

Diseño del sistema de climatización para la sala de quirófano de la Clínica Nuestra Señora de Torcoroma; ubicada en el municipio de Ocaña norte de Santander bajo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 6460:2020.

Anuar Mauricio Pacheco Arias

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Ingeniería de Refrigeración y Climatización

Director

Carlos Fidel Amaris Castilla

Ingeniero Mecánico, MSc, PhD.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Ingeniería de Refrigeración y Climatización

Bucaramanga

2025

## **Agradecimientos**

### A Dios

Por haber permitido cumplir este logro llamado “Mi Sueño Verde” de ser Egresado UIS dotándome siempre de mucho entendimiento y sabiduría para alcanzar mis logros y objetivos.

Por todas las cosas buenas y bendiciones que nos da en toda la vida.

### A mi Madre

Porque siempre fue la que estuvo presente durante toda la etapa de estudio en la universidad, por apoyarme en todo momento y convertirse en ese pilar fundamental en mi vida que, a pesar de todas las adversidades presentadas, siempre encontraba una palabra de aliento y motivación para nunca desfallecer, pero más que nada, por su amor incondicional en todo momento.

### A la universidad (UIS)

A mis profesores e Ingenieros que fueron una parte fundamental e importante en este proceso donde me brindaron todo el conocimiento y aprendizaje para formarme como especialista y el agradecimiento a todo el personal de la especialización que siempre estuvo atento, desde el día uno hasta el día de hoy; suministrando toda la información necesaria del programa.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Formulación del Problema.....	11
1.1 Planteamiento del Problema .....	11
1.2 Pregunta de investigación .....	12
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo General.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. Justificación .....	14
4. Análisis de la Literatura Recopilada .....	15
4.1 Marco Teórico.....	15
4.1.1 Acondicionamiento de aire en las instalaciones hospitalarias .....	15
4.1.2 Objetivos del sistema de climatización.....	16
4.1.3 Exigencias higiénicas y fisiológicas de cada zona en instituciones hospitalarias .....	16
4.1.3.1 Bienestar térmico .....	16
4.1.3.2 Temperatura del aire ambiente.....	17
4.1.3.3 Corrientes de aire .....	17
4.1.3.4 Humedad relativa.....	17
4.1.3.5 Nivel de ruido .....	17
4.1.2 Calidad de aire en Quirófanos.....	18
4.1.2.1 Limpieza del aire.....	18
4.1.2.2 Recirculación de aire entre locales. ....	19

4.1.3 Clasificación quirófano según UNE 100713:2005 .....	21
4.1.4 Clasificación de quirófanos UNE-EN ISO 14644 .....	21
4.1.5 Clasificación hospitalarias según su criticidad de riesgo.....	22
4.1.6 Distribución y exigencias en cada zona del sector del hospital .....	23
4.2 Marco conceptual.....	24
4.3 Marco Legal .....	26
5. Diseño del Sistema de Climatización .....	27
5.1 Cálculo de Cargas Térmica del Recinto.....	28
5.2 Sistema de ductos de suministro .....	40
5.3 Sistema de ductos de retorno y extracción de aire .....	44
5.4 Selección de Difusores y Rejillas de Retorno.....	47
5.4.1 Selección de Difusores.....	47
5.4.2 Selección de Rejillas de retorno.....	48
5.3 Selección de Equipos .....	49
6. Conclusiones.....	55
Referencias Bibliográficas .....	57

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Parámetros Termo-Higrométricos. ....	17
Tabla 2 Límites máximos de presión Sonora.....	18
Tabla 3 Filtración del aire.....	19
Tabla 4 Clasificación de quirófanos. ....	21
Tabla 5 Comparación clasificación de quirófanos UNE100713 & EN ISO 14644-1. ....	22
Tabla 6 Niveles de riesgo en zonas de ambiente controlados.....	23
Tabla 7 Requerimientos en la climatización para el hospital. ....	23
Tabla 8 Inventario del Sistema de Iluminación Quirófano Sala 1. ....	35
Tabla 9 Inventario de Equipos Quirófano Sala 1.....	35
Tabla 10 Resumen de Carga térmica del Recinto.....	38
Tabla 11 Especificaciones de la línea de suministro de aire.....	41
Tabla 12 Especificaciones Técnicas de accesorios de la línea de suministro.....	42
Tabla 13 Caída de presión en la línea de suministro de aire.....	43
Tabla 14 Caída de Presión en el sistema de suministro de aire. ....	43
Tabla 15 Especificaciones de la línea de extracción de aire.....	44
Tabla 16 Especificaciones Técnicas de accesorios de la línea de Retorno.....	45
Tabla 17 Caída de Presión en el sistema de Retorno de aire. ....	45
Tabla 18 Dimensionamiento de sistema de ductos de suministro y retorno.....	47
Tabla 19 Criterios de Solicitud de Manejadoras Especiales de Aire. ....	50

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Sentidos del flujo de aire en las zonas del quirófano. ....	20
Figura 2 Condiciones de diseño de la sala de cirugía 1. ....	29
Figura 3 Perfiles de Operación dentro de la sala. ....	30
Figura 4 Datos generales del proyecto de la sala de cirugía. ....	31
Figura 5 Datos generales de diseño de la sala de cirugía.....	32
Figura 6 Particiones constructivas en la sala de cirugía. ....	33
Figura 7 Plano Sala de cirugía quirófano 1.....	34
Figura 8 Datos del recinto quirófano sala 1. ....	34
Figura 9 Datos de Caudal de aire impulsado en la sala de cirugía. ....	36
Figura 10 Datos de la unidad de tratamiento de aire. ....	37
Figura 11 Distribución de Carga Térmica de la sala de cirugía.....	38
Figura 12 Psicrometría de la sala de cirugía. ....	39
Figura 13 Parámetros de diseño para la línea de suministro de aire. ....	40
Figura 14 Condiciones Iniciales para la selección de la línea de suministro de aire. ....	41
Figura 15 Diagrama de distribución de línea de suministro y retorno de aire.....	46
Figura 16 Difusor de flujo laminar con filtro HEPA. ....	48
Figura 17 Rejilla de Retorno con dámper modelo L-RF -OB. ....	49
Figura 18 Cotización Unidad Manejadora de aire exterior.....	52
Figura 19 Unidad Manejadora para aire exterior.....	53
Figura 20 Ficha técnica del Ventilador de la unidad manejadora de aire. ....	54

## Glosario

**Acondicionamiento de aire:** es el proceso de tratar el aire para cumplir con los requisitos de un espacio acondicionado mediante el control de su temperatura, humedad, limpieza y distribución.

**Carga Térmica:** energía térmica que puede transferirse a un cuerpo o espacio a unas condiciones de temperatura y caudal másico.

**Climatización:** efecto de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, presión y calidad de aire necesarias para el bienestar de las personas y/o conservación de las cosas.

**Flujo Unidireccional:** flujo de aire filtrado a través de un plano de corte de la zona crítica de un ambiente controlado con una velocidad casi uniforme y dirección de desplazamiento casi paralela.

**Norma Técnica:** documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices para los procesos, cuya observación no es obligatoria.

**Red de Distribución:** conjunto de conducciones (conductos de tubería) que transporta un fluido entre una central y las unidades terminales.

**Sala de Operaciones (quirófano):** sala especialmente equipada para la realización de operaciones quirúrgicas, construida de tal modo que se minimice la introducción de la contaminación desde el exterior y que se maximice la capacidad de la contaminación generada en el interior.

**Ventilación:** proceso de suministro de aire el cual ha sido tratado con el fin de mantener una calidad aceptable de aire interior.

## Resumen

**Título:** DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA LA SALA DE QUIRÓFANO DE LA CLÍNICA NUESTRA SEÑORA DE TORCOROMA; UBICADA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6460:2020. \*

**Autor:** Anuar Mauricio Pacheco Arias \*\*

**Palabras Clave:** Clínica, Quirófano, Infecciones Nosocomiales, Ventilación, Climatización, Normatividad.

### Descripción:

Al colocar en práctica el aprendizaje adquirido durante toda etapa de la especialización en ingeniería de refrigeración y climatización en la universidad industrial de Santander y dadas las exigencias para el acondicionamiento del aire en clínicas y hospitales, se hace necesario diseñar un nuevo sistema de aire acondicionado para la sala de quirófano de la Clínica Nuestra Señora de Torcoroma ubicada en el municipio de Ocaña, Norte de Santander bajo los lineamientos de la norma técnica colombiana NTC 6460:2020, estableciendo un quirófano ISO 6 clase A.

Para lograr este objetivo se requiere de una serie de actividades, las cuales se fueron cumpliendo a cabalidad durante el proceso de diseño del sistema de climatización, permitiendo así el cálculo de la carga térmica del recinto mediante el software CHVAC ELITE, realizando visitas técnicas al lugar a acondicionar y a determinar las características constructivas del local, además de ello se logra establecer los parámetros de diseño como las condiciones climatológicas y las condiciones locativas o psicrométricas de la zona y las condiciones de diseño según normatividad vigente actual.

Seguido a esto, se logra determinar el dimensionamiento del sistema de ductos en el recinto, el cual se emplea el software VariTrane Duct Designer y por el método de longitud equivalente de igual fricción fue posible ir determinando el tamaño constructivo teniendo en cuenta el caudal y la velocidad del flujo de aire tanto en la línea de suministro como de retorno, se seleccionan los difusores y rejillas de retorno, además de ello, se determina el cálculo de la presión estática externa que el ventilador debe vencer en la unidad manejadora de aire para así seleccionar la unidad manejadora de aire de 2.5 TR, y una unidad condensadora de alta eficiencia de 2.5 TR, R-410A.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en ingeniería de refrigeración y climatización. Director: Carlos Fidel Amaris Castilla. Ingeniero Mecánico, MSc, PhD.

## Abstract

**Title:** DESIGN OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM FOR THE OPERATING ROOM OF THE NUESTRA SEÑORA DE TORCOROMA CLINIC, LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, FOLLOWING THE GUIDELINES OF THE COLOMBIAN TECHNICAL STANDARD NTC 6460:2020.\*

**Author(s):** Anuar Mauricio Pacheco Arias \*\*

**Key Words:** Clinic, Operating Room, Nosocomial Infections, Ventilation, Air Conditioning, Regulations.

### Description:

By applying the knowledge acquired throughout the specialization in refrigeration and air conditioning engineering at the Industrial University of Santander, along with the stringent air conditioning requirements for clinics and hospitals, makes it necessary to design a new air conditioning system for the operating room of the Nuestra Señora de Torcoroma Clinic, located in the municipality of Ocaña, Norte de Santander. This design will be carried out following the guidelines of the Colombian Technical Standard NTC 6460:2020, establishing an ISO 6 Class A operating room.

To achieve this objective, a series of activities were systematically carried out during the design process of the air conditioning system. These included the calculation of the thermal load of the facility using CHVAC ELITE software, conducting technical site visits to assess the characteristics of the building, and determining key design parameters such as climatic conditions, psychrometric conditions, and compliance with current regulations.

Following this, the duct system sizing for the facility was determined using VariTrane Duct Designer software. Through the equal friction method based on equivalent length, the construction size was established by considering airflow rate and velocity in both the supply and return lines. Additionally, diffusers and return grilles were selected, and the external static pressure that the fan must overcome in the air handling unit was calculated to ensure the appropriate selection of the air handling unit 2.5 TR, and a high-efficiency 3 TR condensing unit, R-410A.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Specialization in Refrigeration and Air Conditioning Engineering. Advisor: Carlos Fidel Amaris Castilla. Mechanical Engineer, MSc, PhD.

## **Introducción**

En las clínicas, aparte de todas las necesidades en cuanto a la prestación del servicio de salud, a día de hoy surge la necesidad de prestar una atención especial a las condiciones higiénicas y es por ello que en la clínica nuestra señora de Torcoroma al prestar los servicios de mediana complejidad se encuentra avalada ante el ministerio de salud como clínica de nivel 2, y es por ello que requiere realizar un diseño de un nuevo sistema de climatización de la zona de quirófanos dado a que las salas no cumplen con los requisitos o lineamientos en la normatividad colombiana vigente actual.

Lo que genera dentro de sí, una demora para la prestación del servicio, es la limpieza que se le debe hacer a cada quirófano, ya que el tiempo de demora de desinfección es lento y para ello se debe garantizar una ventilación adecuada que garantice un ambiente aséptico y de confort para los ocupantes dentro del local y esto se logra mediante las diferentes etapas de limpieza y filtración del aire, consiguiendo así mismo disminuir la presencia de agentes contaminantes presentes en el aire ambiente y que puedan representar cualquier riesgo de infección.

En este caso se hace necesario aplicar una norma al diseño de una sala de quirófano estableciendo la mayoría posible de requerimientos o parámetros que se deben cumplir en los montajes de aire acondicionado para ello se emplea la NTC 6460:2020 donde se tendrá en cuenta las recomendaciones necesarias para el diseño; sin olvidar otras normas que apoyan y orientan al diseñador a cumplir con ciertos criterios para la selección de los equipos a emplear.

## **1. Formulación del Problema**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La clínica nuestra señora de Torcoroma presta los servicios de salud de mediana complejidad mediante un modelo de atención basado en la práctica asistencial y seguridad del paciente, en el que posee una infraestructura adecuada, tecnología apropiada y el talento humano calificado; para ello presta los servicios como clínica de nivel 2 y cuenta con 7 servicios habilitados ante el MinSalud, prestando los servicios de cirugía general, ginecológica, y ortopédica, además, se realizan intervenciones quirúrgicas como lo es la cirugía plástica y estética, y junto a este paquete de servicios cirugía urológica, oftalmológica y otorrinolaringología.

Ahora bien, la clínica cuenta con dos salas de cirugía disponibles para los diferentes procedimientos quirúrgicos en los cuales durante el día se llevan a cabo un promedio de 6 cirugías distribuidas en los dos quirófanos.

