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 6 de 37	

en el sistema HVAC, y para evitar una excesiva contrapresión en la UMA que pueda afectar la integridad del sistema, se deberá instalar una compuerta de alivio a la descarga de esta, la cual tendrá la opción de ajuste en campo de presión de acción por peso. El aire de suministro hacia el laboratorio BSL-3 será inyectado por medio de Filtros Terminales HEPA con indicador de presión de saturación de estos por medio de manómetros análogos con acceso a los filtros únicamente por el lado del laboratorio, garantizando así la contención del mismo.

Para el laboratorio BSL-2 y las áreas no contenidas los conductos serán fabricados en lámina de acero galvanizada de primera calidad, con su recorrido entrando por la parte frontal del laboratorio desde la UMA, la inyección de este aire será por medio de difusores de suministro de flujo de laminar fabricados en lamina de acero en los espacios donde se encuentren cabinas de bio-seguridad o cabinas de flujo laminar, y difusores de 4 vías fabricados en aluminio en donde NO se encuentren estos equipos, tal y como se detalla en los planos. Cada ramal que atiende un espacio distinto deberá contar con su correspondiente damper de balanceo que garantice el correcto flujo de aire.

## **2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN**

Se contempla un sistema de extracción independiente para las áreas contenidas del laboratorio BSL-3, compuesto de tres (2) ventiladores del tipo centrifugo sencillos (trabajando al 50% cada uno, que entrarán en respaldo al 100% si alguno presenta problemas) con descarga a 45° hacia una chimenea en común. Se tendrán Filtros Terminales HEPA con indicador de presión de saturación de estos por medio de manómetros análogos con acceso a los filtros únicamente por el lado del laboratorio, garantizando así la contención de este. Los ductos serán circulares fabricados en lamina de acero inoxidable, calibre 18, 304 2B, con uniones longitudinales y perimetrales soldadas hasta la compuerta estanca, en caso de no disponer del espacio suficiente para su instalación, se permitirá uniones en bridas siempre y cuando se garantice la prueba de decaimiento y hermeticidad en este. Cada área contará con un ducto independiente de ingreso de extracción, el cual hace parte integral de la barrera secundaria del laboratorio, cada uno de estos ductos deberán tener dámpers de balanceo manual. Se instalará una compuerta estanca tipo mariposa en el ducto principal de extracción que asegure el aislamiento del laboratorio en caso de ser necesario. Después de esta compuerta, en sentido del flujo, los ductos serán fabricados en lámina de acero galvanizado hasta los ventiladores, los cuales contarán con damper de gravedad en la succión y en la descarga.

De la misma manera, para el laboratorio BSL-2 se contempla un sistema de extracción independiente compuesto de un ventilador del tipo centrifugo sencillo con descarga a 45° hacia una chimenea, el aire tendrá su recorrido por ductos fabricados en lamina de acero galvanizado de primera calidad, a diferencia del sistema del laboratorio BSL-3, este sistema se compone de un ducto principal entrando al laboratorio y con ramales hacia cada área de trabajo, cada uno de estos ramales deberá contar con damper de balanceo que garantice el correcto flujo de aire. Se instalarán con rejillas de extracción de aleta fija fabricadas en aluminio.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 7 de 37	

### **3. SISTEMA DE CONTROL**

---

El sistema HVAC incluirá un sistema de control centralizado mediante protocolo de comunicación BACnet. El cual monitoreará las diferentes variables que garantice el correcto funcionamiento del laboratorio, entre ellos los diferenciales de presión en las áreas, y los sentidos de flujo por medio de transmisores ubicados en las puertas, también se monitoreará el caudal de aire de inyección y extracción, temperaturas, etc. Así mismo, el sistema de control será comandado desde un computador suministrado por el contratista seleccionado con su correspondiente software, que permita la visualización del funcionamiento del sistema HVAC por medio de interfaces gráficas amigables con el usuario.

El contratista será responsable de sellar todas sus instalaciones con respecto a la barrera secundaria, teniendo en cuenta las pruebas de humo, que serán realizadas para todo el laboratorio.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 8 de 37	

## CAPITULO II. CÓDIGOS Y ESTÁNDARES APLICABLES

---

El presente diseño se ha desarrollado teniendo en cuenta los requerimientos de usuario del cliente, respaldados con la siguientes guías, normas y estándares.

- **ASHRAE Laboratory Desing Guide – Second Edition**
- **ANSI/ASSP Z9.14 -2020**  
Testing and Performance-Verification Methodologies for Biosafety Level 3 (BSL-3) and Animal Biosafety Level 3 (ABSL-3) Ventilation Systems
- **ASHRAE STANDAR 55**  
Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy
- **Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations**  
Fundamentals Manual Ashrae
- **DESING REQUERIMENTS MANUAL (DRM) – NIH - 2016**
- **SMACNA – Sheet Metal and Air Conditioning Contractors’ National Association**  
HVAC Duct construction standard metal and flexible. – 03 – 31 – 2006
- **SMACNA – Sheet Metal and Air Conditioning Contractors’ National Association**  
HVAC Air Leakage Test Manual – Second Edition 2012
- **NFPA -90 A – ESTÁNDAR FOR INSTALATION OF AIR CONDITIONING AND VENTILATION SYSTEMS – 2002**

**CAPITULO III. MEMORIAS DE CÁLCULO**
**I. CONDICIONES DE DISEÑO**

<b>Criterios de Diseño Exteriores</b>		
<b>Datos Climáticos</b>		
Ubicación	Villavicencio	
Altitud	423 msnm	
Longitud	-73.62664° W	
Latitud	4.142° N	
Fuente	ACAIRE	
<b>Condiciones de Diseño Exteriores</b>		
<b>Enfriamiento</b>	<b>0.40%</b>	
<b>Mes</b>	<b>DB (°F)</b>	<b>WB (°F)</b>
Enero	94.7	72.6
Febrero	97.2	70.4
Marzo	95.2	74.5
Abril	95.2	74.5
Mayo	90.7	75.6
Junio	89.6	76.1
Julio	88.9	74.1
Agosto	90.3	73.4
Septiembre	92.5	75.1
Octubre	91.0	74.7
Noviembre	91.0	74.9
Diciembre	91.8	73.4
<b>Calefacción</b>	<b>NA</b>	
Temp. Bulbo Seco	NAC	

<b>Condiciones de Diseño Interiores</b>	
Claridad del Cielo	1.0
<b>Verano</b>	
Temp. Bulbo Seco	21°C +/- 2°C
Humedad Relativa	50% +/- 10%
<b>Invierno</b>	
Temp. Bulbo Seco	21°C +/- 2°C
Humedad Relativa	50% +/- 10%

## 2. CRITERIOS DE DISEÑO

Parámetro	Valor
Reflectancia del Suelo	20%
Método de Calculo	CLTD
Setback de Temperatura	NA
Tipo de construcción de techo	I
Tipo de construcción de muro	A
Factor Global U de Cielorraso	0.2948 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Factor Global U Envolvente	0.417 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Factor Global U Ventanas	N/A
Coefficiente de carga térmica por radiación solar (SHGC)	N/A
Factor Global U de Muros	0.4177 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Factor Global U del Edificio	0.417 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Ganancias Sensible/Latente Personas	250 BTU/h / 200 BTU/h
Densidad Lumínica	1.4 W/ft <sup>2</sup>
Tasa de Renovación de Aire	100%
Tasa de Infiltración por puertas	Dependiendo del Diferencial de Presión (Ver planos VM-01)
Cambios de aire por hora	10 CAH (Minimum)
Recalentamiento mínimo	1.5°C
Temperatura de Inyección de Aire	52.59°F
Ganancia de calor en ducto	2°F
Prueba de Fuga	Prueba de estanqueidad @ 4inwg por 1 hora, y pruebas de fuga a 500 Pa
Máximo nivel de ruido	NC 35
Diversidad el sistema	100%
Ganancia de calor del motor	70%
Carga por Equipos	3.0 W/ft <sup>2</sup>
Expect utility cost	
Nivel de Bioseguridad	BSL-3

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 11 de 37	

### **3. EVALUACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS**

---

Para el cálculo de las cargas térmicas de los diferentes espacios, se utilizó el software ELITE versión: 8.02.34 de la empresa ELITESOFT. El cálculo se realizó utilizando el método Cooling Load Temperature Differential (CLTD), teniendo en cuenta los criterios de diseño adjuntos a este documento.

