



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN
MEDIANTE UN SISTEMA HVAC EN UN CUARTO DE
HOSPITALIZACIÓN PARA PACIENTES CONTAGIADOS CON EL VIRUS
COVID-19**

Autores: Mora Guillermo

C.I V- 19.365.627

Sevillas Yosmar

C.I V-27.014.745

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN
MEDIANTE UN SISTEMA HVAC EN UN CUARTO DE
HOSPITALIZACIÓN PARA PACIENTES CONTAGIADOS CON EL VIRUS
COVID-19.**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de

INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Sevillas G, Yosmar A

C.I V-27.014.745

Mora R, Guillermo J

C.I V-19.365.627

Tutor:

Ing. Alicia De Pizzella.

San Diego, Octubre del 2020



FI-M-001-2020-2CR (TG)

Valencia, 09 de octubre de 2020

Ciudadano:
Mora R., Guillermo J.
19.365.627
Sevillas G., Yosmar A.
27.014.745
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2020 de fecha 27-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE UN SISTEMA HVAC PARA UN CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN CON PACIENTES CONTAGIADOS CON EL VIRUS COVID 19** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia Yáñez de Pizzella C.I: 4.598.880 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dra. Zaida Osto

Decana (E) de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

OZ/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Alicia De Pizzella, portador de la cédula de identidad N° V-4.598.880, en mi carácter de tutora del Trabajo de Grado presentado por los ciudadanos Mora Rebolledo, Guillermo José, portadora de la Cédula de Identidad N° V-19.365.627, y Sevillas González, Yosmar Alejandro, portador de la Cédula de Identidad N° V-27.014.745, titulado **SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO (HVAC) EN UN CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN PARA PACIENTES CONTAGIADOS CON EL VIRUS COVID-19**, presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO CIVIL, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En San Diego, a los 26 días del mes de Octubre del año dos mil veinte.

Ing. Alicia De Pizzella

V- 4.598.880

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de haber escogido esta carrera tan maravillosa gracias además por haberme brindado la salud necesaria y el tiempo para haber culminado este logro tan importante. Así como también la fe, la constancia y las fuerzas necesarias para continuar a pesar de los momentos difíciles de mi vida.

Gracias a mis padres Norma Rebolledo y Guillermo Mora por haberme inculcado los valores de responsabilidad, perseverancia y sobre todo la constancia para hacer posible mi sueño hecho realidad. Gracias a Dios darme el placer de disfrutar con ellos mi logro.

A mi novia Marialejandra Dominguez, por ser mi motor de impulso en el transcurso de estos últimos años de mi carrera, dándome el apoyo incondicional así como levantarme el ánimo cuando me veía caer.

Gracias a mi profesora y tutora Alicia de Pizzella por ayudarme en estos años en el transcurso de cada semestre de carrera, haciendo posible el poder cumplir mi meta la cual al pasar de los años siempre ha estado como prioridad en mi vida.

Gracias a mi profesor y amigo Americo Cepeda, por inspirarme a seguir luchando por mi carrera y enseñarme con paciencia y serenidad cuando no veía una solución.

A mi abuela Ana de Jesús y familia por darme siempre el amor, cariño y apoyo incondicional en mi vida.

Y por último pero no menos importante a mi compañero de tesis Yosmar Sevilla por aceptar este reto conmigo, que Dios lo bendiga y en el transcurso de los años nos recordemos este momento tan especial como fue culminar la carrera juntos.

Guillermo Mora

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le doy gracias a Dios por brindarme mucha vida, fuerza y buena salud para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida y cumplir un sueño.

A mis padres, Omar y Yajaira, siempre les estaré agradecido por todo lo que han hecho por mí. Ese apoyo y amor incondicional que nunca me faltó, haciendo sacrificios para ayudarme a seguir con mis estudios y, a pesar de pasar por situaciones difíciles, siempre hemos estado juntos en todo momento. Mi hermana, Yosmary, también fue un impulso para mí en todo momento, siempre estando ahí para mí, pasando todo tipo de situaciones juntos y, sabiendo que también será una gran profesional, motivándome a culminar mi carrera para demostrarle que con constancia y esfuerzo si se pueden alcanzar las metas. A los 3 los amo muchísimo.

Mis abuelos, tíos y primos siempre apoyándome y dándome la motivación necesaria para seguir adelante y siempre deseándome lo mejor. Mención especial para mi abuela materna, Rosa María, que siempre quise que me viera como Ingeniero en vida, pero a pesar de que se fue físicamente este mismo año, sé que siempre me estará apoyando desde arriba.