Para el proceso de desinfección de las salas de cirugías se programan actividades de limpieza los días viernes de cada semana en un aproximado de 4 horas, generando así una demora en la prestación del servicio e imposibilitando la atención inmediata a los pacientes que requieren de manera oportuna la sala de quirófano, de modo que al presentarse una urgencia en un paciente y requiera de la atención inmediata, este debe ser trasladado a otro centro de salud para ser intervenidos quirúrgicamente. Además de ello; internamente se tiene programado que durante el día; un quirófano queda disponible mientras el otro quirófano se encuentra en operación, esto se debe a que el tiempo tanto de operación como de limpieza no es coordinado ya que existen demoras en la limpieza de la sala lo que genera retrasos en el tiempo de cirugías planificadas.

Las dos salas de cirugías tienen un sistema de aire acondicionado; el cual no cumple con los requisitos o lineamientos establecidos en la normatividad colombiana vigente actual y por ello requiere el estudio de un nuevo sistema de climatización ya que no cuenta con los filtros de extracción recomendados, además de ello, el equipo instalado no asegura presión positiva dentro del recinto y se logró evidenciar que los ductos de aire de retorno no son de superficie lisa, generando así la proliferación de hongos y bacterias y por consiguiente la acumulación de material particulado.

**Idea de investigación – problema:** Demora en el tiempo de desinfección de la sala de quirófano y el sistema de aire acondicionado no cumple con la normatividad vigente actual.

### **1.2 Pregunta de investigación**

¿Cómo debe ser el diseño de un sistema de climatización para la sala de quirófano de la clínica Nuestra Señora de Torcoroma, de tal forma que cumpla con los requisitos de temperatura, humedad, filtración y ventilación establecidos en la NTC 6460-2020?

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Diseñar el sistema de climatización para la sala de quirófano de la clínica Nuestra señora de Torcoroma; ubicada en el municipio de Ocaña Norte de Santander bajo los lineamientos de la norma técnica colombiana NTC 6460-2020.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Recopilar la información general y/o necesaria de la clínica Nuestra señora de Torcoroma.
- ✓ Estimar la carga térmica del recinto a acondicionar.
- ✓ Seleccionar los equipos y accesorios a utilizar para el sistema de climatización.
- ✓ Calcular el dimensionamiento del sistema de ductos de suministro y retorno del sistema de climatización.

### **3. Justificación**

Hoy en día en los hospitales y/o clínicas; la ventilación tiene un papel fundamental ya que proporciona las condiciones adecuadas para proteger la salud de los usuarios y de los profesionales de la salud y auxiliares de enfermería que realizan sus labores en estos lugares o zonas con aire contaminado; la ventilación es importante porque garantiza aire limpio y así mismo ayuda a eliminar o disminuir cualquier germen, bacteria o virus presentes en el ambiente y puedan representar cualquier riesgo de infección.

La OMS ha determinado que millones de personas en todo el mundo padecen complicaciones por infecciones nosocomiales contraídas durante su estancia en los hospitales (Organización Mundial de la Salud, 2003), es decir que cuando un paciente es internado y al encontrarse en la sala de espera o en la zona de quirófanos durante un procedimiento contrae por una razón distinta esa infección.

En el estudio de la OMS ha indicado y comprobado que el aumento de las infecciones nosocomiales se presenta con mayor frecuencia en las zonas de cuidados intensivos y en las zonas de quirófanos y que los pacientes de avanzada edad son los más propensos a recibir este tipo de infecciones.

Para lograr minimizar todos estos riesgos, se requiere que en las salas quirúrgicas se logre el correcto diseño e implementación del sistema de climatización, generando así un ambiente aséptico y de confort que se consigue a través de las etapas de limpieza y filtración de aire y junto a ello también se logra disminuir el número de infecciones contraídas durante la estadía o permanencia en los centros de atención en salud.

Se puede destacar que las condiciones para la climatización de hospitales y clínicas son muy importantes, para ello, es necesario que los sistemas de climatización cumplan con la mayoría de normas específicas técnicas vigentes, por tal razón, se hace necesario aplicar una norma al diseño de una sala de quirófano donde se establecen todos los requerimientos que deben cumplir los montajes de aire acondicionado y así mismo aumentar la disponibilidad de las salas de cirugía en los establecimientos.

## **4. Análisis de la Literatura Recopilada**

### **4.1 Marco Teórico**

#### ***4.1.1 Acondicionamiento de aire en las instalaciones hospitalarias***

Las instituciones prestadoras de salud desempeñan un papel muy importante a la hora de la atención de personas; En este caso los hospitales o las clínicas y debido a la gran variedad de servicios que prestan a los pacientes, estos deben garantizar la sanidad, higiene y limpieza es por ello que dichas instituciones deben prestar cierta atención a las condiciones higiénicas y sanitarias dado a que si no se cumplen pueden afectar la salud de los pacientes.

Las principales infecciones relacionadas con el sistema sanitario están relacionadas con infecciones quirúrgicas, respiratorias y urinarias por lo que alrededor del 5% de los pacientes internados en las zonas críticas dentro del hospital desarrollan una infección nosocomial durante su estado de permanencia en las diferentes áreas (Pujol & Limón, 2013).

Actualmente, el alto número de pacientes de ingreso a las entidades prestadoras de salud en los diferentes países, la OMS ha establecido que 7 de cada 100 pacientes han demostrado que cuando son ingresados al hospital como en las zonas de quirófanos o salas de espera logran

contagiarse o contraen por lo menos una infección nosocomial a lo largo de su paso por el hospital, esta cifra asciende significativamente dado a que 15 personas de cada 100 pacientes se infectan en países de bajo o mediano por la demora en la atención al paciente que hace que la permanencia dentro del centro hospitalario sea más larga.

La OMS para el año 2022 en su publicación del primer informe mundial de enfermedades (PCI) estableció que 1 persona de cada 10 pacientes infectados o contagiados por virus o bacterias contraídas durante su estancia en el hospital fallecerá debido a la adquisición de una infección nosocomial (Organización Mundial de la Salud , 2022).

#### ***4.1.2 Objetivos del sistema de climatización***

Asegurar el confort térmico, mediante las variables de temperatura y humedad para que los pacientes se sientan satisfacción de confort en el ambiente térmico.

Disminuir el material particulado presente en el ambiente para así evitar la proliferación de agentes patógenos (virus y bacterias) y la propagación de infecciones.

Proporcionar una calidad de aire adecuado para mantener el bienestar de los pacientes en las mejores condiciones de sanidad y limpieza.

#### ***4.1.3 Exigencias higiénicas y fisiológicas de cada zona en instituciones hospitalarias***

**4.1.3.1 Bienestar térmico.** El bienestar térmico suele manifestarse en las corrientes del aire circundante como una sensación de satisfacción individual, es decir del grado de aceptación de la variables internas del recinto, por ello se debe tener en cuenta aspectos relevantes como la vestimenta del paciente, la temperatura y humedad dentro del local son las que generan esa percepción de aceptación, a todo esto es importante mencionar que las corrientes del aire circundante (velocidad y nivel sonoro) y junto a ello la temperatura del aire impulsado son factores a tener en cuenta en el diseño.

**4.1.3.2 Temperatura del aire ambiente.** Para determinar las condiciones termo higrométricas, el estándar de ASHRAE 170 y las normas UNE 100713 y la NTC 6460 establecen, en la Tabla 1 los valores indicados de la temperatura del aire ambiente.

**4.1.3.3 Corrientes de aire.** Se logra establecer que las corrientes de aire impulsado a través de los ductos (flujo de aire) a través del sistema de aire acondicionado con alto grado de turbulencia, para ello, se permiten cantidades de aire de siempre y cuando se tengan los valores establecidos con el documento técnico UNE-EN ISO 7730. Para un quirófano cuando requiere difusión por flujo laminar se pueden permitir corrientes de aire con mayores velocidades.

**4.1.3.4 Humedad relativa.** De acuerdo con el porcentaje de humedad relativa, los quirófanos deben mantener una humedad del aire en el ambiente según la norma UNE 100713:2005 establece valores de diseño entre 45 y 55%. En la Tabla 1 están indicados los valores para cada zona del hospital según la norma y el estándar ASHRAE.

**Tabla 1**

*Parámetros Termo-Higrométricos.*

Zona	DOCUMENTO UNE 100713:2005				ESTANDAR ASHRAE			
	Temperatura		Humedad Relativa		Temperatura		Humedad Relativa	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Hospital	26°C	24°C	55%	45%	24°C	21°C		
Quirófano	26°C	22°C	55%	45%	24°C	20°C	60%	30%

*Nota.* Valores mínimos y máximos de temperatura y humedad según norma UNE 100713:2005 y ASHRAE. Adaptado de (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010).

**4.1.3.5 Nivel de ruido.** Los niveles de producidos por las corrientes del aire impulsados en el sistema de climatización y la extracción del aire acondicionado dentro del quirófano no pueden ser superiores a los 40 dB(A) (Castro et al , 2011), en la Tabla 2 se indican los límites máximos de presión sonora según el documento técnico UNE 100713:2005.

**Tabla 2***Límites máximos de presión Sonora.*

<b>Zona</b>	<b>Presión Sonora dB(A)</b>
Quirófano	40
Postoperatoria	35
Resto del hospital	40

*Nota.* Valores máximos de presión sonora. Adaptado de (INSHT, 2010).

#### **4.1.2 Calidad de aire en Quirófanos**

Los quirófanos son por naturaleza ambientes delicados y debido a las altas exigencias sanitarias que se requieren para la prestación de atención a pacientes estos deben cumplir unos requisitos en los que garanticen el uso correcto de las instalaciones y aseguren las condiciones ambientales, en este caso las condiciones de salud y bienestar.

Cabe considerar, por otra parte, la UNE 100713:2005, define que para las condiciones higiénicas dentro de un hospital existen diferentes tipos de exigencias uno es evitar la contaminación exterior y esto se debe a la presencia de agentes patógenos que hacen presencia en el aire que se está impulsando y en el ambiente local. En la Tabla 3 se indican los diferentes tipos de filtros que se necesitan para cada caso.

La UNE 100713 dispone para cada zona de trabajo, los locales del hospital que se dividen en dos clases de acuerdo con su exigencia ante el sistema de climatización. Esta clasificación se realiza dado a que en primer lugar ayuda a determinar qué tipo de filtración se requiere, es por ello que la clase de local I presenta tres etapas de filtración por lo que las exigencias son muy elevadas, sin embargo, para los locales de clase II la exigencia es habitual y por ende solo necesita dos etapas de filtración.

**4.1.2.1 Limpieza del aire.** La presencia de agentes patógenos, las impurezas y las condiciones externas que están contenidas en el aire ambiente o contaminación por partículas de

todo tipo como lo son las sustancias sólidas y líquidas, incluso microorganismos, que se presentan a la entrada de las unidades manejadoras de aire necesitan de varias etapas de filtración o niveles de purificación de aire, según la clase de locales a preservar; de acuerdo con los niveles de exigencia para las clases de locales, la UNE 100713:2005 describe que para locales de clase I se requieren tres etapas de filtración sin embargo, en la zona para locales de clase II se exigen dos etapas de purificación del aire.

Las etapas de filtración o purificación están constituidas de acuerdo al nivel de exigencia, y cada exigencia establece una clase de filtros y su efectividad que se debe implementar en cada etapa de la unidad de tratamiento del aire, por esta razón en la Tabla 3 estipula los valores y las características técnicas para cada nivel de filtración.

**Tabla 3**

*Filtración del aire*

<b>Etapas de filtración</b>	<b>Clases de filtro % Efectividad</b>	<b>Normatividad</b>	<b>Localización</b>
Primer Nivel	F 5 (40% < 60%)	UNE-EN 779	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si la longitud del conducto es mayor a 10 m se debe instalar en la entrada de aire exterior.</li> <li>✓ Si la longitud del ducto es menor a 10 m se instala en la entrada de aire de la unidad manejadora de aire.</li> </ul>
Segundo Nivel	F 9 (>95%)	UNE-EN 779	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al finalizar de la unidad manejadora de aire</li> <li>✓ Al inicio del ducto del caudal de impulsión</li> </ul>
Tercer Nivel	H 13 (99.95%)	UNE-EN 1822-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lo más cercano posible del local a trabajar.</li> <li>✓ Cercano al grupo de locales de un mismo tipo.</li> <li>✓ En Difusores, Rejillas, Toberas si se trata de un local de clase I.</li> </ul>

*Nota.* Niveles de filtración del aire para cada etapa de filtración en la unidad manejadora de aire, estableciendo asimismo la clase de filtro que se debe seleccionar y su localización en la UMA de acuerdo con cada norma. Adaptado de:(INSHT, 2010).

**4.1.2.2 Recirculación de aire entre locales.** Debe señalarse y dado a las condiciones higiénicas que se deben mantener por la presencia de microbios o material particulado dentro de las zonas, se logra establecer que la circulación o el recorrido del aire entre los locales colindantes

es válido cuando se realiza desde la zona de los locales con condiciones más altas hacia zonas de los locales con menos requisitos (UNE 100713, 2005).

Las orientaciones de los movimientos de aire que se exigen en estas condiciones para las zonas de los locales cerca de la zona de quirófanos están señaladas en la Figura 1. Para las otras zonas del hospital se realizarán de manera análoga direccionando el flujo circundante por las zonas.