### **4. PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES**

---

#### **4.1. Dimensionamiento de Ductos**

Para el pre-dimensionamiento de los ductos se utilizó el método de caída de presión constante, considerando un valor en los ductos principales de,

$$\Delta P = 0.1 \text{ in w.g./100ft}$$

$$\text{Densidad del Aire: } 0.075 \text{ lb/ft}^3$$

Las dimensiones de los ductos presentadas en los planos corresponden a las medidas exteriores finales, sin incluir aislamiento, se consideró una rugosidad de 0.0003ft correspondiente al de la lámina galvanizada.

Para el dimensionamiento de los conductos se utilizaron dimensiones en sistema inglés: pulgadas, por ser el más reconocido actualmente por lo cortadores, armadores e instaladores de conductos.

#### **4.2. Dimensionamiento de rejillas y difusores**

Las rejillas de suministro se dimensionaron para una velocidad de salida entre 350 FPM y 500 FPM y estandarizadas a las medidas comerciales.

Velocidad terminal en el espacio: inferior a 50 FPM

Caída de presión: 0.026 in w.g.

Alcance de flujo: 4 a 7.5 m

Noise Criteria: <25 NC

Los difusores de flujo laminar se dimensionaron para una velocidad de salida entre 75 FPM y 100 FPM y estandarizadas a las medidas comerciales.

#### **4.3. Evaluación de las Caídas de Presión**

La caída de presión en el ducto se determinó por medio de la presión estática y dinámica a las condiciones del aire actual, es decir, las condiciones de diseño y trabajo, de igual manera las capacidades térmicas y de ventilación de los equipos se corrigieron a estos parámetros.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 12 de 37	

Para el cálculo de la caída de presión en uniones y accesorios en la red de ductos, se tuvo en cuenta los parámetros y valores obtenidos en el software Duct Fitting Database de ASHRAE.

Al final del predimensionamiento, se corroboró la caída de presión final desde el entorno MEP de Revit, para después realizar las correcciones necesarias que ajusten esta pérdida con la presión estática disponible del ventilador y obtener el balanceo que asegure el suministro y extracción de aire a cada elemento terminal.

#### 4.4. Dimensionamiento de Tubería

##### Tubería del sistema de Expansión Directa

La tubería del sistema de Expansión Directa de acuerdo a las capacidades manejadas en el proyecto, y corroboradas mediante el Software de Selección Coolselector V.02 de Danfoss. El oferente seleccionado deberá realizar nuevamente esta selección y simulación con el software suministrado por el fabricante de los equipos a instalar.

##### Tubería del sistema de recuperación de energía

La tubería para el sistema de recuperación de energía se dimensionó para el caudal de agua que circulará en ella, determinando un máximo de fricción a 3.5 ftH<sub>2</sub>O / 100ft y tomando las medidas interiores y exteriores comerciales de la tubería de polipropileno disponibles en el mercado.

#### 4.5. Caudal de Filtración por las puertas

Para determinar el caudal a través, se tuvo en cuenta el diferencial de presión que se representan en el plano VM-01 y en el plano VM-04, siguiendo las recomendaciones del Laboratory Design Guide 2Ed, el cual establece la siguiente fórmula matemática:

$$V = 776CA \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (I-P)$$

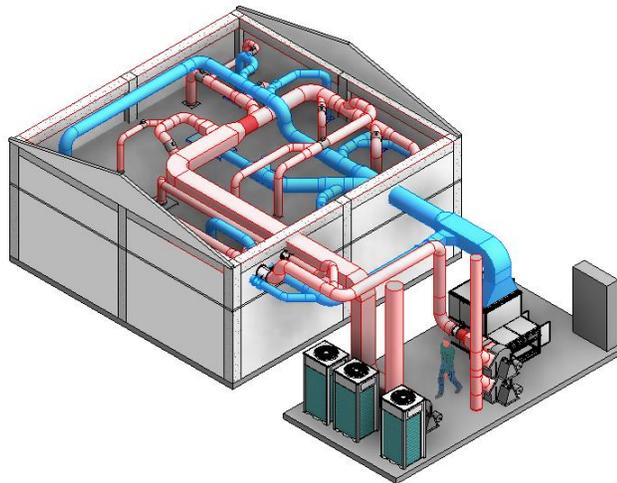
$$V = CA \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (SI)$$

**NOTA:** Para el balanceo de caudales, se asume una tasa de filtración de 250 CFM para lograr un diferencial de presión de 12.5 Pa y 150 CFM para un diferencial de presión de 7.5 Pa. El contratista deberá verificar este cálculo de acuerdo con las puertas instaladas en obra.

## CAPITULO IV. RECOMENDACIONES ESPECIALES

Para garantizar la funcionalidad y el cumplimiento de las especificaciones del diseño, el Contratista deberá ceñirse a las siguientes consideraciones:

- ✓ El proyecto HVAC se encuentra modelado y coordinado en Revit, por tanto, es responsabilidad del oferente y contratista seleccionado, el verificar que las dimensiones de los equipos y elementos a instalar no sean superiores a lo ya especificado, cualquier variación deberá ser notificada por escrito al Cliente y éste validará su aceptación. Así mismo, la corrección en el modelado estará a cargo del contratista, ya que es quien verificará y se hará responsable por el correcto funcionamiento del sistema y coordinación con las demás instalaciones, producto de los cambios propuestos. Antes del inicio de obra deberá hacerse una revisión exhaustiva de todos los recorridos de ductos, tuberías, ubicación de equipos y elementos terminales, teniendo en cuenta las limitantes de espacio para el proyecto y el nivel de complejidad del mismo. Cualquier modificación será asumida por el contratista designado para la instalación.



- ✓ Cada contratista deberá actualizar los diagramas unifilares de los equipos ofertados teniendo en cuenta la potencia de entrada requerida. En su oferta deberá anexar los diagramas eléctricos de los tableros ofertados. Igualmente, una vez en obra, deberá ser verificada la carga eléctrica requerida, y se realizará la correspondiente coordinación con el contratista eléctrico.
- ✓ El proponente deberá especificar claramente cada uno de los ítems de su propuesta. Deberá completar todos y cada uno de los cuadros solicitados más adelante, indicando marcas, modelos, referencias y capacidades. En los ítems en los cuales se establecen opciones deberá indicar qué tipo de equipo, elemento o parte va a utilizar. Igualmente se deberán adjuntar las fichas técnicas de todos los equipos y elementos ofertados.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 14 de 37	

**Una vez verificado en obra y aprobado el diseño para construcción, con el recorrido definitivo de conductos, tuberías y la ubicación definitiva de equipos, difusores, rejillas y controles, se deberá hacer el ajuste respectivo a las caídas de presión de equipos y tamaños constructivos, por lo tanto, la selección final de los ventiladores, equipos, ductos, tuberías, elementos terminales de aire, y demás accesorios complementarios al sistema HVAC, será responsabilidad del contratista seleccionado para la ejecución del proyecto. Igualmente, si se mantienen los recorridos de las tuberías y ductos, al igual que la ubicación de equipos y elementos terminales, es igualmente responsabilidad del contratista el verificar la selección y el correcto dimensionamiento de todos los elementos, antes de realizar pedidos y ordenar instalación.**

## CAPITULO V. CONDICIONES GENERALES

### I. PLANOS Y DOCUMENTACIÓN

Los planos del estudio indican la distribución y tamaño de todo lo que compone el sistema, el contratista deberá verificar la localización exacta de conductos, tuberías y equipos, de acuerdo con el modelado (BIM) del Sistema HVAC y las demás instalaciones; sus trabajos serán coordinados con los constructores y demás contratistas para evitar retrasos en la ejecución de la obra.

Los planos adjuntos del diseño se relacionan a continuación:

Conjunto	Plano	Descripción
Sistema HVAC y Ventilación	VM-01	Presiones y Sentidos de Flujo
	VM-02	Humedad Relativa de Diseño
	VM-03	Temperatura de Diseño
	VM-04	Terminales de Aire
	VM-05	Diagrama de Hilos de Suministro
	VM-06	Diagrama de Hilos de Extracción
	VM-07	Red HVAC Extracción
	VM-08	Red HVAC Suministro
	VM-09	Coordinación 3D
	VM-10	Piso Técnico
	VM-11	Proyección 3D
	VM-12	Diagrama Unifilar
	VM-13	Diagrama de Puntos y Control

Los planos suministrados con las presentes especificaciones forman parte de éstas y son complementarios; por lo tanto, cualquier indicación que aparezca en los planos y no se relacione en las especificaciones, o viceversa, que figure en las especificaciones y no aparezca en los planos, es obligatoria y se tomará como si apareciese en ambas partes.