**Figura 1**

*Sentidos del flujo de aire en las zonas del quirófano.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	Quirófano aséptico	Quirófano séptico	Lavabo	Antesala de entrada	Antesala de salida	Local instrumental limpio (junto quirófano)	Almacén material estéril (junto quirófano)	Pasillo quirófano	Preparación instrumental limpio	Preparación instrumental sucio	Esterilización, parte limpia	Esterilización, parte sucia	Sala despertar (dentro área quirófano)	Sala estar personal	Local limpieza	Vestuario personal, local limpio	Vestuario personal, local sucio	Vestuario personal con WC, local sucio	Escusa pacientes	Escusa de abastecimiento	Escusa de eliminación	
1	Quirófano aséptico																					
2	Quirófano séptico																					
3	Lavabo	↑ 0																				
4	Antesala de entrada	↑ 0	0																			
5	Antesala de salida	↑ 0	0	0																		
6	Local instrumental limpio (junto quirófano)	↑	↑	↑	↑																	
7	Almacén material estéril (junto quirófano)	←	↑																			
8	Pasillo de quirófano			←	←	←	←	←														
9	Preparación instrumental limpio					0	←	↑														
10	Preparación instrumental sucio							↑	←													
11	Esterilización, parte limpia	←	↑				0	↑	↑													
12	Esterilización, parte sucia							↑		0	←											
13	Sala despertar (dentro área quirófano)							←														
14	Sala estar personal							↑														
15	Local limpieza							↑	←	0	←											
16	Vestuario personal, local limpio							↑				0										
17	Vestuario personal, local sucio							↑														
18	Vestuario personal con WC, local sucio							↑								↑						
19	Escusa pacientes							↑								↑	↑					
20	Escusa de abastecimiento							↑					0									
21	Escusa de eliminación							↑														
22	Resto Hospital							↑			↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
23	Aire exterior	←	←				←		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

*Nota.* 0 significa: Probabilidad de intercambio en diferentes direcciones. ←/ ↑ significan: orientación del flujo de aire entre recintos colindantes. Adaptado de: (Norma Española UNE 100713, 2005).

Por regla general y de acuerdo con la NTC 6460 la UNE 100713, logran establecer que se deben disponer de esclusas de aire entre:

Locales de clase I y clase II.

Locales de la clase I y el exterior.

Entre la misma clase de locales (clase I), por ejemplo: un quirófano y la zona de cuidados intensivos).

#### **4.1.3 Clasificación quirófano según UNE 100713:2005**

En lo que respecta a quirófanos; según la UNE 100713:2005 y puesto que las exigencias de condiciones del aire en los locales, tradicionalmente se han empleado tres categorías de quirófanos, dado a que no todos los quirófanos presentan las mismas exigencias iguales. Mas aun en la Tabla 4 se presenta la clasificación de quirófanos según (UNE 100713, 2005).

**Tabla 4**

*Clasificación de quirófanos.*

<b>Tipo</b>	<b>Quirófano</b>	<b>Aptos Para</b>
<b>Tipo A</b>	Quirófano Especializado	Tienen los mayores requisitos de calidad de aire y suelen utilizarse para intervenciones de alto riesgo.
<b>Tipo B</b>	Quirófano convencional	Ideales para procedimientos con un riesgo menor, aunque aún necesitan un ambiente ultra limpio.
<b>Tipo C</b>	Quirófanos de cirugía ambulatoria	Diseñados para procedimientos de menor riesgo, donde la exigencia de asepsia es menos estricta.

*Nota.* Adaptado de: (UNE 100713, 2005).

#### **4.1.4 Clasificación de quirófanos UNE-EN ISO 14644**

Con el tiempo, y debido a los desarrollos que se han tenido en la tecnología y tanto la medicina, ha surgido la necesidad de aplicar una clasificación aún más específica. En la Tabla 5 se presenta la relación entre la UNE 100713 y la ISO 14644 para la clasificación de quirófanos según la norma.

**Tabla 5**

*Comparación clasificación de quirófanos UNE100713 & EN ISO 14644-1.*

Quirófano Tipo	Norma UNE 100713	Norma UNE-EN ISO 14644	Intervenciones quirúrgicas	Caudal mínimo de aire impulsado m <sup>3</sup> /h	Movimientos por hora (MH)	Temperatura / Humedad
A	Clase I	ISO 5-6	Cirugías especializadas de alto riesgo y que requieren hospitalización	2400	30	22-26 °C 45-55% HR
B	Clase I	ISO 7	Cirugía convencional Operaciones quirúrgicas	1200	20	22-26 °C 45-55% HR
C	Clase II	ISO 8	Cirugía ambulatoria.	1200	15	22-26 °C 45-55% HR

*Nota.* Según la UNE 100713:2005, la mayoría de las salas quirófanos están clasificados y reconocidos a nivel internacional como locales de clase I, es decir que un quirófano ya sea tipo A y B o quirófanos ISO 5, ISO 6 e ISO 7, deben cumplir con las exigencias más altas de calidad de aire. Sin embargo, cabe resaltar que, para los quirófanos de cirugía ambulatoria, se permite una clasificación de clase II tipo C e ISO 8, la cual no requiere obligatoriamente la instalación de filtros HEPA. Adaptado de: (UNE 100713, 2005).

#### ***4.1.5 Clasificación hospitalarias según su criticidad de riesgo***

La norma UNE 171340:2020 realiza una clasificación de las zonas hospitalarias según el nivel de riesgo de infección que puede contraer el paciente de acuerdo con el tipo de intervención quirúrgica a la que es sometido o al estado de salud que presenta (Norma Española UNE 171340, 2020). Se han establecido para ambientes controlados en 5 niveles de riesgo donde el riesgo con las mayores exigencias corresponde al nivel 5 con riesgo 5 muy alto. En la Tabla 6 se presenta la clasificación de los niveles de riesgo para las zonas hospitalarias y se puede ver la comparación con la clase de sala según el estándar ISO 14644-1.

**Tabla 6***Niveles de riesgo en zonas de ambiente controlados.*

Nivel riesgo	Riesgo	Clase sala	Filtración	Procedimientos	Dirección del flujo aire
5	Muy Alto	ISO 5	3 etapas	Alta complejidad	Unidireccional
4	Alto*	ISO 6	3 etapas	Cirugía especializada	Mezcla
3	Medio	ISO 7	3 etapas	Cirugía convencional	Turbulento
2	Moderado	ISO 7 – ISO 8	2 o 3 etapas	Sala de recuperación	-
1	Ligero	ISO 8 – ISO 9	2 etapas	Cirugía ambulatoria	-

*Nota.* Clasificación de los niveles de riesgo para las zonas hospitalarias. Adaptada de (UNE 100713, 2005).

#### **4.1.6 Distribución y exigencias en cada zona del sector del hospital**

En la tabla Tabla 7 se presenta un resumen de las diferentes exigencias que se deben tener en cuenta para mantener las condiciones ambientales, la clase de local, la humedad relativa y los niveles de ruido en cada área del quirófano.

**Tabla 7***Requerimientos en la climatización para el hospital.*

Quirófanos	Clase de local	Caudal mínimo Aire Ext	Condiciones Ambientales		HR %	Nivel de Ruido dB(A)
			Temperatura Minina	Temperatura Máxima		
Quirófano tipo A y B	I	5	22 °C	26 °C	45 & 55	40
Pasillos	I	15	22 °C	26° C	45 & 55	40
Unidad de Recuperación	I	15	22 °C	26° C	45 & 55	35
Otros locales	I	15	22 °C	26° C	45 & 55	40

*Nota.* Parámetros de diseño permisibles de las condiciones ambientales exigidas para los recintos a acondicionar. Adaptado de: (UNE 100713, 2005).

## 4.2 Marco conceptual

En este apartado trataremos de definir los conceptos más relevantes para comprender de mejor manera la monografía.

Se entiende por **aire acondicionado** al tratamiento del aire que se realiza por medio de un equipo cuyo objetivo es cumplir las exigencias de un espacio acondicionado controlando así su temperatura, humedad, limpieza y distribución en un espacio cerrado. (Norma Técnica Colombiana NTC 5183, 2023).

La **Calidad de aire interior** se refiere primordialmente a la calidad del aire dentro y fuera del recinto en el que prevalecen características como la comodidad de los ocupantes de hecho, no existen contaminantes en concentraciones perjudiciales ayudando así a contraer el riesgo de presentar problemas de salud (NTC 5183, 2023).

Se entiende por **quirófano**, a las zonas o áreas designadas dentro de un hospital el cual está equipada o acondicionada para llevar desarrollar procedimientos netamente quirúrgicos. Según ASHRAE clasifica estas zonas de acuerdo al tipo cirugía y al cambio surgido en la terminología de la norma 170 de la edición 2013 establece que solo hay dos tipos de quirófano.

Uno es la **sala de procedimientos** donde se realizan procedimientos de cirugía menor bajo anestesia tópica, local o regional sin sedación preoperatoria. Esta sala de procedimientos se puede comparar con cirugía de clase A (ASHRAE, 2013).

A todo esto, podemos encontrar también cirugía de clase B, que en esta nueva actualización de la norma se clasifica como **sala de operaciones** donde se hacen procedimientos con sedación bajo el efecto de analgésicos o drogas disociativas (ASHRAE, 2013).

Por último y como una adición a la sala de operaciones está el **quirófano** o cirugía clase C donde se realizan los principales procedimientos quirúrgicos y que necesitan anestesia general o regional (ASHRAE, 2013).

Entiéndase por **climatización** al proceso de cambiar la naturaleza interna de un recinto cerrado, manteniendo las condiciones ideales de variables como la temperatura, la humedad relativa y la limpieza del aire (calidad) adecuadas para mantener la comodidad y el confort de las personas y/o la conservación dentro del mismo, el espacio habitado.

El **Confort térmico** es una sensación que la mente o el cuerpo experimenta a través de un ambiente ya sea de calor o frío que proporciona un estado de satisfacción con el ambiente en el que se encuentra (Castilla et al., 2010). Cabe resaltar que el confort térmico se puede diferenciar de manera significativa ya que por la sensación individual en la que se manifiesta una persona puede sentirse agradable al ambiente mientras que la otra puede presentar sensaciones no agradables a su entorno.

Las **Infecciones nosocomiales** son infecciones obtenidas durante la permanencia dentro de una zona en un hospital o centro hospitalario y que en el momento de la consulta de ingreso del paciente y en el momento de la atención es contagiado por determinada infección (Pujol & Limón, 2013). Incluso estas infecciones pueden manifestarse tras dar el alta del paciente, ya que si realizó alguna consulta hospitalaria pudo haberse contagiado o adquirido durante su estancia en el lugar de consulta. Además, este contagio se presenta regularmente por el contacto entre pacientes o por contaminación del instrumental médico.

Se entiende por **Ventilación** al proceso que ocurre de suministrar o quitar aire dentro de un recinto cerrado con el fin de crear un ambiente de confort haciendo uso de equipos para

controlar los niveles de contaminación del aire, mantener un control correcto tanto de humedad como de temperatura interior (NTC 5183, 2023).

### 4.3 Marco Legal

Existen diversas normas que se emplean o aplican al diseño, control y mantenimiento; estas normas regulan el uso y operación de los diferentes equipos o máquinas de aire acondicionados para hospitales y clínicas, entre la que se pueden destacar a nivel internacional a manera de recomendación se encuentra:

Estándar ASHRAE 170

Estándar ASHRAE 62.1

Estándar ASHRAE 183

ASHRAE HVAC Manual de diseño para hospitales y clínicas.

Documento técnico UNE 100713: 2005 Instalación de aire acondicionado en los hospitales.

Documento técnico UNE-EN ISO 14644-1: 2000

Documento UNE 171340: 2020.

De estas normativas; el Estándar ASHRAE 170 es el más utilizado para los lineamientos de parámetros de diseño a nivel internacional.

En cuanto a nivel nacional se puede recopilar la resolución 4445 del año 1996 en la cual, el ministerio de salud dispone las condiciones para el diseño y edificación de las instituciones prestadoras de salud (IPS) para ello se destaca que esta resolución se encarga de dictar normas para cumplir la ley 09 de 1979 parágrafo de los servicios quirúrgico y obstétrico en el título IV donde se establecen las condiciones sanitarias de las IPS.

En el artículo 34 de esta resolución, el parágrafo de los servicios quirúrgico y obstétricos deben presentar las siguientes características donde la temperatura sea de 21°C, la humedad

relativa se encuentre en el rango del 50%, con una velocidad del viento 60 cm/seg y las renovaciones de aire se encuentren entre 25 y 30 veces por hora.

La resolución 610 de 2010 hace referencia a la calidad de aire o nivel de inmisión del aire y la resolución 2254 de 2017 es una norma que hace énfasis en los niveles admisibles de contaminantes presentes en el aire ambiente, estas normas su principal objetivo es asegurar un ambiente sano, limpio y adecuado y al mismo tiempo logre disminuir todos los riesgos posibles que puedan existir cuando las personas, en este caso pacientes que se exponen a contaminantes presentes en el aire del ambiente.

En Colombia, se ha establecido la NTC 5183: 2003 hace alusión a las condiciones aceptables del aire en espacios interiores y por su parte, el documento técnico, la NTC 6460:2020 que es una norma actualizada y abarca las condiciones que tienen que tener que implementar en el diseño de las instalaciones de acondicionamiento de aire en las diferentes entidades prestadoras de salud ya sea hospitales, clínicas para su funcionamiento (Norma Técnica Colombiana NTC 6460, 2020).

También existe, una guía o “norma de acondicionamiento de aire para establecimientos hospitalarios y similares” que tiene como propósito fijar los parámetros a la hora de diseñar, montar y mantener sistemas de aire acondicionado y ventilación para hospitales, clínicas y centros de salud en Colombia.

## **5. Diseño del Sistema de Climatización**

Para realizar el diseño del sistema de climatización de la sala de quirófano (Sala de Cirugía 1), se debe tener en cuenta los diferentes procesos relacionados a continuación.

Cálculo de Carga Térmica del Recinto.

Diseño de Ductos tanto de Suministro como de Retorno.

Selección de Difusores y rejillas de Retorno.

Selección de Equipos

### 5.1 Cálculo de Cargas Térmica del Recinto

Para determinar la carga térmica del recinto, en este caso se seleccionó un software de diseño, para ello se utiliza el programa CHVAC Elite Software para lo cual se pretende diseñar un quirófano ISO 6 Clase A, Esta selección se realiza de acuerdo con las políticas de mejoramiento a mediano plazo que tiene de la clínica Nuestra señora de Torcoroma y de la clasificación en quirófanos según norma UNE100713 & EN ISO 14644-1 y al mismo tiempo la NTC 6460:2020. Donde se establecen una serie de requisitos que se tendrán en cuenta a la hora de ir diseñando la sala de cirugía.

Al dar inicio para determinar la carga térmica en el recinto, el software requiere una serie de una información o datos del lugar a acondicionar; en este caso partimos de la localización donde se encuentra ubicada la clínica nuestra señora de Torcoroma es en el municipio de Ocaña Norte de Santander, las condiciones climáticas de la zona o datos climatológicos se determinaron a partir latitud  $8^{\circ} 14' 46''$  Norte, longitud  $73^{\circ} 21' 19''$  Oeste y altitud  $1.209$  msnm equivalente a **3966,53 FT**.

Además de ello, también se establece las condiciones locativas y psicrométricas que se requieren también de la temperatura de bulbo seco el cual oscila entre  $16^{\circ}\text{C} \approx 60,8^{\circ}\text{F}$  y  $26^{\circ}\text{C} \approx 78,8^{\circ}\text{F}$ . así mismo la temperatura de bulbo húmedo requerida para el diseño es aproximadamente  $T_{bw} = 20^{\circ}\text{C} \approx 68^{\circ}\text{F}$ . En la Figura 2 se puede observar los datos de diseño de las condiciones de la sala de cirugía ingresados al software y al mismo tiempo, se selecciona la temperatura de bulbo seco de  **$23^{\circ}\text{C} \approx 73,4^{\circ}\text{F}$** . Cabe resaltar que en este caso y de acuerdo con la norma NTC 6460:2020

establece que para la sala de quirófano la temperatura ambiente interior del quirófano o temperatura de diseño es de 70° F  $\approx$  21,1°C y humedad relativa del 55% según tabla 1 y 7 respectivamente.

## Figura 2

*Condiciones de diseño de la sala de cirugía 1.*

City:				
Ocaña, Norte de Santander, COLOMBIA				
Degrees Latitude:	8	Clearness Factor:	1	
Altitude:	3966,53	Daily Range:	20	
Longitude:	-73	Local Std. Meridian:	-75	
	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1 August	73,4	68	70	55
2 (None)	0	0	0	50
3 (None)	0	0	0	50
4 (None)	0	0	0	50
Winter:	0		0	

*Nota.* Se establece como temperatura de diseño de la sala de cirugía T = 70 °F y Humedad relativa del 55%.

En la sección de perfiles de operación, y de acuerdo con las visitas que se realizaron al centro clínico que se programó y donde se evidencio las diferentes actividades que se realizan en la zona de las salas de quirófano y mediante charlas con el personal encargado de la zona. Cabe resaltar, en la actualidad la zona de quirófano cuenta con dos salas de cirugía, para lo cual ambas salas deben estar disponibles las 24 horas debido a que se presentan cirugías no programadas y que deben ser atendidas a manera de urgencia como también existe un programa o cronograma para realizar diferentes cirugías a los pacientes estableciéndoles así un horario establecido para cada cirugía.

Ahora bien, Continuando con la sección de *Operating Profiles* o perfiles de operación dentro de la sala, se agregan 3 perfiles comprendidos de la siguiente manera. primero se ingresan los datos de “personas” que comprende al paciente y al personal médico durante su estadía en el recinto, al mismo tiempo, también se adicionan la “iluminación” y los “equipos” que consumen energía dentro de la sala.

### Figura 3

*Perfiles de Operación dentro de la sala.*

Description	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	12am
1 <b>Personas</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2 <b>Iluminación</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
3 <b>Equipos</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Nota. En la Figura 3 se observa los perfiles de operación dentro de la sala durante las 24 horas; cabe resaltar que el cero “0” indica que no hay personas dentro del local, las luces están apagadas y los equipos no están funcionando mientras que el valor de “C” indica que tanto personas, luces y equipos están funcionando al 100%, por consiguiente como la sala de cirugía debe encontrarse disponible durante las 24 horas, se selecciona para los tres perfiles de operación la opción C, es decir que se encuentra trabajando al 100% o a tope.

Nuevamente en el software se devuelve a la sección de datos generales del proyecto, pero en la opción *Desing*, se selecciona cada uno de los perfiles de operación en la opción *operating profiles*. Personas (1); Iluminación (2) y Equipos (3). En la sección de watts per sq. foot se determina a partir de la actividad que se realizara dentro de la sala, para ello se selecciona sala de operaciones para lo cual se selecciona en la selección *Lighting* (Iluminación) un valor de 2.2 y para *Equipment* (Equipos) un valor de 1,5.

**Figura 4**

*Datos generales del proyecto de la sala de cirugía.*

The screenshot shows the 'More Design' tab of a software interface. It contains several sections with dropdown menus for configuration:

- Operating Profiles:** People: 1, Lighting: 2, Equipment: 3.
- Watts Per Sq. Foot:** Lighting: 2.2, Equipment: 1.5.
- People:** Square Feet per Person: 100, Area/Person Option: Round Up, People Diversity Factor (%): 100, Sensible Heat per Person: 250, Latent Heat per Person: 250.
- Building Operation:** Opening Hour: 1, Closing Hour: 24.
- Plenum-Room TD Adjustment:** Adjust TD Winter: Yes, Adjust TD Summer: Yes, Max Iterations: 5, Rounding Option: Don't.

Así mismo, se selecciona en la opción de People los perfiles de acuerdo a la actividad que se va a realizar, ver Figura 4. En este caso el personal médico dentro del quirófano, en el cual se determina que realizaran una actividad moderada y por último en la sección *Building Operation* (tiempo de uso de la sala); donde se estipula que la sala funcione las 24 horas.

En la sección More Desing, el software pide unos datos del recinto para lo cual se rectificaron las medidas mediante una visita programada donde la sala estaba disponible y en proceso de desinfección para lo cual se determinó que la altura del techo es 2.70 metros que equivale a 8,85 ft y así mismo la altura de los 4 muros es de 3 metros equivalente a 10 ft, en la Figura 5 se aprecia estos dos datos importantes que el software Elite requiere. Cabe resaltar que para realizar el cálculo de la carga de enfriamiento se utiliza el método de CLTD (Diferencia de

Temperatura para cargas de enfriamiento), en el que se establece un factor de seguridad aproximado del 10 % tanto para las cargas sensibles y latentes

### Figura 5

*Datos generales de diseño de la sala de cirugía.*

Parameter	Value
Building Default Ceiling Height:	8.85
Building Default Wall Height:	10
Building Default Plenum Wall Height:	0
Calculate Cooling, Heating or Both:	Cool
Cooling Calculation Method:	CLTD
<b>Safety Factors</b>	
Sensible:	10
Latent:	10
Heating:	10
<b>RTS Percent Radiant</b>	
People:	60
Lighting:	67
Equipment:	20

Sin embargo, en la sección de *Master data* o datos maestros o constructivos de la zona de la sala de cirugía, se puede establecer que la zona de quirófanos se encuentra en la tercera planta del edificio, por consiguiente tanto el techo y piso no están expuestos al sol; por ende se emplea el método de particiones en zona ver Figura 6, aun así, como se está diseñando el sistema de climatización para la sala 1 de cirugía, los muros o paredes de la sala de acuerdo con el plano constructivo, existe una pared que le incide el sol en horas de la tarde y las otras tres paredes se emplea por el método de particiones.

Es importante aclarar que la ganancia de transferencia de calor desde y hacia el recinto es mínima dado al aislamiento que se tiene para las salas de cirugía, ya que las paredes son anchas y contienen aislante térmico, es este caso la sala de cirugía tiene las paredes en su totalidad revestimiento cerámico por condiciones higiénicas y salubridad.

**Figura 6**

*Particiones constructivas en la sala de cirugía.*

The image shows two panels from a software interface. The top panel is titled 'CLTD Wall Definitions' and has tabs for 'Roofs', 'Walls', 'Glass', 'Partitions', and 'Shading'. The 'Walls' tab is selected. It contains an 'ASHRAE' table with columns for Group, U-Factor, Color, and EnergyPro Code. The bottom panel has tabs for 'Roofs', 'Walls', 'Glass', 'Partitions', and 'Shading', with 'Partitions' selected. It contains a table with columns for U-Factor, Cool T-D, Heat T-D, and EnergyPro Code.

CLTD Wall Definitions			
ASHRAE			
Group	U-Factor	Color	EnergyPro Code
1	0,251	M	
2	0	M	
3	0,275	L	
4	0	D	

	U-Factor	Cool T-D	Heat T-D	EnergyPro Code
1	0,21	3	0	
2	0,21	5	0	
3	0,275	3	0	
4	0	0	0	

Para la sección de *data room* o datos del recinto se establecen las medidas constructivas de la sala tanto de las paredes, techo y piso. Para ello se tiene las longitudes de los muros en la Figura 7, de la sala de cirugía y en la Figura 8 se puede apreciar los datos que se necesitan para las calcular las áreas o secciones por donde existe la ganancia de transferencia de calor a través de los muros.

Figura 7

Plano Sala de cirugía quirófano 1.

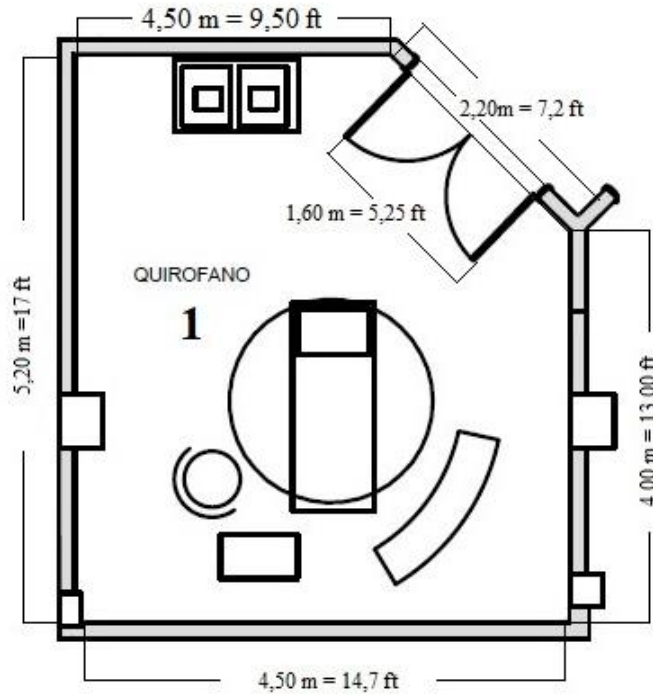


Figura 8

Datos del recinto quirófano sala 1.

Software interface showing the configuration for 'Quirofano Sala 1'. The main table lists the room's properties, and the right-hand side contains detailed settings for lighting, equipment, and people.

No.	Name	System	Zone	Floor No.	Length	Width	Ht. (0->8,85)	Type	Check Errors
1	Quirofano Sala 1	1	0	3	17	14.7	8.85	22	Yes

Roof Type	Length	Width	G.Refl.	Slope	Direction
1	0	0	20	0	UP
2	0	0	20	0	UP

Wall Type	Ht. (0->10)	Length	G.Refl.	Direction
1	10	14.7	20	NNE
3	10	17	20	P
3	10	9.5	20	P
4	10	13	20	P
5	0	0	20	
6	0	0	20	

Glass Type	Shade	Atten.	Tilt	Width	Height	Ref	Occ.
7	0	1	90	0	0	0	1
8	0	1	90	0	0	0	1
9	0	1	90	0	0	0	1
10	0	1	90	0	0	0	1
11	0	1	90	0	0	0	1
12	0	1	90	0	0	0	1

Lighting & Equipment	
Lighting:	219   550
Pct. Rad.:	0   67
Sen. Equip.:	635   375
Pct. Rad.:	0   20
Lat. Equip.:	0
Lat. Pool:	[0]

People	
Number:	8   3
Area/per:	0   100
Sensible:	0   250
Pct. Rad.:	0   60
Latent:	0   250

Prgfiles	
People:	1   1
Lighting:	2   2
Equipment:	3   3

Continuando con esta sección, adicionalmente se presenta otra opción donde se debe agregar la cantidad de luces que tiene la sala de cirugía, para ello se puede consultar en la Tabla 8 del inventario que determino del sistema de iluminación de la sala.

**Tabla 8**

*Inventario del Sistema de Iluminación Quirófano Sala 1.*

N°	Descripción	Cantidad	Potencia "W"
1	Bombillas Fullwat	4	12
2	Lampara Led Redonda Fullwat	2	18
3	Lampara Trilite led LS800 BenQ	1	135

Además de ello, se consultó el inventario de los equipos; ver Tabla 9 que consumen energía dentro de la sala para lo cual se determinó por catálogo de equipos, la potencia que consume cada equipo y los diferentes equipos que se utilizan en la sala de cirugía.

**Tabla 9**

*Inventario de Equipos Quirófano Sala 1.*

N°	Descripción Equipo	Cantidad	Potencia "W"
1	Electro Bisturí VALLEYLAB	1	300
2	Incubadora abierta NINGBO	1	480
3	Máquina de Anestesia MINDRAY WATO EX-20	1	180
4	Monitor De Signos Vitales IM50 EDAN	1	64

*Nota.* Equipos que consumen energía dentro de la sala de cirugía.