### 2. CATÁLOGOS Y FICHAS TÉCNICAS

El proponente deberá entregar los catálogos y/o fichas técnicas, en original, para cada uno de los ítems propuestos, en inglés o castellano. Si el catálogo está en idioma diferente de éstos, se debe adjuntar traducción. Se deberá señalar en el catálogo con resaltador las especificaciones técnicas ofrecidas.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 16 de 37	

Cuando la especificación contenida en la propuesta no coincide con la del catálogo y/o ficha técnica, o la especificación contenida en la propuesta no aparece en el catálogo y/o ficha técnica, el proponente deberá adjuntar certificación expedida por el fabricante, o fotocopia de los manuales de operación o de servicio del equipo ofrecido, donde se muestre el cumplimiento de la especificación. Si el proponente no aporta la certificación de la parte pertinente de los manuales de operación o de servicio del equipo ofrecido, el ítem no será objeto de evaluación técnica, ni económica.

Cuando la especificación de un ítem no aparezca en la propuesta, ni en el catálogo y/o ficha técnica, se entiende que no se está ofreciendo y por tanto la propuesta no será objeto de evaluación técnica, ni económica.

Cuando la especificación técnica exigida en el pliego de condiciones, no se encuentre anotada en la oferta, pero sí aparece en el catálogo y/o ficha técnica del fabricante, se entenderá que se está ofreciendo, por tanto, se obliga a su cumplimiento, siempre y cuando el modelo o referencia del equipo que aparece en el catálogo, corresponda con el modelo o referencia del equipo ofrecido. Si el modelo o referencia del equipo que aparece en el catálogo y/o ficha técnica, no coincide con el modelo o referencia del equipo ofrecido, se entiende que no lo está ofreciendo y por tanto no será objeto de evaluación técnica, ni económica.

### **3. PROGRAMA DE TRABAJO**

---

A la propuesta se deberá adjuntar un (1) diagrama de barras indicativo de los plazos parciales y totales para la construcción e instalación de los sistemas de conductos y montajes de todos los equipos. Este cronograma deberá estar dentro de los plazos indicados en los términos de referencia, los cuales serán de obligatorio cumplimiento.

### **4. OBRAS NO INCLUIDAS**

---

Los siguientes trabajos no están especificados en el presente proyecto y por lo tanto serán objeto de otros contratos.

- a) Se deberá hacer una coordinación en techo con las demás redes y elementos tales como iluminación y se deberán generar accesos (Inspeccionables) adecuados para los dámetros de balanceo.
- b) Punto de agua de 1/2" en cubierta del edificio, cerca a los equipos HVAC.
- c) Obras civiles tales como pase muros, resanes, poyos de equipos, construcción del cuarto técnico, loza de concreto, cerramientos.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 17 de 37	

## **5. INSTRUCCIONES**

---

Al terminar la instalación y entregar los equipos en operación el contratista deberá suministrar un (1) manual que contenga marca, modelos y tablas de rendimiento de los equipos, instrucciones de operación de los mismos, manuales de instalación y de servicio, planos definitivos según obra, propuesta de mantenimiento preventivo y repuestos recomendados para dos (2) años de funcionamiento. Además, el contratista está obligado a realizar el balanceo y calibración de todos los sistemas.

## **6. CONFORMACIÓN DE LA PROPUESTA**

---

Las propuestas deberán incluir los siguientes documentos e información:

- a) El presupuesto de la obra cuyos valores indicados deberán incluir todos los elementos de costos a saber: mano de obra, materiales, soportes, equipos herramienta, gastos generales, utilidades, administración impuesto a las ventas, etc.
- b) Programa de trabajo.

## **7. CONSIDERACIONES ESPECIALES**

---

Se deja constancia que las instalaciones del sistema HVAC se regirán por las normas mencionadas en el capítulo II y las guías proporcionadas por el Cliente.

Igualmente se entiende que el contratista al presentar la oferta ha examinado cuidadosamente estas especificaciones, el sitio de la obra, los planos y se ha informado de todas las condiciones que puedan afectarla, al igual de la responsabilidad implícita al tratarse de un sistema para un laboratorio de biocontención, se entiende que el contratista es especialista en este tipo de instalaciones, así como también conoce, su costo y su plazo de entrega; por lo tanto, cualquier omisión que presenten los planos y/o especificaciones no eximen de responsabilidad al contratista y no podrá tenerse en cuenta como criterio de reclamación.

## **8. PERSONAL DEL CONTRATISTA**

---

El personal que emplee el contratista deberá ser competente en su oficio y especializado en el ramo.

La obra deberá ser dirigida por un Ingeniero titulado con experiencia en instalación de sistemas HVAC, específicamente en laboratorios de Bioseguridad Nivel II, quien supervisará el desarrollo de las distintas fases técnicas del trabajo y será el responsable de su buena marcha. Permanecerá en obra durante el 50% del tiempo de ejecución.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 18 de 37	

Como residente en la obra el contratista mantendrá un superintendente de trabajo suficientemente competente para atender todas las necesidades de la instalación. Igualmente deberá contar con la correspondiente certificación para la instalación de sistemas de acuerdo a la marca propuesta.

El contratista será responsable del reclutamiento, calificación, entrenamiento y dotación del personal que utilice, lo mismo que el pago de salarios, prestaciones e indemnizaciones, aportes a los sistemas de seguridad social y aportes parafiscales, así como el cumplimiento de normas sobre seguridad e higiene industrial. Si el contratista no cumple con el programa de obra aprobado, deberá adoptar las medidas necesarias para lograr su cumplimiento, incluyendo entre otras el aumento de personal, los turnos, la jornada de trabajo, la capacidad de los equipos o todo ello, sin generar ningún costo adicional.

## **9. PRUEBAS Y AJUSTES**

El contratista será responsable por los gastos que impliquen las pruebas y ajustes de los equipos y controles, para lo cual suministrará la mano de obra y el equipo de pruebas necesarios, los cuales deberán contar con certificado de calibración vigente inferior a un año.

Después de poner los equipos en operación, se ensayarán en presencia de la Interventoría de la obra y el cliente final. El contratista deberá presentar un informe con base en el procedimiento establecido por la NEBB (National Environmental Balancing Bureau) séptima edición del 2005, donde se especifica los instrumentos y las mediciones que deben realizarse en cada uno de los equipos y elementos del sistema.

Igualmente, para garantizar la hermeticidad de los sistemas tanto de suministro y extracción, el contratista deberá ejecutar pruebas de estanqueidad según lo dicta el SMACNA en su manual "*HVAC Air Duct Leakage Test Manual*", el cual se realizará para los ductos de extracción y suministro fabricados en acero galvanizado clase 2 @ 2 inwg de acuerdo a los siguientes tramos:

- Pruebas independientes de estanqueidad en los ductos de extracción fabricados en acero inoxidable (Clase 2 @ 2inwg) que comprenden al tramo entre la compuerta estanca tipo mariposa y los elementos terminales de extracción, para un total de 1 pruebas.

Para un total de 1 pruebas de estanqueidad, las cuales el contratista deberá presentar reportes correspondientes.

Si los datos anteriores tomados en el sitio de la obra difieren en un porcentaje mayor al 3% de los especificados, el contratista deberá hacer las modificaciones que fueren necesarias para que el sistema quede funcionando de acuerdo con lo proyectado.

Igualmente, el contratista seleccionado deberá demostrar ante la interventoría y ante el cliente final el correcto funcionamiento del sistema de control propuesto, no sólo en operación normal, sino en todos los escenarios de falla detallados en el plano VM-09. Si el proyecto llegase a contar con el proceso de comisionamiento, el contratista deberá estar presente durante toda la verificación del

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 19 de 37	

sistema, y estará en la obligación de hacer los ajustes pertinentes, con el fin de obtener los resultados deseados.

## **10. ENTREGA DE LAS OBRAS**

---

La Interventoría y/o cliente final recibirán las obras, objeto de este proyecto, oficialmente, después de que los equipos queden trabajando en perfecto estado, debidamente balanceados y ajustados; por lo tanto, el hecho de que se usen los equipos no significa aceptación de los mismos.

Se dejará constancia de la entrega de la obra mediante un acta final, fecha a partir de la cual comenzará a regir la garantía de estabilidad de la obra y buen funcionamiento de los equipos.

## **11. CANTIDADES DE OBRA**

---

Las cantidades de obras indicadas en los formularios de las propuestas son aproximadas y representan un estimativo de la obra a realizar. El contratista está obligado a realizar las obras adicionales y/o complementar el conjunto del sistema solicitado, previa autorización de la interventoría y/o cliente final, lo cual será liquidado al final de contrato.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página <b>20</b> de <b>37</b>	

## **CAPITULO VI. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO**

### **I. UNIDAD MANEJADORA DE AIRE PARA LABORATORIO**

La unidad manejadora estará diseñada para trabajar con un sistema de recuperación de calor y 100% Aire Exterior, contará con sección de enfriamiento por expansión directa.

**El gabinete** de la unidad manejadora estará compuesto de paneles totalmente desmontables, tipo “sándwich” de 2” de espesor, fabricados con poliuretano expandido ubicado entre dos láminas galvanizadas de primera calidad calibre 18, tanto la parte interior como la parte exterior del gabinete cuenta con terminado en pintura al horno para trabajo a la intemperie.

Los **paneles de Pre-filtración** tendrán la disposición para instalar filtros tipo cartucho, bolsa y/o lavables. Eficiencias **MERV-7** a **MERV-11**. Se dispondrán de mecanismos de sujeción para las medidas estandarizadas por las diferentes marcas de filtros reconocidas en el mercado. La velocidad de paso máxima a través de la sección de prefiltración será de 350 FPM.

Las diferentes secciones de la unidad contarán con **puertas** de acceso herméticas con un terminado igual al de los paneles del gabinete de la unidad. Cada puerta contará con manijas de apertura rápida para facilitar el acceso al interior del equipo.

El **interior de la unidad** será totalmente sellado, liso y lavable, permitiendo un mantenimiento adecuado para evitar la acumulación de humedad y polvo. Igualmente, los acabados interiores deben facilitar el proceso de desinfección.

**Serpentín de Expansión Directa** dispuestos para conexión de Kit de expansión directa, calculados para satisfacer los requerimientos de carga térmica para enfriamiento corregidos a las condiciones de Ibagué y las temperaturas de diseño interiores. Tubería de cobre sin costura con aletas en aluminio perfectamente espaciadas entre sí, cabezales y perfiles laterales fabricados en lámina galvanizada calibre 18. Libres de humedad, sólidos, aceites y óxidos, presurizado con nitrógeno seco a 500 PSI, listo para conectar.

**La Bandeja de condensados** será de fabricación tipo “sándwich” con poliuretano expandido y lámina galvanizada calibre 18.

**Los Ventiladores** serán Centrífugos Dobles o del tipo “Plug-Fan”, con aletas curvas adelante, planas atrás o aerodinámicas, de acuerdo a los requerimientos de presión estática requerida. Los ventiladores deberán ser balanceados estática y dinámicamente en fabrica. Serán accionados por motores eléctricos de alta eficiencia, con transmisiones y rodamientos de primera calidad. Igualmente se aceptan ventiladores de acople directo con los ventiladores tipo “Plug-Fan”.

**Los paneles de filtración** se ubicarán después del ventilador, con el fin de retener cualquier partícula generada por la transmisión y rodamientos del ventilador. Tendrán la disposición de instalar filtros tipo cartucho y bolsa, de eficiencias **MERV-14**. Dispondrán de compuertas de acceso

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 21 de 37	

hermético, rieles de desplazamiento y mecanismos de sujeción para las medidas estandarizadas por las diferentes marcas de filtros reconocidas por el mercado. La velocidad de paso máxima a través de la sección de prefiltración será de 350 FPM.

<b>IDENTIFICADOR</b>	UMA-01
<b>CAUDAL</b>	3420 CFM
<b>CAUDAL DE AIRE DE RETORNO</b>	No Aplica
<b>CAUDAL DE AIRE EXTERIOR</b>	1420 CFM
<b>PRESION ESTÁTICA</b>	5.5" wg
<b>PRESION ESTÁTICA EXTERNA DISPONIBLE</b>	1.5" wg
<b>MOTOR</b>	5.0 HP
<b>SUCCIÓN DE AIRE</b>	HORIZONTAL
<b>DESCARGA DE AIRE</b>	VERTICAL
<b>FILTRACIÓN</b>	35%, 65% Y 95%
<b>CAPACIDAD TOTAL DE ENFRIAMIENTO DX</b>	268.000 BTU/H (DX) Actuales
<b>CAPACIDAD SENSIBLE DE ENFRIAMIENTO DX</b>	134.000 BTU/H
<b>TEMPERATURA DE ENTRADA DEL AIRE EN LA UMA</b>	95.7°F DB / 71.6°F WB
<b>TEMPERATURA DE SALIDA DEL AIRE EN LA UMA</b>	52.59°F DB / 95% HR
<b>ALIMENTACIÓN</b>	208-3-60
<b>PESO</b>	560 KG

## **2. VENTILADORES DE EXTRACCIÓN**

Actualmente la universidad cuenta con dos (2) ventiladores modelo Vector VK-H-9-6 que serán utilizados para conformar uno de los sistemas de extracción, también, se cuenta con un ventilador marca Greenheck modelo SF-6 el cual será utilizado para la extracción de aire en el área del autoclave

El ventilador nuevo a suministrar de extracción será del tipo centrífugo con descarga vertical a 45°, el rotor deberá ser del tipo Aletas Curvas Adelante, Aletas Planas o Airfoil, de acuerdo a los requerimientos de presión estática requerida. Deberán ser balanceados estática y dinámicamente en fabrica.

Los ventiladores tendrán motores eléctricos marca SIEMENS de alta eficiencia y/o similares aprobados, y rodamientos de primera calidad igual o similar aprobado a SKF. El eje será fabricado en acero 4140, la transmisión será por correas dentadas y poleas con buje QD.

La carcasa será fabricada en lámina de acero CR o HR, de acuerdo al espesor calculado para el tamaño de cada equipo. El terminado deberá ser con pintura al horno especial para trabajo exterior.

<b>IDENTIFICADOR</b>	VE-01, VE-02
<b>CAUDAL</b>	840 CFM
<b>PRESION ESTÁTICA</b>	3.0 inwg
<b>MOTOR</b>	3.0 HP
<b>SUCCIÓN DE AIRE</b>	VERTICAL
<b>DESCARGA DE AIRE</b>	45° VERTICAL
<b>ALIMENTACIÓN</b>	208-3-60
<b>PESO</b>	140 KG

<b>IDENTIFICADOR</b>	VE-03
<b>CAUDAL</b>	2340 CFM
<b>PRESION ESTÁTICA</b>	1.0 inwg
<b>MOTOR</b>	1.5 HP
<b>SUCCIÓN DE AIRE</b>	HORIZONTAL
<b>DESCARGA DE AIRE</b>	VERTICAL a 45°
<b>ALIMENTACIÓN</b>	208-3-60
<b>PESO</b>	140 KG

### 3. EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO

El fabricante del sistema, supervisará la puesta en marcha y arranque de todos los equipos del sistema. Se suministrarán e instalarán donde lo indican los planos, sistemas de Aire Acondicionado del tipo de expansión directa, para trabajar con Refrigerante 410<sup>a</sup>. Estos equipos deberán contar con la protección anticorrosiva.

Marcas De Referencia:

- LG
- SAMSUNG
- YORK

#### Capacidad:

La selección de las unidades evaporadoras y condensadoras deberá realizarse para la altura de la ciudad de Ibagué, con las condiciones de longitud y accesorios de las redes de refrigeración, y con las diferencias de altura entre las unidades evaporadoras y condensadoras, para cumplir con capacidades anotadas más adelante.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página <b>23</b> de <b>37</b>	

### Unidades Condensadoras

Las Unidades Condensadoras serán del tipo expansión directa o split, tendrán los gabinetes de material resistente a la corrosión. Los gabinetes tendrán en el frente persianas estampadas para proteger el serpentín condensador y facilitar el mantenimiento. Al retirar el panel frontal se dará fácil acceso a las instalaciones de control, compresor, motor del ventilador, válvula solenoide, etc. Sin afectar el normal funcionamiento de la unidad.

El equipo deberá tener facilidades para que se pueda realizar la limpieza del serpentín del condensador.