Finalmente, en la misma data room se puede agregar la cantidad de personas que pueden estar dentro de la sala de cirugía, generalmente dentro de esta sala la cantidad mínima es de 6 personas en las cuales se encuentra el paciente, cirujano, ayudante, anesthesiólogo, instrumentador y circulante, para este diseño se aumenta a 8 personas dadas las exigencias del nuevo quirófano en el cual se prevé operaciones de altas complejidades y mayores exigencias.

Para la sección desplegada de *Miscellaneous*, que pertenece también a la sección de datos del recinto de la sala de quirófano 1 de la Figura 8 y teniendo en cuenta la ventilación y la infiltración por norma técnica establecen que la Norma UNE 100713, 2005 y la NTC 6460:2020; que el caudal mínimo de aire impulsado para un quirófano clase A ISO 6 es de  $Q = 2.400 \text{ m}^3/\text{hora}$ , por tanto, en la Tabla 5 se muestra el caudal de impulsión cambios/hora es de 30 requerido por norma y el caudal mínimo a ingresar de aire exterior es de 5 renovaciones/ hora; ver Tabla 7. Estos datos se ven reflejados en la Figura 1Figura 9, donde la ventilación se evalúa tanto para invierno como para verano y las infiltraciones por defecto del software ELITE.

**Figura 9**

*Datos de Caudal de aire impulsado en la sala de cirugía.*

The screenshot displays the 'Miscellaneous' tab for 'Quirofono Sala 1'. The main table shows the room's properties: No. 1, Name Quirofono Sala 1, System Zone 1, Floor No. 0, Length 17, Width 14.7, Ht. (0->8.85) 8.85, Type 22, and Check Errors Yes. Below the table, the 'Ventilation & Infiltration' section is active, showing settings for Winter and Summer. The 'General' section includes Occurrences (1), Calculation Option (Default), and Minimum Cooling Supply Air (30). The 'Floor & Ceiling' section shows Slab Perimeter (0), Floor Slab Coef. (0), and Ceil. Area B. Pt. (250). The 'Safety Factors' section shows Sensible (0), Latent (0), and Heating (0). The 'Runout Duct Properties' section includes Calculate (Default), Use Schedule (Default), Rough. Factor (0), Pressure Drop (0), Min. Velocity (0), Max. Velocity (0), Min. Height (0), Max. Height (0), Shape (Default), Max. CFM/Run (0), and No. Diffusers (0).

No.	Name	System Zone	Floor No.	Length	Width	Ht. (0->8.85)	Type	Check Errors
1	Quirofono Sala 1	1	0	17	14.7	8.85	22	Yes

**Ventilation & Infiltration**

	Winter		Summer	
	Method	Value	Method	Value
Vent:	AC/Hr	5	AC/Hr	5
		Value (n/a): 0		Value (n/a): 0
Infil:	Default	0	Default	0

**General**

Occurrences:	1	Summer Exhaust:	0
Calculation Option:	Default	Winter Exhaust:	0
Minimum Cooling Supply Air:	AC/Hr		30

**Floor & Ceiling**

	E.Pro
Slab Perimeter:	0
Floor Slab Coef:	0
Ceil. Area B. Pt:	250

**Safety Factors**

	Default
Sensible:	0
Latent:	0
Heating:	0

**Runout Duct Properties**

	Default	Default
Calculate:	Default	No
Use Schedule:	Default	Yes
Rough. Factor:	0	0
Pressure Drop:	0	0
Min. Velocity:	0	0
Max. Velocity:	0	0
Min. Height:	0	0
Max. Height:	0	0
Shape:	Default	Default
Max. CFM/Run:	0	0
No. Diffusers:	0	(calc)

En la opción *Air Handler Data* se selecciona el tipo de manejadora a volumen constante y utilizando el método de la proporción el cual permite determinar el caudal máximo, es decir

permite calcular el máximo caudal del área necesaria del local. También se selecciona que la unidad manejadora de aire tendrá un suministro de aire de reserva y el tipo de ventilador será de draw through con una eficiencia del 90% para quirófanos. Además de ello la temperatura en el serpentín de enfriamiento saldrá a temperatura de bulbo seco con una humedad relativa cercana al 95 %, estos valores están disponibles en la Figura 10 para el diseño y selección de la unidad de tratamiento de aire.

### Figura 10

*Datos de la unidad de tratamiento de aire.*

The screenshot shows the configuration window for an air handler in the Elite software. The window title is "U M A Quirofono Sala 1". The "General" tab is selected. The configuration is as follows:

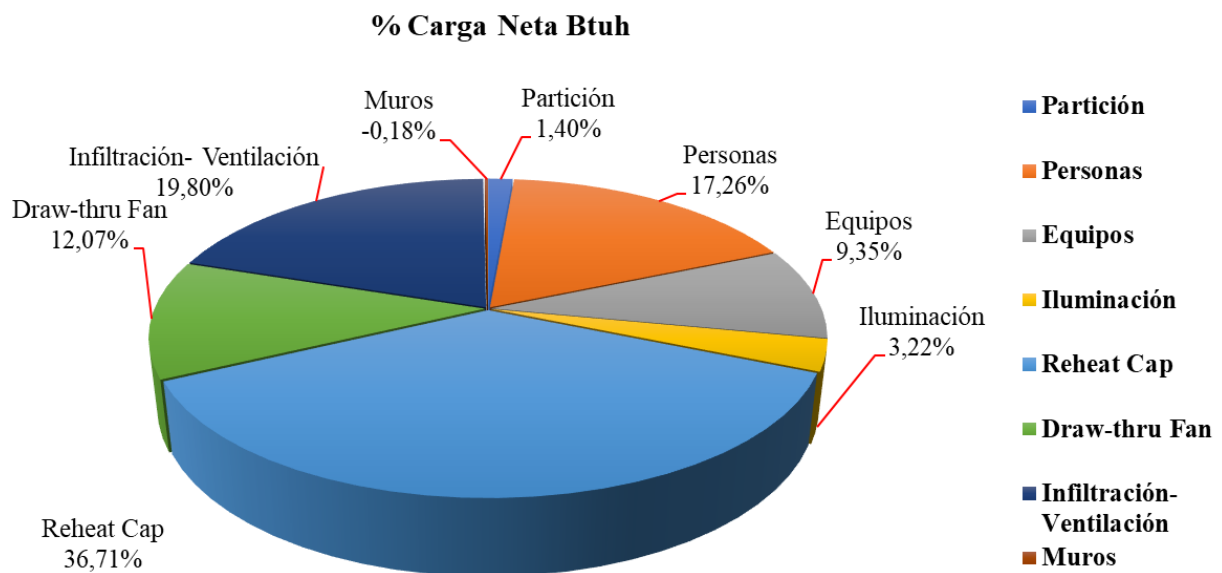
- System Type:** Constant volume (selected), with sub-options: Proportion (selected), Sum of Peaks, and VAV.
- Excess Supply Air:** Reheat (selected), with options: Reserve and Adjust.
- Supply Fan Type:** Draw Through (selected), with options: Blow Through and Package Fan.
- General:** Occurrences of This Air Handler: 1; Room Exhaust May Not Exceed Supply: unchecked.
- Heating Coil:** Leaving Heating Coil Temperature: 93; Total Heating Supply CFM: 0.
- Cooling Coil:** Leaving Relative Humidity: 95; Leaving Cooling Coil CFM: 0; Leaving Dry Bulb Temperature: 57.
- Fan Efficiency and Pressure:** Motor and Fan Efficiency: 90; Static Pressure Across Fan: 7.

Con todo esto y luego de haber ingresado la mayoría de información recolectada, consultada e investigada; el software Elite permite evaluar o estimar la carga térmica del recinto. Para ello se genera un documento donde entrega un informe muy detallado, en la Tabla 10 y Figura 11 se puede apreciar el resumen de carga térmica al interior del recinto a acondicionar y el porcentaje de distribución de la carga térmica del local respectivamente.

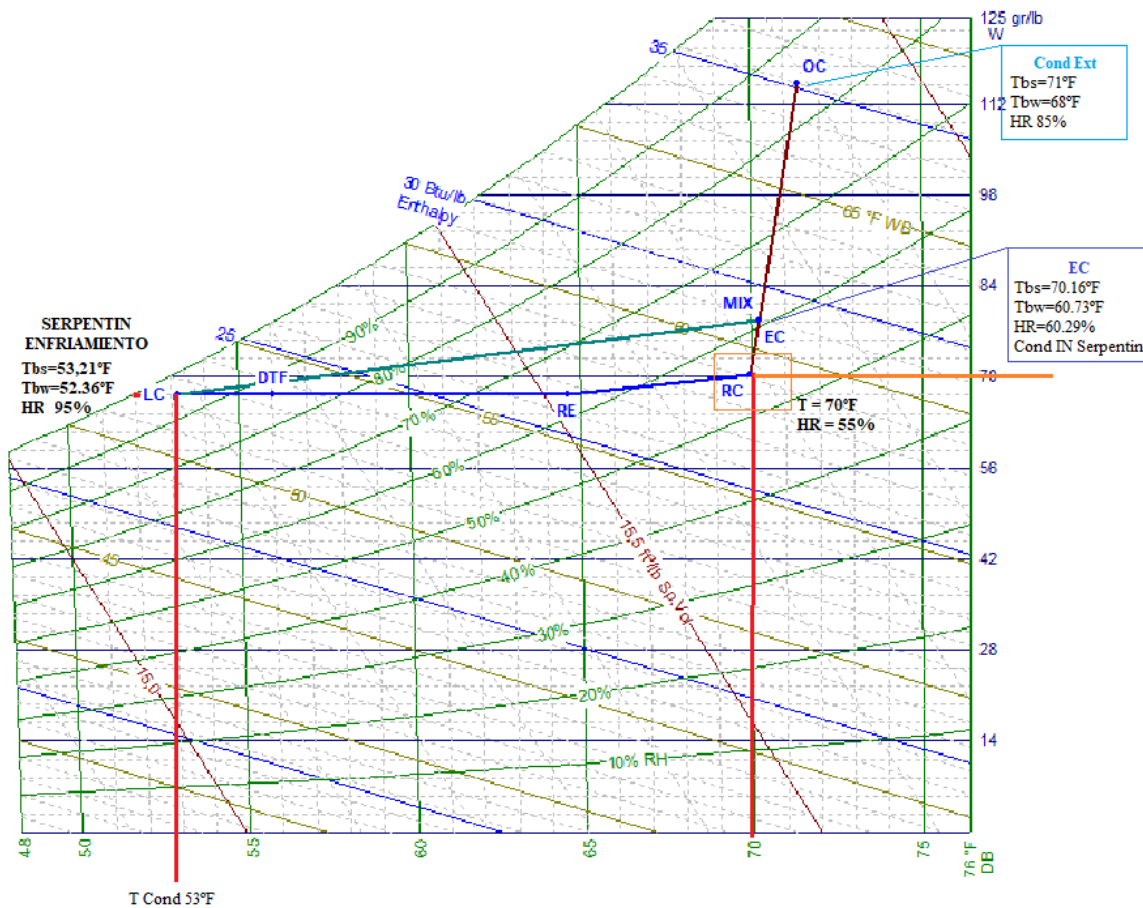
**Tabla 10***Resumen de Carga térmica del Recinto.*

Carga Térmica	Carga sensible Btuh	Carga latente Btuh	Carga Neta Btuh	Carga Neta %
Partición	358	0	358	1,41%
Personas	2200	2200	4400	17,32%
Equipos	2384	0	2384	9,39%
Iluminación	822	0	822	3,24%
Reheat Cap	9360	0	9360	36,85%
Draw - thru Fan	3076	0	3076	12,11%
Infiltración - Ventilación	4872	175	5048	19,87%
Muros o Paredes	-47	0	-47	-0,19%
<b>Total</b>	<b>23025</b>	<b>2375</b>	<b>25401</b>	<b>100,00%</b>

*Nota.* La carga neta del local asciende a 25.401 Btuh, para lo cual se requiere extraer un aproximado de 2,12 Ton de refrigeración con aire exterior.

**Figura 11***Distribución de Carga Térmica de la sala de cirugía.*

*Nota.* La mayor carga del recinto se presenta en el Reheat Cap o en la carga de capacidad de recalentamiento o reserva con el 36,71% de la carga neta, esto se debe a la suma de las cargas sensibles del local, del ventilador de aspiración y aumento de temperatura en ducto de suministro.

**Figura 12***Psicrometría de la sala de cirugía.*

De acuerdo con la Figura 12, se presenta la psicrometría de la sala de cirugía, donde partimos con el punto RC, el cual representa las condiciones internas del aire dentro de la sala de cirugía, o las condiciones de diseño ideales para la sala, El punto OC establece las condiciones del aire exterior a  $71^{\circ}\text{F}$  y humedad relativa del 85%, estas condiciones son permisibles ya que la temperatura ambiente y humedad esta cercana a las condiciones de un día normal en el municipio de Ocaña.

Los puntos EC y LC representan las condiciones del aire a la entrada y salida del serpentín donde la temperatura de condensación es  $53^{\circ}\text{F}$ , es importante determinar la temperatura de bulbo

seco y húmedo entrando al serpentín para la selección de la unidad manejadora en este caso se obtuvieron para la  $T_{bs} = 70$  °F y  $T_{bw} = 60$  °F. El punto MIX es la condición interna de mezcla del aire.