#### Condensador:

El condensador será enfriado por aire, del tipo de intemperie, el cual consistirá básicamente de serpentín de condensación construido en tubería de cobre con aletas, ventiladores helicoidales para descarga horizontal o vertical, con su respectivo motor.

#### Compresores:

La unidad condensadora se suministrará con compresores Scroll, con protección interna de alta temperatura. Los compresores estarán montados sobre soportes aisladores de vibración y las conexiones de refrigerante permitirán la flexibilidad requerida sin sufrir daño.

En las conexiones del refrigerante, se tendrán uniones soldadas a fuera del gabinete. Tendrá válvulas de servicio en las líneas de succión y de líquido.

La capacidad ofrecida para las Unidades Condensadoras, será comprobada por catálogo para las condiciones especificadas.

Adicionalmente, el oferente deberá entregar las siguientes tablas diligenciadas para verificar la oferta realizada:

<b>IDENTIFICADOR</b>	UC-01, UC-02, UC-03
<b>TIPO</b>	EXPANSIÓN DIRECTA
<b>DESCARGA</b>	VERTICAL
<b>CAPACIDAD</b>	90.000 BTU/H (ACTUALES)
<b>POTENCIA</b>	6.5 kW
<b>VOLTAJE</b>	208-3-60
<b>PESO</b>	250 KG

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 24 de 37	

#### 4. COMPUERTAS ESTANCA PARA AISLAMIENTO

Las compuertas estancas, serán redondas del tipo mariposa con aleta plana, con capacidad para ser probados en campo con prueba de decaimiento de presión mínima de 4" wg (996 Pa) y máxima de 10" wg (2490 Pa) por una hora, siguiendo los lineamientos del estándar ASME N509-2002.

La compuerta estanca será fabricada con lámina de acero galvanizado calibre 16 mínimo. La compuerta debe contar con una aleta compuesta por 2 hojas de acero galvanizado calibre 12, con una junta de silicona entre ellas para sellar contra la pared interior. Tendrá bridas en ambos lados de 1 1/2" de ancho, fabricadas en acero galvanizado, con calibre mínimo de 3/16" y orificios de montaje pretaladrados de 3/8", con juntas de neopreno de 1/4". El espaciado de los orificios de los pernos deberá garantizar la prueba de decaimiento de presión a 4" wg (996 Pa) para toda la red de ductos. La hoja de la compuerta deberá estar adecuadamente reforzada y conectada al eje, el cual tendrá un actuador manual con volante, conectado a su vez con un reductor de corona y tornillo sin fin. Las cantidades de obra especificaran la necesidad de un actuador diferente al manual.

Todas las juntas y uniones soldadas de "retención de presión" deben soldarse continuamente, sin que se permitan porosidades. Las uniones y juntas que sólo requieren soldadura de refuerzo podrán ser intermitentes (cordones). La compuerta debe estar libre de rebabas y bordes afilados. Todas las uniones soldadas y las uniones que forman parte de cualquier superficie de sellado con junta (bridas de conexión de conductos), se deben rectificar y nivelar con la base adyacente, de modo tal que se garantice perpendicularidad entre la brida y el ducto. Todas las juntas y uniones soldadas deben cepillarse para eliminar las impurezas y la decoloración por calor.



#### 5. DAMPER BALANCEO TIPO MARIPOSA

Los dámperes de balanceo tipo mariposa, identificados en los planos como DB, serán redondos del tipo mariposa con aleta plana. Será fabricada con lámina de acero galvanizado calibre 18 mínimo. La compuerta debe contar con una aleta AISI 304 2B calibre 16. La hoja de la compuerta deberá estar adecuadamente reforzada y conectada al eje, el cual tendrá una llave de acción manual.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 25 de 37	

Todas las juntas y uniones soldadas de "retención de presión" deben soldarse continuamente, sin que se permitan porosidades. Las uniones y juntas que sólo requieren soldadura de refuerzo podrán ser intermitentes (cordones). La compuerta debe estar libre de rebabas y bordes afilados. Todas las juntas y uniones soldadas deben cepillarse para eliminar las impurezas y la decoloración por calor. La construcción del dämper deberá garantizar la prueba de decaimiento de presión a 4" wg (996 Pa) para toda la red de ductos

## **6. DAMPER DE CIERRE POR GRAVEDAD**

---

Se suministra e instalan en donde indiquen los planos dämper de cierre por gravedad construidos en lámina galvanizada, sin motor ni sensor, accionado por la misma presión del aire que lo atraviesa, cuando el sistema es apagado, las aletas deberán cerrarse evitando así el flujo de aire en sentido contrario al diseñado.

## **7. DAMPER DE ALIVIO**

---

Se suministrarán e instalarán en donde indiquen los planos dämper de alivio por contrapeso construido en lámina de acero galvanizado. El mecanismo del contrapeso deberá ser regulable que garantice su apertura solo cuando la compuerta estanca de sello positivo se cierre, liberando la presión excesiva producida.

## **8. CONDUCTOS DE AIRE**

---

El CONTRATISTA construirá e instalará todo el sistema de conductos en lámina galvanizada, de acuerdo con los planos del proyecto, para lo cual suministrará todos los materiales que puedan ser necesarios para su instalación y pruebas, ciñéndose a las siguientes especificaciones de materiales y montaje:

### **Protección Conductos:**

Durante la ejecución de la obra el contratista sellará los conductos prefabricados en sitio, los instalados y verificará la limpieza de la lámina.

### **Construcción**

Se empleará lámina lisa de acero inoxidable calibre 18 de primera calidad para los ductos de extracción del laboratorio BSL-3 tal y como se detallan en los planos. Las uniones longitudinales y transversales serán totalmente soldadas, incluidos los ductos circulares, rectangulares y las piezas de conexión. En caso de requerirse bridas, para facilidad de instalación, pruebas, conexión de accesorios y elementos complementarios, éstas serán de 1 1/2" de ancho, fabricadas platina de acero inoxidable, con calibre mínimo de 3/16" y orificios de montaje pretaladrados de 3/8", con empaque elastomérico

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página <b>26</b> de <b>37</b>	

de 1/8". El espaciado de los orificios de los pernos deberá garantizar la prueba de decaimiento de presión a 2" wg (498 Pa) durante una hora. Todas las soldaduras serán pintadas con aluminio anticorrosivo, interior y exteriormente.

Para el suministro del laboratorio BSL-3 se empleará lámina lisa de acero galvanizado calibre 18 de primera calidad tal y como se detallan en los planos. Las uniones longitudinales y transversales serán totalmente soldadas, incluidos los ductos circulares, rectangulares y las piezas de conexión. En caso de requerirse bridas, para facilidad de instalación, pruebas, conexión de accesorios y elementos complementarios, éstas serán de 1 1/2" de ancho, fabricadas platina de acero inoxidable, con calibre mínimo de 3/16" y orificios de montaje pretaladrados de 3/8", con empaque elastomérico de 1/8". El espaciado de los orificios de los pernos deberá garantizar la prueba de decaimiento de presión a 2" wg (498 Pa) durante una hora. Todas las soldaduras serán pintadas con aluminio anticorrosivo, interior y exteriormente.

Para el laboratorio BSL-2 se empleará lamina de acero galvanizado de primera calidad, la selección del calibre será de acuerdo con el manual SMACNA - Commercial Duct Design, especificando el lado mayor o diámetro, tipo de unión y/o refuerzo y longitud de la pieza. Así mismo, se debe tener en cuenta que el parámetro a evaluar será el espesor de la lámina, mas NO el calibre como tal, ya que este varía según el país de fabricación.

#### Lámina

Se empleará lámina lisa de acero galvanizado de primera calidad, de acuerdo con los calibres que se enumeran enseguida. En ningún caso se aceptará el empleo de lámina galvanizada que muestre deterioro de sus condiciones en los dobleces o quiebres.

- Calibre 24 (0.55mm de espesor, 4.7 kg/m<sup>2</sup>): Conductos cuyo lado mayor en su sección transversal sea menor de 30".
- Calibre 22 (0.7mm de espesor, 5.55 kg/m<sup>2</sup>): Conductos cuyo lado mayor en su sección transversal este comprendido entre 31" y 44".
- Calibre 20 (0.9mm de espesor, 7.05 kg/m<sup>2</sup>): Conductos cuyo lado mayor en su sección transversal este comprendido entre 45" y 60".