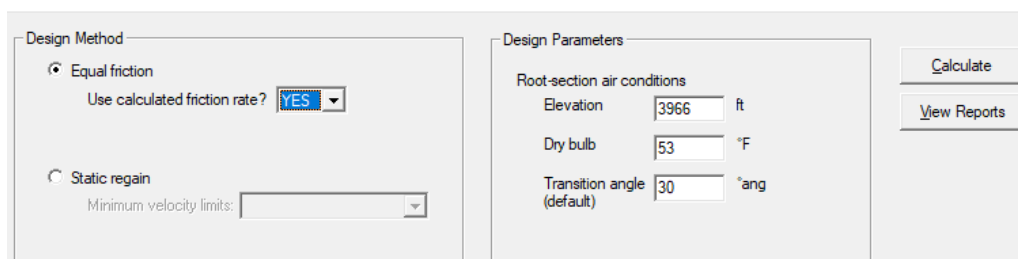
## 5.2 Sistema de ductos de suministro

Para determinar el dimensionamiento del sistema de la red de distribución de aire para la sala quirúrgica, por medio del software VariTrane Duct Designer y utilizando el método de longitud equivalente de igual fricción, cuyo objetivo es mantener el mismo coeficiente de fricción de 0.15 in.wg para lámina galvanizada.

Según ASHRAE establece valores de diseño entre 0,08 y 0,15 in.wg a lo largo de todo el ducto de coeficiente de fricción; para ello se establecen los nuevos parámetros para el cálculo de dimensionamiento de la red de ductos, cabe destacar que del cálculo de carga del recinto a acondicionar el cual suministra un caudal de aire de 1200 CFM. Es de aclarar que por normatividad se requiere un sistema de aire de difusión de aire de flujo laminar dentro del recinto para ello se disponen de difusores de techo de flujo laminar.

### Figura 13

*Parámetros de diseño para la línea de suministro de aire.*



The screenshot displays the software interface for duct design, divided into two main sections: "Design Method" and "Design Parameters".

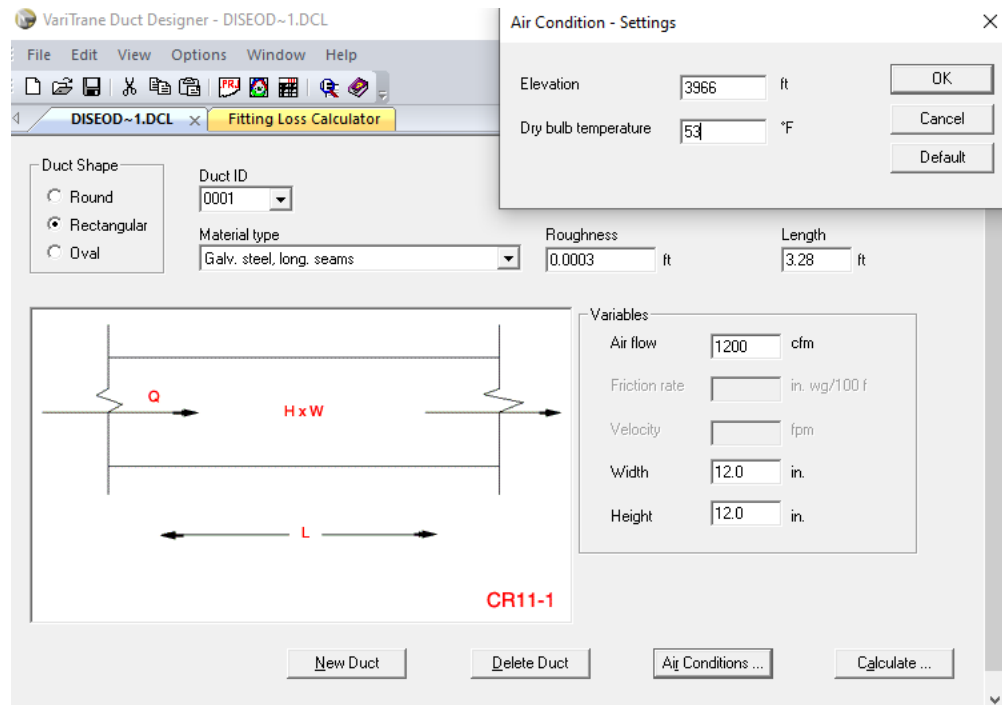
- Design Method:** Features two radio buttons. The "Equal friction" option is selected. Below it, a dropdown menu for "Use calculated friction rate?" is set to "YES". The "Static regain" option is unselected, with a "Minimum velocity limits:" dropdown menu below it.
- Design Parameters:** Labeled "Root-section air conditions", it includes three input fields: "Elevation" set to 3966 ft, "Dry bulb" set to 53 °F, and "Transition angle (default)" set to 30 °ang.
- Buttons:** On the right side, there are two buttons: "Calculate" and "View Reports".

Para determinar el dimensionamiento de la línea de suministro de aire y para determinar la caída de presión en el sistema; se establece que el ducto es rectangular en lámina galvanizada con

coeficiente de fricción de 0.15 para lo cual introducimos en el software (ver Figura 14) el caudal de 1200 CFM de entrada y arroja un dimensionamiento de ducto rectangular de 12 in x 12 in.

**Figura 14**

*Condiciones Iniciales para la selección de la línea de suministro de aire.*



En la Tabla 11 se presenta los tramos, la longitud de la línea de suministro, las especificaciones del ducto y la caída de presión en cada tramo del ducto.

**Tabla 11**

*Especificaciones de la línea de suministro de aire.*

Tramo	Forma ducto	Flujo de aire (cfm)	Longitud (ft)	Ancho (in)	Alto (in)	Velocidad (fpm)	Caída de presión in.wg
1	Rectangular	1200	3,28	12	12	1200	0,0049
2	Rectangular	1200	15	12	12	1200	0,0204
3	Rectangular	1200	12	12	12	1200	0,0163
4	Rectangular	800	6.56	10	10	800	0,0190
5	Rectangular	400	6.56	8	8	900	0,0190
<b>Total Caída de Presión</b>							<b>0,0796</b>

Una vez terminada, el dimensionamiento de la sección de la línea de suministro, se procede de la misma forma a determinar los accesorios de transporte de aire, de acuerdo con el plano de distribución de aire de la sala de quirófano; este requiere de 3 codos y dos unión tipo “Y” que disminuye la sección en ductos para la distribución del aire en tres difusores de flujo laminar; en la Tabla 12 se presentan las especificaciones de cada accesorio de la línea de suministro de aire.

**Tabla 12**

*Especificaciones Técnicas de accesorios de la línea de suministro.*

Forma Accesorio	Accesorio	Cant	Alto (in)	Ancho (in)	Radio (in)	Flujo de aire (cfm)	Velocidad (fpm)	Caída de presión in.wg	Total, caída de presión in.wg
Rectangular	CODO	2	12	12	6	1200	1200	0,0909	0,1818
Rectangular	UNION "Y"	1	12	8	6	1200 in/800 out	960	0,0218	0,0218
Rectangular	UNION "Y"	1	10	8	5	800 in/400 out	720	0,0154	0,0154
Rectangular	CODO	1	8	8	4	400	900	0,0612	0,0612
<b>Total, Caída de Presión</b>									<b>0,2802</b>

Determinar la caída de presión estática en el sistema de la línea de suministro es importante, porque permite determinar la pérdida de energía que sufre el fluido desde el punto inicial hasta el punto más alejado y que se debe tener en cuenta para dimensionar la red de ductos como seleccionar el ventilador. En la Tabla 13, se permite evaluar la caída de presión estática en todo el ducto de suministro y que el ventilador debe vencer, para lo cual como se presentan dos difusores de salida de aire, entonces se determina cual es el ramal crítico y por ende es el ramal más largo, obteniendo una caída de presión de 0,3598 in.wg.

**Tabla 13**

*Caída de presión en la línea de suministro de aire.*

Tramo	Accesorio	Total, caída de presión in.wg
1	D-C-D-C-D	0,2282
2	Y-D-Y"-D-C	0,1364
<b>Total</b>		<b>0,3598</b>

*Nota.* Las denominaciones en accesorios de las letras D significa Ducto; la letra C significa Codo y la Letra Y significa una T de repartición de suministro de aire y que se pueden identificar en de acuerdo con el plano de la Figura 15.

**Tabla 14**

*Caída de Presión en el sistema de suministro de aire.*

Sección	Accesorio	Cant	Caída de presión in.wg	Total, caída de presión en sección del sistema	Total, caída de presión in.wg
Ducto	Suministro	1	0,0649	0,0649	0,0649
Difusor	24X48	3	0,33	0,99	0,99
Accesorios	CODO 12X12	2	0,0909	0,1818	0,2802
	UNION "Y"	1	0,0218	0,0218	
	UNION "Y"	1	0,0154	0,0154	
	CODO 8X8	1	0,0612	0,0612	
Filtros	MERV 8	1	0,553	0,553	3,093
	MERV 11	1	0,65	0,65	
	MERV 15	1	0,69	0,69	
	HEPA 99,99%	1	1,20	1,20	
<b>Caída de Presión total</b>					<b>4,4281</b>

Finalmente, después de haber establecido todas las secciones de tubería, accesorios, filtros y difusores del sistema de transporte de suministro de aire se suman todas las caídas de presión, se determina la sumatoria de la presión estática externa de la línea de suministro para lo cual el sistema aporta una caída de presión de 4,4281 in.wg y que se puede ver reflejada en la Tabla 14.

### 5.3 Sistema de ductos de retorno y extracción de aire

Para el dimensionamiento del sistema de ductos de retorno y extracción de aire se requiere determinar a través del sistema de retorno la cantidad de aire que será extraído por el ventilador a través de la línea de retorno, se establece el mismo método realizado para la línea de suministro con coeficiente de fricción de 0.15 y aplicando ingeniería inversa se empieza a diseñar los ductos primero a través de las rejillas hasta llegar a la unidad manejadora. Para ello establecemos que:

$$\text{Aire Retorno} = \text{Aire Suministro} - \text{Aire Exterior}$$

$$\text{Total suministro Aire de Retorno} = 1200 \text{ CFM} - 200 \text{ CFM}$$

$$\text{Total suministro Aire de Retorno} = 1000 \text{ CFM}$$

Cabe destacar que el aire exterior se determina a partir del 16,67% del aire de suministro o de los 5 cambios hora que son ingresados a la unidad manejadora y que se pierden en el sistema a través de las infiltraciones por la puerta de ingreso al quirófano. En la Tabla 15 y Tabla 16 se muestran las especificaciones técnicas del sistema de retorno de aire, el dimensionamiento de los ductos y accesorios de retorno, donde se especifican las características constructivas, la velocidad, caudal y caída de presión.

**Tabla 15**

*Especificaciones de la línea de extracción de aire.*

Tramo	Forma ducto	Flujo de aire (cfm)	Longitud (ft)	Ancho (in)	Alto (in)	Velocidad (fpm)	Caída de presión in.wg
A	Rectangular	500	32	9	9	889	0,0405
B	Rectangular	1000	30	18	9	889	0,0251
<b>Total Caída de Presión</b>							<b>0,0649</b>

**Tabla 16***Especificaciones Técnicas de accesorios de la línea de Retorno.*

Forma	Accesorio	Cant	Alto (in)	Ancho (in)	Radio (in)	Flujo de aire (cfm)	Velocidad (fpm)	Caída de presión in.wg	Total, caída de presión in.wg
Rectangular	CODO UNION	3	9	9	4,5	500	889	0,0597	0,1791
Rectangular	"Y"	1	9	9	6	500 in/1000 out	889	0,0153	0,0153
Rectangular	CODO	2	9	18	9	1000	889	0,0603	0,1206
<b>Caída de Presión total</b>									<b>0,3150</b>

Finalmente, una vez determinado el dimensionamiento de la red de ductos, y seleccionando las rejillas de extracción, se determina la caída de presión del sistema de retorno, para ello en la Tabla 17 se determina la caída de presión total en la línea de retorno.

**Tabla 17***Caída de Presión en el sistema de Retorno de aire.*

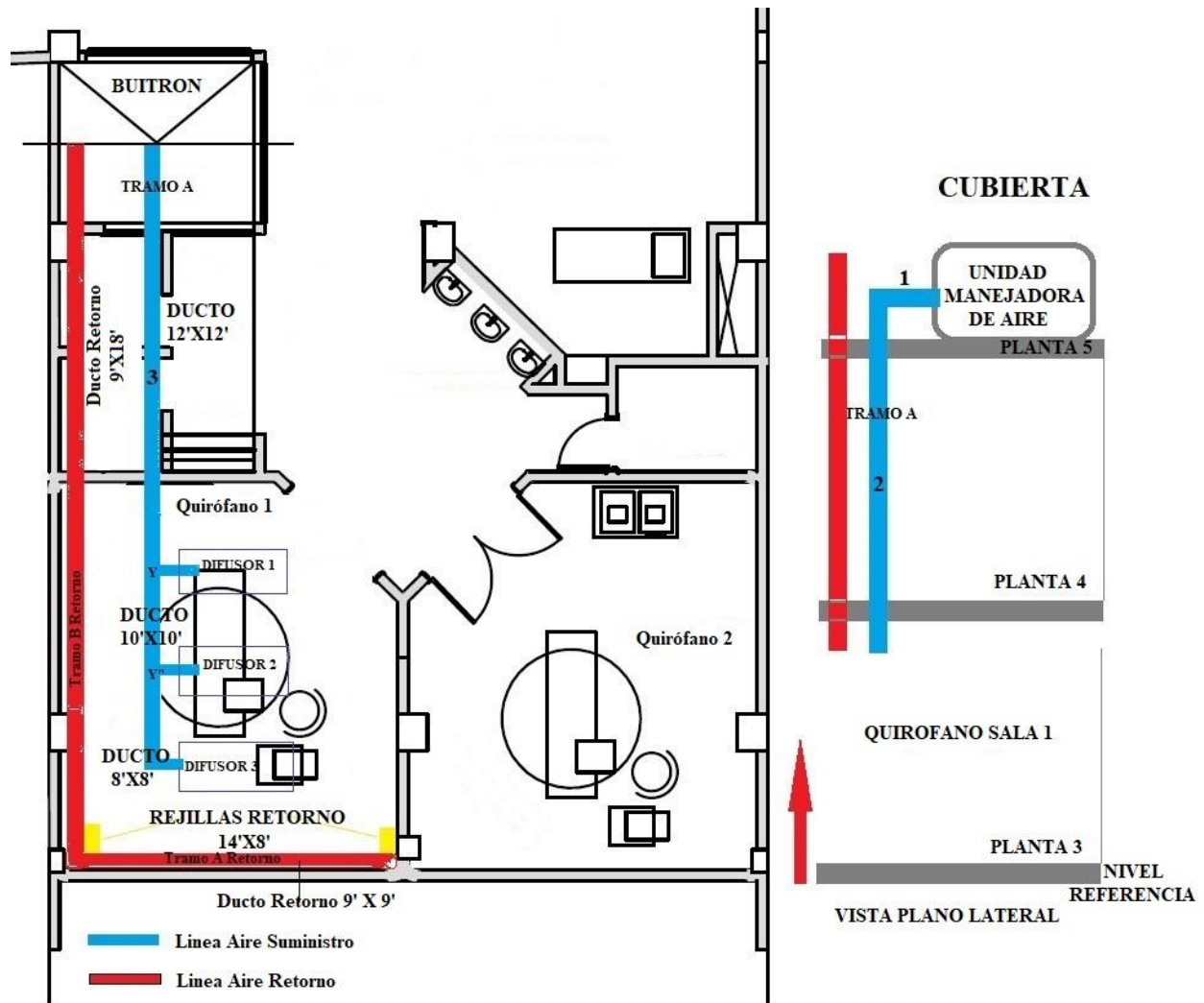
Sección	Accesorio	Cant	Caída de presión in.wg	Total caída de presión en sección	Total caída de presión in.wg
Ducto	Retorno	1	0,0649	0,0649	0,0649
Accesorios	CODO 9X9	3	0,0597	0,1791	0,3150
	UNION "Y"	1	0,0153	0,0153	
	CODO 9X18	2	0,0603	0,1206	
Rejillas	L-RF - 14X8	2	0,147	0,294	0,294
<b>Caída de Presión Total</b>					<b>0,6746</b>