Todos los conductos serán construidos de acuerdo a normas SMACNA en lo referente a uniones transversales tipo S-Slip y Bar-Slip y a las uniones longitudinales tipo Pittsburgh, así como los soportes de las piezas de transición, codos y demás. La construcción de los conductos será hecha de forma tal que los escapes de aire se reduzcan al mínimo para lo cual las uniones transversales y longitudinales tendrán su correspondiente sellante. Los conductos serán soportados con tiras de lámina galvanizada calibre 22 (Strap).

#### Codos

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 27 de 37	

Todos los codos deberán tener radio interior igual o mayor al lado del conducto; donde por dificultades de espacio no pueda obtenerse este radio mínimo, podrán instalarse codos sin radio, siempre y cuando sean provistos de deflectores, de construcción igual a la indicada por SMACNA

#### Piezas de Transición

Las piezas de transición entre conductos de secciones diferentes, serán hechas con pendientes que no excedan 1 a 5 en cualquier cara del conducto y preferiblemente 1 a 7 donde ello sea posible.

Dentro del valor unitario de cada kilogramo de lámina se encontrará incluido además de los conductos, los refuerzos, soportes como pie amigos y demás, colgantes, sellantes, tornillos, remaches, tiros de anclaje, transportes e instalación en obra.

#### Cantidades De Obra

Para definir las cantidades de obra de conductos en acero inoxidable instalados, el contratista debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- a) La unidad para los precios unitarios de ductos redondos es metro lineal.
- b) La unidad para los precios las piezas redondas, tales como codos, semicodos, conexiones en "Y", conexiones en "T", transiciones, es la unidad.
- c) La unidad para los precios unitarios de ductos rectangulares es metro cuadrado.
- d) El valor unitario dado por el contratista deberá incluir el costo de los refuerzos, soportes como pie de amigos y demás, colgantes, desperdicio, tapas para las pruebas, andamios y en general todos los elementos necesarios para una correcta instalación.

Para definir las cantidades de obra de conductos en lamina galvanizada instalados, el contratista debe tener en cuenta los siguientes puntos:

La unidad para los precios unitarios de conductos es el kilogramo.

Se entiende que son los kilogramos geométricos netos de lámina galvanizada instalada, cuyo valor se obtiene del producto entre del área del ducto y el peso por unidad de área correspondiente al calibre empleado, según las indicaciones anteriores.

El valor unitario dado por el contratista deberá incluir el costo de los refuerzos, soportes como pie de amigos y demás, colgantes, desperdicio, andamios y en general todos los varios, así como la labor de fabricación, transporte y montaje.

El área se calculará de acuerdo con los siguientes parámetros:

Tramos rectos: Simplemente el producto del perímetro de la sección por su longitud.

Transiciones: Longitud de la transición por el perímetro mayor.

Codos: Perímetro de la sección multiplicado por la suma de las proyecciones ortogonales de los ejes.

**Cada uno de los ductos y accesorios deberá llegar a la obra con sus respectivos extremos totalmente sellados con plástico, adicionalmente se deberá limpiar completamente el interior de estos antes de su instalación. Los extremos de los ductos permanecerán sellados hasta la culminación de la instalación, así estos se encuentren ya instalados, evitando a toda costa el ingreso de suciedad a la red de ductos.**



## **9. AISLAMIENTO CONDUCTOS**

Se instalará aislamiento térmico exterior en los ductos de suministro de aire y extracción, fabricado en espuma igual o similar al Yumbolon con un espesor total de 1 pulgada. El aislamiento deberá fijarse con elementos mecánicos o un sistema de suspensión apropiado y cualquier rotura o perforación del acabado de ser repara para evitar la pérdida de la barrera de vapor. El aislamiento deberá cumplir una conductividad térmica menor a 0.041 W/m°C.

**NOTA: Los ductos expuestos la intemperie, deberán ser protegidos con una chaqueta de aluminio con su respectiva protección anticorrosiva que evite la abrasión de esta debido a la cercanía al mar del proyecto.**

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 29 de 37	

## 10. DIFUSORES DE SUMINISTRO

Se suministrarán e instalarán en donde indiquen los planos difusores de suministro de 3 o 4 vías. Serán fabricados en aluminio con sus uniones soldadas. Los difusores deberán garantizar un sello hermético al momento de su instalación en el cielo falso.



## 11. ELEMENTOS TERMINALES DE FLUJO LAMINAR

Se suministrarán y ubicarán en donde indiquen los planos, elementos terminales microperforados. Serán construidos en acero galvanizado de primera calidad para el laboratorio BSL2, con sus uniones soldadas, dispondrán de malla microperforada. Deberá mantener un sello hermético en su perímetro cuando este sea ubicado sobre el cielo falso. Contará con brida para acople a la red de ductos.



## 12. ELEMENTOS TERMINALES CON FILTROS HEPA

Se suministrarán y ubicarán en donde indiquen los planos, elementos terminales microperforados, con filtros HEPA (99,97 @ 0,3  $\mu\text{m}$ ) de 2  $\frac{3}{4}$ " de espesor. Serán construidos en acero inoxidable 304

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 30 de 37	

2B, con sus uniones soldadas, dispondrán de malla microperforada desmontable para acceso al cambio del filtro desde el lado de la sala. Deberá mantener un sello hermético en su perímetro cuando este sea ubicado sobre el cielo falso. Contará con brida para acople a la red de ductos y manómetro análogo para la medición del nivel de saturación del filtro que se pueda observar desde la sala.



### 13. TUBERÍA DE COBRE

Se suministrará e instalará tubería de cobre sin costura, tipo L, con accesorios de cobre para soldar, para instalar las líneas del circuito de Refrigeración, utilizándose soldadura de plata para todas las uniones.

Adicionalmente se suministrarán todos los accesorios, trampas de aceite, uniones especiales, etc. que puedan ser requeridos para la correcta operación de los sistemas.

#### **Aislamiento:**

Toda la red de refrigeración deberá contar con aislamiento térmico flexible de espuma elastómerica (rubatex) con una conductividad térmica menor  $0.040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  y resistencia a la difusión del vapor de agua mayor a 700. Los soportes utilizados deberán proteger el aislamiento.

#### **Planos:**

Los diámetros de las redes son indicativos y deben servir de pauta en cuanto a distribución y rutas, El proveedor de los equipos, debe calcularlas y acomodarlas de acuerdo con el equipo que suministre propia de la marca, y en consecuencia elaborará planos detallados de las redes a instalar, los cuales deberán ser aprobados por el interventor o la dirección de la obra, antes del inicio de los trabajos.

Los planos y accesorios necesarios para la correcta operación de los sistemas, deberán ser avalados por el Fabricante de los Equipos.

#### **Metro Lineal Tubería:**

Es el suministro de toda la red de refrigeración de cada sistema, incluyendo tuberías de líquido y succión, aislamiento de esta última, codos, semicodos, tees, reducciones, accesorios, elementos para

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 31 de 37	

uniones, soportes y mano de obra, así como el valor del nitrógeno, la herramienta y equipo necesario para instalar las redes, de tal forma que en obra se medirán únicamente los metros lineales realmente instalados, por sistema.

#### **14. CONDUCCIONES CABLEADAS DE CONTROL**

***Todas las instalaciones eléctricas y de control se encuentran sujetas a las Normas RETIE - ICONTEC vigentes y estipuladas para cada tipo de aplicación.*** Toda la tubería deberá estar libre de imperfecciones, defectos superficiales interiores o exteriores y será recta a simple vista, de sección circular y espesor de pared uniforme, tipo EMT para todas las instalaciones interiores y tipo IMC para las exteriores. Se aceptan canaletas eléctricas tipo cablofill o similar aprobado.

En las conexiones a equipos sometidos a vibración se exigirá la utilización de conduit metálico flexible, construido en acero con recubrimiento de polietileno ó PVC, utilizando los accesorios de unión adecuados. En general, debe cumplir con los requerimientos exigidos en la norma NTC 2050.

Los radios de curvatura de los tubos estarán de acuerdo con los valores indicados en la tabla 346-10 del Código Eléctrico Nacional- Norma NTC 2050, y las curvas serán uniformes, simétricas, sin hundimientos y sin ranuras o grietas. Las curvas realizadas en la obra se harán con equipos y herramientas adecuadas.

En un solo tramo de tubería no se permitirán más del equivalente a tres curvas de 90 grados (360 grados en total), incluyendo las curvas necesarias a la salida y entrada de las cajas localizadas en los extremos de la tubería.