En la Figura 15 se presenta el diagrama de la red de suministro y retorno de aire, cabe destacar que la unidad manejadora de aire se instalara en la cubierta a cielo abierto y red de ductos se desplazaran a través de un vacío de la estructura del edificio hasta llegar a la tercera planta. La figura representa la vista superior de la sala de quirófano por donde serán distribuidos los ductos

de suministro y retorno, además de ello se presenta el dimensionamiento de la red como también la ubicación de los difusores seleccionados y la ubicación de las rejillas de extracción.

**Figura 15**

*Diagrama de distribución de línea de suministro y retorno de aire.*



*Nota.* El diagrama representa la ubicación de la red de ductos, azul suministro y rojo retorno. Los puntos amarillos las rejillas de extracción de aire y los puntos 4 y 6 la ubicación de los difusores dentro de la sala de cirugía 1.

En la Tabla 18, se presenta el dimensionamiento del sistema del aire acondicionado para la línea de suministro y retorno de aire del local, el cual se dispuso, y de acuerdo con los planos

arquitectónicos, se estudió la posibilidad de ubicar la unidad manejadora de aire y la unidad condensadora, buscando siempre la menor distancia de la distribución de los ductos y dado a los pocos buitrones del edificio, se pudo establecer de la mejor manera la distribución de los ductos.

**Tabla 18**

*Dimensionamiento de sistema de ductos de suministro y retorno.*

Línea	Forma ducto	Tamaño "in"	Longitud	Longitud total	Codos
Suministro	Rectangular	12 x 12	30,3 ft	43.42 ft	2
	Rectangular	10 x 10	6,56 ft		
	Rectangular	8 x 8	6,56 ft	1	
Retorno	Rectangular	9 x 9	32 ft	62 ft	3
	Rectangular	18 x 9	30 ft		2

*Nota.* La longitud de los ductos de suministro tiene un aproximado de 13.23 m y de retorno 19 m

## 5.4 Selección de Difusores y Rejillas de Retorno

### 5.4.1 Selección de Difusores

Para la correcta selección de difusores y partiendo con la nueva normatividad vigente para el diseño de una sala de cirugía se requiere de un sistema de difusión de flujo laminar unidireccional entregando aire limpio al espacio acondicionado.

La sala requiere suministrar 1200 CFM de aire para lo cual, el caudal de aire está distribuido en tres difusores en el catálogo de Price Industries modelo LFDC (Difusor de flujo laminar con filtro HEPA) el cual cumple con las especificaciones técnicas de ancho x largo de 24 in X 48 in y tamaño de entrada de 12 in. Cuyo caudal de aire de suministro es 400 CFM y tiene un filtro HEPA al 99.99 %. 3µm y nivel bajo de ruido,

La Figura 16 representa la configuración técnica como se presenta el tipo de difusor seleccionado se clasifica como un difusor no aspirante tipo "E" bajo estándares ASHRAE. Este

tipo de difusores permiten controlar la concentración de partículas dentro de una sala al suministrar caudal de aire laminar unidireccional con una baja velocidad inicial baja.

### **Figura 16**

*Difusor de flujo laminar con filtro HEPA.*



*Nota.* Difusor que cumple con todos los requerimientos de construcción y de ASHRAE 170.

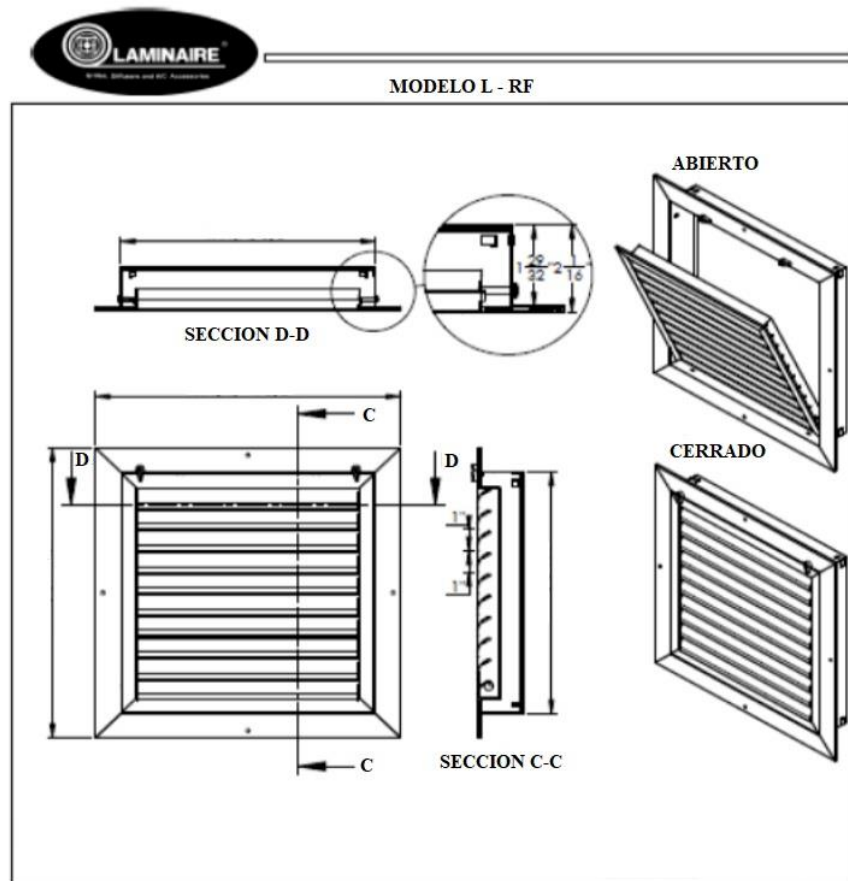
Adaptado de (Price Industries, 2025).

#### ***5.4.2 Selección de Rejillas de retorno***

Para llevar a cabo la selección de las rejillas de retorno, en este caso se determinó a partir del simulador de selección de equipos y bajo las recomendaciones de Laminaire se seleccionan dos rejillas Modelo L-RF de 14 in X 8 in de 550 CFM cada una, para ello tienen una principal característica el cual es abatible y disponen de dámper OB o se puede instalar un filtro en la succión, es de aclarar y por normatividad estas rejillas serán ubicadas a 8 in del suelo y opuestas entre sí, lo más posible.

**Figura 17**

*Rejilla de Retorno con dámper modelo L-RF -OB.*



*Nota.* Rejilla de ventilaci3n con persiana abatible que puede ser usada para extracci3n de aire o como tapa de inspecci3n. Adaptado de (Laminaire, 2025)

### 5.3 Selecci3n de Equipos

Una vez determinada la carga térmica del recinto y como resultado final del software Elite, entrega en su informe la carga neta a disipar por la unidad manejadora de aire, para ello se requiere de un equipo con 2.12 Ton de enfriamiento y un ventilador que suministre 1145 CFM. Para la selecci3n del equipo se presenta en la Tabla 19, se presenta las características técnicas y constructivas para la selecci3n de la unidad manejadora de aire con refrigerante R-401A.

**Tabla 19***Criterios de Solicitud de Manejadoras Especiales de Aire.*

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Tipo de pared	Doble
Espesor del aislamiento	2"
Aplicación	Expuesta al Exterior
Configuración	Horizontal
Caudal de aire	1200 CFM
Altitud de la ciudad de trabajo	3966 ft
Caja de mezclas (sí / no)	Si
Prefiltros 35% 2"	Si
Filtros 65%	Si – Cartucho 4"
Ubicación con respecto al ventilador	Antes
Filtros 95%	Si HEPA 95% - Cartucho 4"
Ubicación con respecto al ventilador	Después
Post Filtros HEPA 99.97% 12"	Si
Filtros especiales	HEPA 99,99%
Capacidad Total (Btu)	25400 Btuh
Capacidad Sensible (Btu)	18463 Btuh
Temperatura condensación (°F)	53
Temperatura bulbo seco aire entrando al serpentín (°F)	70
Temperatura bulbo húmedo aire entrando al serpentín (°F)	60
Caída de presión estática externa (columna de agua.)	4,43
Variador de frecuencia	Si
Sistema de control	Si
Variable a Monitorear	Temperatura, Humedad, Monitor de presión diferencial, Modo Ocupado/Desocupado

Para lograr seleccionar un equipo o accesorio del sistema de climatización para la sala 1 del quirófano, se hace necesario establecer contacto a los diferentes proveedores de equipos ya sea locales, nacionales e internacionales; siempre y cuando se cumplan todos los parámetros acordados.

De acuerdo con las especificaciones en la Tabla 19; el proveedor de JNS INGENIERÍA Y SOLUCIONES SAS, se permite atender nuestra solicitud y cotizar una unidad manejadora de aire de alta eficiencia **Modelo AHUHC-200-3-ZBGR31C.M8.M11.M115.HEPA** ver Figura 19, el cual requiere de un serpentín de enfriamiento de 2.5 “TR” Toneladas de refrigeración y expansión directa de un circuito y 2000 CFM. Asimismo, se puede observar las etapas de filtración en la unidad manejadora y su ubicación dentro de sí misma, el tamaño nominal de cada filtro seleccionado.


Este modelo de unidad manejadora de aire es fabricado con tecnología de alta calidad y eficiencia, logrando así, la mayor confiabilidad y el menor consumo de energía del mercado para equipos de esta configuración.

Para la selección del motor dentro de la unidad manejadora, se seleccionó un ventilador marca ZIEHL ABEGG, **Modelo GR31C-ZID.CC.CR 3~ 200-240V 60Hz**, tiene una potencia de 3.00 Kw libre de mantenimiento y capaz de trabajar con el 100% de los filtros sucios; en la Figura 20 se observa la ficha técnica del ventilador de la unidad manejadora de aire con todas sus características, es decir los datos técnicos del motor.

Para la unidad condensadora, el proveedor TECAM, por catálogo se selecciona una unidad condensadora marca TECAM de 3 TR, vertical Modelo 1 UVC 36 con compresor SCROLL HERMET, el cual tiene una eficiencia alta de refrigerante R410-A, como características es su bajo ruido y baja presión de condensación además de ello su descarga es vertical.