El Contratista protegerá las tuberías para evitar la entrada de agua o de cualquier otro material que pueda obstruirlas o dañarlas, mientras se construye la obra y hasta la puesta en servicio de las instalaciones. Si un tramo de tubería se obstruye, el Contratista lo limpiará y de ser necesario lo reemplazará.

La llegada de la tubería a las cajas metálicas debe estar provista de los accesorios necesarios para evitar el deterioro del cable al instalarse.

Para la red de control se utilizará el tipo de cable recomendado por los fabricantes de los controladores y los sensores, con su correspondiente blindaje y apantallamiento, de ser necesario. Para el cableado de fuerza, será responsabilidad del contratista establecer el calibre de acuerdo a los consumos y distancias de la instalación.

#### **15. SENSORES DE TEMPERATURA**

Se suministrarán e instalarán en los cuartos y ductos que indiquen los planos, sensores de temperatura con una resolución no menor a 0.12°C (0.29°F) con una estabilidad de lectura mínima de 5 años.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 32 de 37	

Los sensores de temperatura en cuarto serán instalados en pared con su respectiva base de aislamiento, el elemento encargado de la medición directa de temperatura deberá ser resistivo fabricado en platino (RTD) o de circuito integrado con un margen de calibración +/- 5°C.

Los sensores instalados en ducto deberán contar con su respectiva cada de conexiones eléctricas debidamente selladas que eviten fugas o filtraciones del aire en el ducto, la sonda del sensor deberá ser del tipo acero inoxidable 316. El elemento encargado de la medición directa de temperatura deberá ser resistivo fabricado en platino (RTD) o de circuito integrado.

Los transmisores de temperatura deberán entregar una señal análoga de 4-20 mA que sea linealmente proporcional al rango de temperatura de medición. Así mismo tendrán la posibilidad de ajustar el punto cero.

## **16. SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA**

---

Se suministrarán e instalarán en donde indiquen los planos, sensores de humedad relativa con salida análoga de 4-20 mA, cumpliendo como mínimo las siguientes especificaciones:

- Rango de medición: 0-100 %
- Precisión no menor al 2%
- Estabilidad de la medición: menor al 1% por año.

## **17. SENSORES DE PRESIÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDAL**

---

Incluirán transmisores de presión estática o diferencial de presión estática y dinámica, con una precisión de ajuste no menor al 1% del rango total de medición para presión estática, y 0.25% para velocidad de aire.

## **18. TABLEROS ELÉCTRICOS**

---

El CONTRATISTA suministrará para ser instalado en el cuarto eléctrico, un centro de control de motores, condensadoras y fancoils, de alimentación trifásica y distribución de acuerdo al tipo de equipos, fabricado según se indique, formado por secciones verticales de servicio sencillo, teniendo cerrados totalmente todos sus lados, incluyendo el piso.

### **Accesorios:**

Cada centro de control tendrá compuerta para acceso frontal y operación por medio de botones de control y luces piloto. Los centros incluirán todos sus barrajes, guarda motores, arrancadores magnéticos para cada motor, botones de accionamiento y luces piloto correspondientes al sistema

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 33 de 37	

completo, regletas o borneros terminales para control y fuerza, alambrado interno de interconexión y todos los letreros indicativos del caso en baquelita o similar.

**Barrajes:**

Los barrajes de la línea de fuerza, serán de platina rígida de cobre electrolítico, con capacidad de carga continua no inferior a 200 Amperios, el cual será calculado teniendo en cuenta densidades de corriente no mayores a 1000 Amperios por pulgada cuadrada de sección transversal.

Los barrajes serán soportados por medio de fibra aislante de alto poder dieléctrico y baja higroscopicidad y su construcción proveerá características mecánicas y térmicas para soportar sin sufrir cambio, corrientes de corto circuito hasta de 25.000 Amperios RMS. Los barrajes tendrán frente muerto con Acrílico para protección. Los terminales de conexión a los barrajes serán ponchados. Adicionalmente el tablero tendrá barra de tierra y barra de neutro.

**Tableros TA:**

Fabricado según especificaciones NEMA, Tipo 1, para instalación interior del tipo de sobreponer en la pared.

Fabricado según especificaciones NEMA, Tipo 3, para instalación exterior

Dimensiones de acuerdo a las necesidades del tablero dejando espacio suficiente para ingresar la acomoda y la conexión de los cables.

**Lámina:**

El cofre será construido en lámina Cold Rolled Calibre 14. Tendrá puerta desmontable. La bandeja de montaje será construida en lámina galvanizada Calibre 16.

La puerta tendrá chapa con llave y empaquetaduras.

La lámina de acero será sometida a tratamientos químicos para lograr máxima adhesión a la pintura y evitar la corrosión.

**Planos:**

El CONTRATISTA someterá a aprobación del INTERVENTOR planos detallados de construcción de estos centros de control y de sus interconexiones eléctricas. Adicionalmente el tablero será suministrado con copia de los planos.

**Capacidad Motores:**

Los motores especificados para cada servicio corresponden a la mínima capacidad aceptable, pero si el CONTRATISTA no los considera suficientes, deberá suministrar los adecuados para los equipos

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 34 de 37	

que está ofreciendo y en consecuencia modificará los elementos de protección y conducción especificados.

El tablero deberá incluir las protecciones y contactores necesarios para la operación de las resistencias eléctricas instaladas en las redes de ductos, y la UMA-01.

## **19. SISTEMA DE CONTROL**

---

Se dispondrá de un control central tipo BacNet, incluyendo el software, llave de programación y monitoreo. El sistema de control deberá garantizar el correcto funcionamiento del laboratorio bajo los escenarios de falla que se presentan en el plano VM-09, asegurando los criterios planteados en el plano VM-01 y en los *Criterios de Diseño*, también deberá estar enfocado al consumo eficiente de energía manteniendo el confort dentro del laboratorio.

El sistema de control deberá contemplar como mínimo los siguientes parámetros de operación:

### **Sistema de Extracción:**

- Señal de arranque y estado de los 4 ventiladores de extracción.
- Confirmación de flujo de aire en los sistemas de extracción.
- Nivel de saturación en el Panel BIBO
- Caudal de extracción.
- Comunicación con la Unidad Manejadora

### **Sistema de Suministro:**

- Señal de arranque y estado del ventilador de la Unidad Manejadora.
- Confirmación de flujo de aire en el sistema de Suministro.
- Nivel de saturación de los filtros en la Unidad Manejadora.
- Caudal de suministro.
- Comunicación con los ventiladores de extracción.
- Accionamiento y posición de la compuerta estanca.
- Temperatura y Humedad del aire en la succión de la unidad manejadora.
- Temperatura y humedad del aire en la descarga de la unidad manejadora.
- Temperaturas de inyección del aire en cada uno de los ramales.
- Accionamiento de las resistencias eléctricas en ducto.
- Señal de arranque y paro del sistema de refrigeración por expansión directa, encendido de unidades condensadoras en secuencia.
- Señal de arranque y paro del sistema de pre-enfriamiento por agua fría, encendido y apagado de bombas de recirculación de agua.
- Estado de la unidad manejadora para encendido de las bombas de agua fría y unidades condensadora.
- Confirmación de flujo de agua en el sistema de recuperación de energía.

	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 35 de 37	

- Apertura y cierre de válvulas ON/OFF en los serpentines, tanto de calefacción en la extracción como de enfriamiento en el suministro.
- Temperatura del agua en el circuito.
- Estado de las bombas del sistema de agua fría.

### Áreas contenidas

- Diferencial de presión en las puertas en donde se indique según los planos.
- Confirmación del estado del diferencial de presión.
- Temperatura de los espacios en donde lo indiquen los planos.
- Humedad de los espacios en donde lo indiquen los planos.
- Encendido de la señal de alarma visual y sonora.

### 19.1. Biocontención

El control centralizado deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Asegurar flujo de aire unidireccional, manteniendo los diferenciales de presión propuestos en el diseño.
- Evitar bajo todos los escenarios de operación la inversión del flujo de aire
- Evitar sobre presión negativa, que afecte la salud de los usuarios.
- Garantizar el mínimo de caudal de aire para cumplir con los cambios de aire por hora y confort térmico dentro del laboratorio.

Así mismo, el sistema de control deberá garantizar los objetivos anteriormente planteados bajo los siguientes escenarios, realizando las respectivas pruebas que aseguren su cumplimiento.