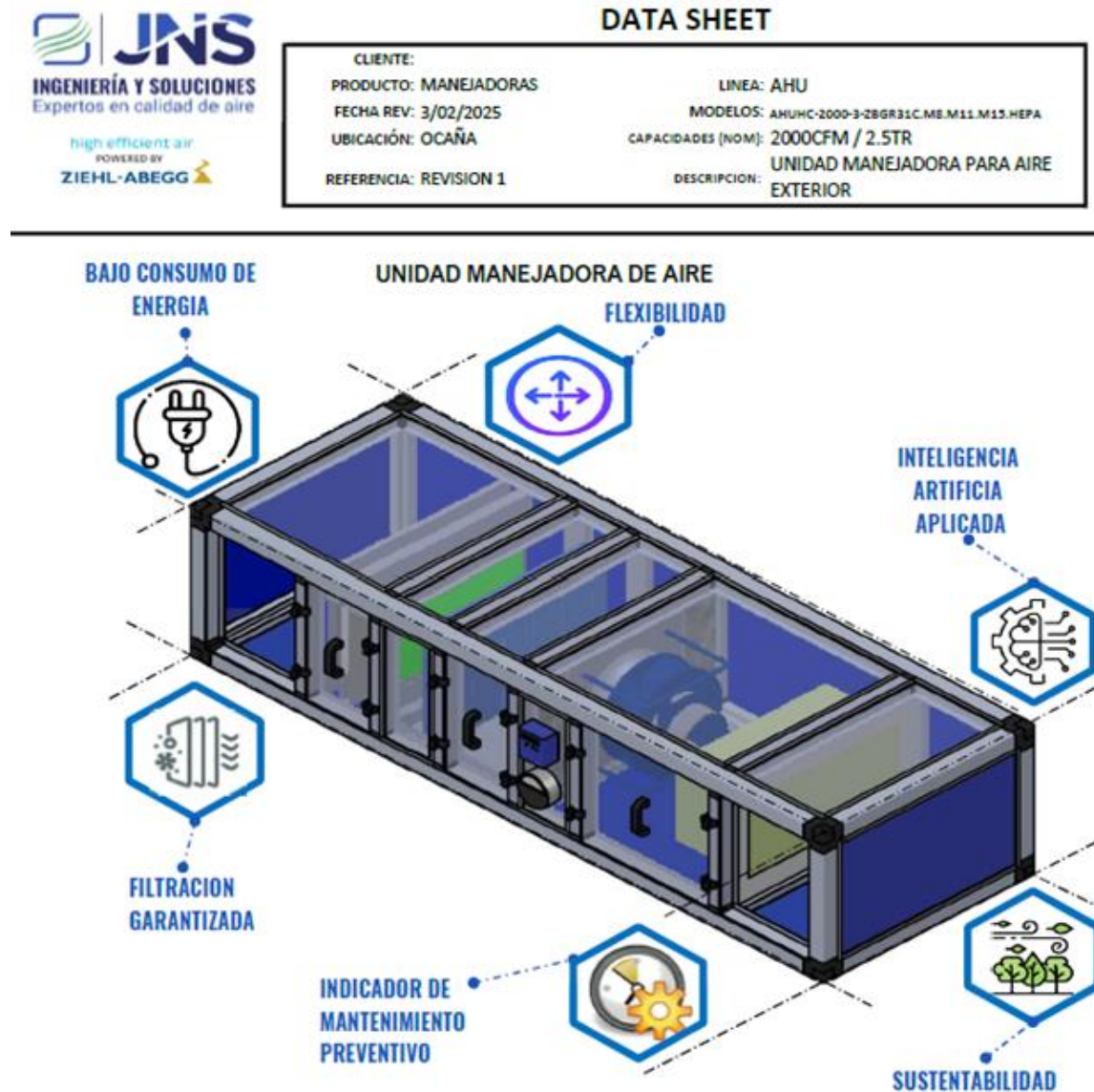
Figura 18

Cotización Unidad Manejadora de aire exterior.

 <p><b>JNS</b> INGENIERÍA Y SOLUCIONES Expertos en calidad de aire</p>	<b>FORMATO DE COTIZACIÓN</b>				Código: TYC-F-001	
					Versión: 002	
					Vigencia: 24.08.2022	
					Páginas: 1 de 1	
<p><b>JNS INGENIERÍA Y SOLUCIONES SAS</b> NIT DIRECCIÓN: km. 9</p>	<b>CO-250212-01N REV 0</b>					
	Fecha:			12-feb-25		
	DATOS DEL CLIENTE					
	NOMBRE			ANUAR PACHECO		
	NIT					
	DIRECCIÓN					
	CIUDAD					
	TELÉFONOS					
	CORREO ELECTRÓNICO					
	CONTACTO:					
PROYECTO:			MANEJADORA DE AIRE Clínica Nuestra Señora de Torcoroma			
De acuerdo a su solicitud nos permitimos cotizar los siguientes ítems:						
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	V. UNITARIO (COP)	V. TOTAL (COP)	
UMA-01	UNIDAD MANEJADORA DE ALTA EFICIENCIA ( <u>MODELO AHUHC-2000-3-7BGR31C.M8.M11.M15.HEPA</u> ), DOBLE PARED DE 2" / LAMINA GALVANIZADA C-20 CON PINTURA ELECTROSTÁTICA / CONFIGURACIÓN "HORIZONTAL" / PARA USO EN EXTERIOR (INCLUYE CUBIERTA)/ ENSAMBLAJE TIPO MODULAR ( MODULOS : CAJA DE MEZCLA / PREFILTROS - FILTROS / ENFRIAMIENTO / MOTOR / VENTILADOR / FILTRO FINAL ) ,ESTRUCTURA EN ALUMINIO ANONIZADO, BANDEJA DE CONDENSADO EN ACERO INOXIDABLE C18, INCLUYE MANOMETRO ANALOGO / CPG-6000 (CONTROLADOR PARA CAUDAL CONSTANTE) / SENSOR DUAL TEMPERATURA Y HUMEDAD / SWITCH DE PRESIÓN DIFERENCIAL , PREFILTRO 35% , FILTRO 65% ,FILTRO 95% ,POSTFILTRO HEPA (99,95)% / <u>SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO DE 2.5 TR (NOMINALES) DE EXPANSION DIRECTA DE 1 CIRCUITO</u> / SECCIÓN MOTOVENTILADOR ELECTROCONMUTADO DE ACOPLE DIRECTO / 220/3PH/60HZ / MOTOR EC, <u>CAUDAL 1200 @ 5.8 INWC</u> ( DROP TOTAL CON FILTROS SUCIOS )	UND	1	23.418.867	23.418.867	
Nota: INCLUYE CONTROLADOR CPG-6000 PARA MANTENER CAUDAL CONSTANTE / VALVULA TERMOSTATICA / ALARMA DE FILTROS SUCIOS				<b>SUBTOTAL 1</b>		23.418.867
				IVA 19%		4.449.585
				<b>TOTAL</b>		27.868.452

**Figura 19**

*Unidad Manejadora para aire exterior.*




FILTRACION		
FILTRO	MEDIDA NOMINAL	CANTIDAD
M8 (35 %)	24 X 24 X 2"	1
M11 (65 %)	24 X 24 X 4"	1
M15 (95 %)	24 X 24 X 4"	1
HEPA (99,99 %)	24 X 24 X 11 1/2"	1

**Figura 20**


*Ficha técnica del Ventilador de la unidad manejadora de aire.*

# FANselect



Datos del ventilador
12/02/2025

Version: FANselect V 1.01 (230605), AMCA V 1.03 September, 2021-ibr-RLT V 1.00 Dezember, 2021 / 1.23.06.05 | 47398 | (Usuario ZAF637398)



tipo	GR31C-ZID.DC.CR	
Número de artículo	116553/A01   Portfolio STD-WW	
<b>datos técnicos</b>		
Motor	ECblue	
Efficiency class	IE5	
Alimentación de red	-	3~ 230V 60Hz Y
temperatura ambiente,	°C	40
densidad (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	1.04
Altitud	m	1200
Temperatura	°C	20
Eficiencia $\eta_{statA}$	%	64,7
Eficiencia $N_{actual}   N_{target}$	70,0   62	
Conformidad ErP	2015   Regulador EC integrado	
grille   influence	no	
<b>Datos del ventilador</b>		
SFP-class   SFP-valores ( $P_{SFP}$ )	-   Ws/m <sup>3</sup>	5   2930
caudal ( $q_v$ )	ft <sup>3</sup> /min	1200.0
air velocity	m/s	5.93
Presión, stat. ( $p_{st}$ )   tot. ( $p_T$ )	in.wg.   Pa	5.800   1463
Potencia eléctrica de toma ( $P_{sys}$ )	W	1659
Eficiencia del sistema stat. ( $\eta_{st,sys}$ )   tot. ( $\eta_{T,sys}$ )	%	49.3   49.9
Velocidad del ventilador (n)   max. (n <sub>max</sub> )	1/min	3501   3910
Velocidad del ventilador, valores de ajuste	%	90
Frecuencia ( $f_{DP}$ )   ( $f_{max}$ )	Hz	60   60
voltaje	V	230
Intensidad	A	4.89
Datos sonoros, lado de aspiracion ( $L_{w(A),s}$ )   ( $L_{w,s}$ )	dB	87   93
Datos sonoros, lado de presion ( $L_{w(A),s}$ )   ( $L_{w,s}$ )	dB	93   97
Dimensiones (a x h x l)	mm	450 x 450 x 343
Peso	kg	20
k-factor para la presion en la embocadura (k)	-	95
Diferencial de presion	Pa	461

PF-PF\_50; Ano:116993; STot:~10 %

## 6. Conclusiones

El empleo de herramientas computacionales es de gran importancia porque permite validar ciertos criterios de variables que se pueden controlar a través de un sistema, en este caso se emplea el software de diseño CHVAC ELITE SOFTWARE, para lo cual se tiene en cuenta por norma los cambios/horas en la unidad manejadora para el caudal de aire impulsado y las renovaciones de aire exterior mínimas que se requieren ingresar al quirófano con el fin de medir la eficacia con la que se reemplaza el aire interior, en este caso se toma un aproximado del 20 % de aire exterior es ingresado al local para extraer las cargas sensibles del local.

Las renovaciones de aire exterior es uno de los principales componentes de la ventilación, aunque estableciendo tres etapas de filtración podemos obtener una buena calidad del aire sin presencia de microorganismos, se debe garantizar mínimo un caudal de aire exterior de 1200 m<sup>3</sup>/h para lograr mantener un nivel aceptable en el ambiente dentro del local, manteniendo así niveles de concentración bajos, para nuestro caso se mantiene un promedio 2038 m<sup>3</sup>/h recirculando por el local.

La carga térmica diseñada para el quirófano de la sala de cirugía se estableció para un local ISO 6 – Clase A, en que se tuvieron en cuenta diversos factores por normatividad vigente y estableciendo los criterios de diseño de estas misma normas; se requiere acondicionar un recinto de 2.5 Toneladas de refrigeración para lo cual el sistema aporta un 48,96 % de carga sensible, es decir casi la mitad de la carga sensible del local, es suministrada por el ventilador de aspiración y el aumento de temperatura en el ducto de suministro.

Un valor importante a tener en cuenta es la carga térmica a través de las particiones o muros, dado que es un local que se encuentra herméticamente bien aislado, su ubicación lo

favorece y la importancia que tienen del aislante térmico (cerámico) en paredes hace que la transferencia desde y hacia sea insignificante. Mientras que el 19.87% lo aporta infiltraciones tanto de aire exterior como infiltraciones por la puerta de acceso al quirófano; por tanto, el otro 29.95% de la carga del local lo aportan los perfiles de operación (Personal médico, iluminación y equipos). Esta carga térmica es difícil de controlar porque es la que varía a través del tiempo a medida que transcurren las diversas cirugías dentro de la sala.

Para la ubicación e instalación de los dispositivos de la línea suministro y retorno (Difusores y Rejillas de retorno) del sistema de climatización. Los difusores seleccionados cumplen con normatividad garantizado en la unidad terminal filtración HEPA al 99.99%, donde se establece un arreglo en techo difusores de flujo laminar unidireccional hacia abajo el cual cubren el área del paciente y equipo médico manteniendo cierto control de la velocidad en aire creando una franja térmica entre los difusores y la zona operatoria, disponiendo al mismo tiempo de rejillas de retorno ubicadas al costado y opuestas entre si el cual ayudan a crear un efecto turbulento en la zona periférica del quirófano garantizando la creación de la franja térmica y que deben instalarse al menos a 8 in (20cm) de la altura de piso según ASHRAE.

Para la selección de la unidad manejadora de aire se requiere primero que todo el cálculo de la carga térmica, la Psicrometría de la sala y el dimensionamiento de los ductos de suministro y retorno, para ello se empleó una herramienta de diseño de VariTrane Duct Designer, de la empresa de TRANE, el cual por medio del método de igual fricción se determinó la caída de presión estática externa en el sistema de ductos, accesorios de conectividad, difusores y filtros que pueda disponer para la limpieza del aire manteniendo siempre la menor distancia posible.

### Referencias Bibliográficas

- ASHRAE. (2013). *Ventilación de instalaciones de atención médica*. ASHRAE. doi:ISSN 1041-2336
- Castro Ruiz, Francisco; San José Alonso, Julio; Villafruela Espina, José Manuel; Guijarro Rubio, Álvaro . (2011). *Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros hospitalarios de Castilla y León*. Valladolid : Mata Digital, S.L. . doi:ISBN: 978-84-614-4588-9
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2010). Ventilación general en hospitales. En M. G. Farrás, *Notas Técnicas de Prevención NTP 859* (pág. 6). Barcelona.
- Laminaire. (2025). Obtenido de L-RF-G – Rejilla tipo registro cuadrícula:  
<https://laminaire.net/producto/l-rf-g-rejilla-tipo-registro-cuadrícula/>
- Norma Española UNE 171340. (2020). Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales. Recuperado el Noviembre de 2024, de <https://plataforma-aenormas-aenor-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/pdf/UNE/N0064465>
- Norma Técnica Colombiana NTC 5183. (2023). *Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores (NTC 5183)*. ICONTEC. Recuperado el OCTUBRE de 2024, de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-US&Q=74D3E85A81AA4A1D12460C815CB42DBA96DF3D9C2A164539&Req=>
- Norma Técnica Colombiana NTC 6460. (2020). *Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales*. Icontec. Recuperado el Octubre de 2024, de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-US&Q=C79ADEF30CE8CF246BA8CA99B0A24B67706D6BEA7521E7F0&Req=>
- Organización Mundial de la Salud . (2022). *La OMS publica el primer informe mundial sobre prevención y control de infecciones (PCI)*. Ginebra: OMS. Recuperado el 01 de Noviembre de 2024, de <https://www.who.int/es/news/item/06-05-2022-who-launches-first-ever-global-report-on-infection-prevention-and-control>
- Organización Mundial de la Salud. (2003). *Prevención de las infecciones nosocomiales*. Recuperado el 30 de Octubre de 2024, de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/67877/?sequence=1>
- Price Industries. (2025). Obtenido de LFDC - Laminar Flow Diffuser with HEPA Filter:  
<https://www.priceindustries.com/criticalenvironments/products/lfdc-lfdcss-laminar-flow-diffuser>
- UNE 100713. (2005). Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. En *Norma Española 100713* (pág. 34). Madrid, España: AENOR.