- Operación normal hacia Energía de Emergencia
- Energía de emergencia hacia operación normal.
- Pérdida de ventilador de suministro y restauración
- Pérdida de ventiladores de extracción (individualmente y en simultáneo), y restauración.
- Pérdida total de UPS del sistema de control y restauración de esta.
- Pérdida total de comunicación del sistema de control y restauración.

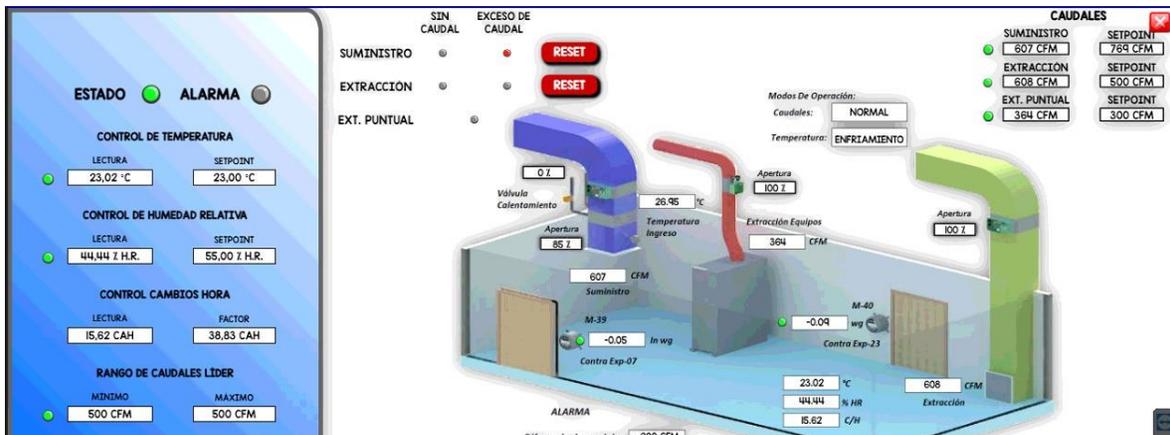
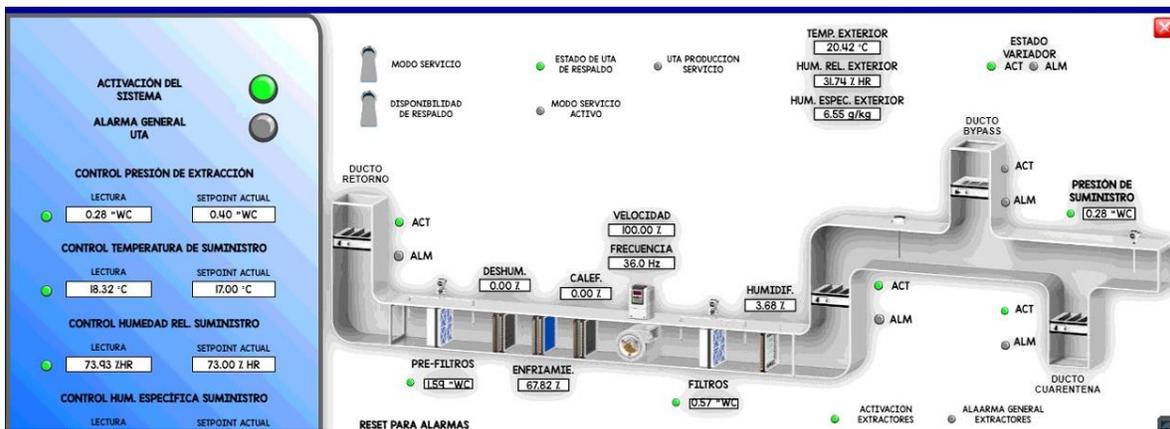
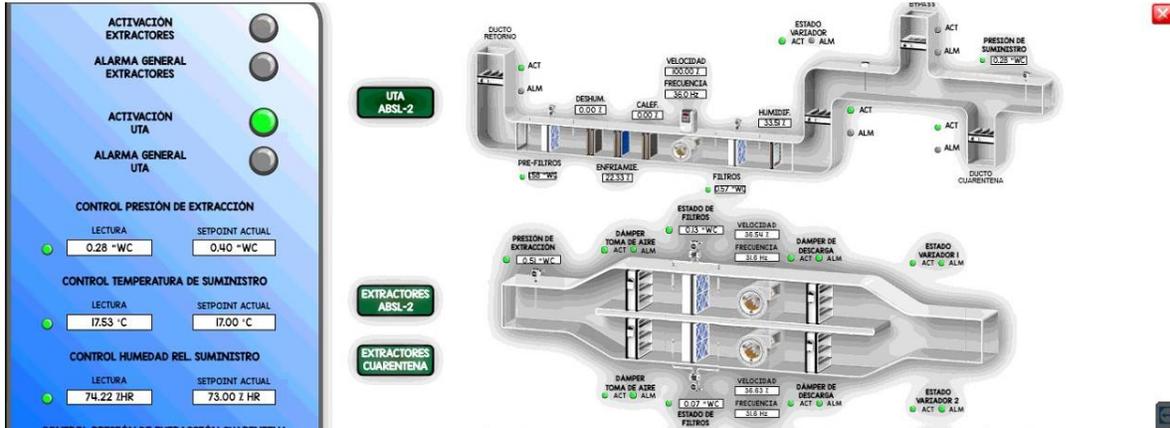
### 19.2. Confort Térmico

Con el objetivo de garantizar el confort térmico en todas las áreas, se controlará el encendido de la unidad condensadora VRF de acuerdo a las condiciones interiores del laboratorio.

No se permitirá modificación del SET POINT de temperatura dentro de las áreas, este parámetro será establecido desde el controlador central ubicado en el cuarto técnico del edificio.

### 19.3. Interfaz grafica

Se deberán elaborar las correspondientes pantallas gráficas, tal y como se indica en las siguientes imágenes, incluyendo cómo mínimo:



	<b>ESPECIFICACIONES DISEÑO SISTEMA HVAC</b>	FECHA DE VIGENCIA: 2022-03-13	V. 02
	<b>LABORATORIO BSL2 BSL3</b>	Página 37 de 37	

Pantalla principal para dar acceso a cada uno de los espacios del laboratorio

Plano del espacio, detallando la temperatura del cuarto, estado de la resistencia de calefacción, temperatura de suministro de aire y diferencial de presión en la puerta en donde se especifique transmisor de presión.

Pantalla individual para control de variables de los equipos mecánicos, tales como la unidad manejadora, ventiladores de extracción, unidades condensadoras y sistema de agua fría.

El CONTRATISTA suministrará todo el cableado requerido por el sistema de control, así como sus conducciones hasta el control central y el tablero para protección e instalación del mismo. El PC que trabajará como servidor será suministrado por el contratista.

## **20. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO**

El CONTRATISTA suministrará mano de obra altamente especializada para efectuar el montaje completo de los equipos de Aire Acondicionado y hacer las conexiones eléctricas finales de los mismos. Se anexarán los certificados emitidos por el fabricante donde se avale el personal propuesto.

### **Prueba Fugas:**

Al equipo de Refrigeración se le harán las pruebas necesarias para asegurar su hermetismo de acuerdo a la presión sugerida por el fabricante, se evacuará y deshidratará, debiéndose obtener el vacío con el valor recomendado igualmente por el fabricante, antes de ser cargado con Refrigerante.

### **Ajuste y Balanceo:**

El CONTRATISTA balanceará y ajustará los sistemas de distribución de aire como sigue:

- Examinará los sistemas de manejo de aire con el objeto de determinar que están libres de obstrucciones.
- Demostrará que los equipos de aire trabajan de acuerdo con lo especificado por la NEBB (National Environmental Balancing Bureau) séptima edición del 2005
- Ajustará las compuertas de volumen y control donde sea necesario.
- Ajustará las compuertas de difusores y rejillas de distribución de aire. Cada difusor, rejilla o unidad terminal suministrará o retirará la cantidad de CFM especificada en la forma dispuesta.
- Acordará los procedimientos del balanceo y los formatos que usará para la presentación de los resultados.

El contratista seleccionado deberá demostrar ante la interventoría y ante el cliente final el correcto funcionamiento del sistema de control propuesto, no sólo en operación normal, sino en todos los escenarios de falla descritos anteriormente. Si el proyecto llegase a contar con el proceso de comisionamiento, el contratista deberá estar presente durante toda la verificación del sistema, y estará en la obligación de hacer los ajustes pertinentes, con el fin de obtener los resultados deseados.