Agradezco a la profesora Alicia de Pizzella por ser mi tutora y por todas las enseñanzas que me brindó durante toda la carrera, siendo la única profesora que he visto desde mi primer semestre hasta el final. También al resto de profesores por siempre estar a disposición de los estudiantes y, a pesar toda la situación y las dificultades, siguiendo con esa vocación para la enseñanza y todos los consejos brindados.

A todos mis compañeros que he conocido durante toda la carrera y sobre todo a esos buenos amigos que he hecho. Gracias a mi compañero de Tesis, Guillermo Mora, por realizar conmigo este último trayecto y este trabajo de grado, otro buen amigo que hice durante todo este tiempo y que también me ha ayudado y apoyado mucho.

Yosmar Sevilla

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
NOMENCLATURA.....	xiv
RESUMEN INFORMATIVO.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA.....	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	9
1.3 Objetivos de la investigación.....	9
1.3.1 Objetivo General.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 Justificación.....	9
1.5 Alcance.....	10
1.6 Limitaciones.....	11
II MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	12
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1 Sistema HVAC.....	15
2.2.2 Fundamentos de un Sistema HVAC.....	16
2.2.3 Localización del Equipamiento para el control HVAC.....	18
2.2.4 Procesos que conforman la automatización de los Sistemas HVAC	19
2.2.5 Ciclo interno del Aire Acondicionado.....	19

2.2.6 Torre de enfriamiento.....	23
2.2.7 Ciclo de Refrigeración con Agua Helada.....	24
2.2.8 Otras Etapas del Ciclo de Refrigeración.....	25
2.2.9 Organizaciones de la Regulación y Estándares para los sistemas HVAC.....	26
2.2.10 Temperatura.....	26
2.2.11 Termodinámica.....	27
2.2.12 Primera ley de la termodinámica.....	27
2.2.13 Segunda ley de la termodinámica.....	28
2.2.14 La ley cero de la termodinámica.....	28
2.2. Transferencia de Calor.....	29
2.2.16 Conducción.....	29
2.2.17 Convección.....	30
2.2.18 Radiación.....	31
2.2.19 Coeficiente de desempeño (COP).....	32
2.2.20 Ciclo de Carnot.....	32
2.2.21 Ciclo invertido de Carnot.....	35
2.2.22 Coronavirus.....	35
2.2.23 COVID -19.....	35
2.2.24 Diferencia entre aislamiento, cuarentena y distanciamiento.	36
2.3. Definición de términos básicos.....	36
III MARCO METODOLÓGICO.....	38
3.1 Tipo de Investigación.....	38
3.2 Diseño de la Investigación.....	38
3.3 Nivel de Investigación.....	39
3.4 Población.....	39
3.5 Muestra.....	40
3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	40

3.7 Fases metodológicas de la investigación.....	41
IV RESULTADOS.....	43
4.1 Diagnosticar la situación actual a nivel hospitalario.....	43
4.1.1 Condiciones de riesgo para los trabajadores del sector salud en los centros hospitalarios con presencia de pacientes con COVID-19.....	44
4.1.2 Lista de hospitales dispuestos para la atención a los pacientes contagiados con el Virus COVID-19 en Venezuela	45
4.2 Analizar la ubicación más conveniente para colocar el proceso del Sistema HVAC.....	48
4.2.1 Estudio de las dimensiones del cuarto de hospitalización en donde implementara el sistema HVAC.....	48
4.2.2 Realizar el cálculo de las cargas térmicas registradas en el cuarto de hospitalización para los pacientes contagiados por el virus COVID-19.....	49
4.2.3 Estudio de los componentes y funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire HVAC para el cuarto de hospitalización.....	54
4.2.4 Determinar la ubicación más conveniente para la instalación del sistema.....	64
4.2.5 Montaje del sistema HVAC.....	67
4.2.6 Reorganizar la habitación para lograr la mayor efectividad del sistema HVAC.....	73
4.3 Determinar las variables a utilizar en el proceso HVAC.....	74
4.3.1 Virus SARS-CoV-2.....	74
4.3.2 Comportamiento del virus en espacios cerrados y sobre superficies.....	76
4.3.3 El Virus en Hospitales, aire acondicionado, importancia de	

temperatura y de una buena ventilación.....	77
4.3.4 Sistema HVAC frente al SARS-CoV-2.....	78
4.3.5 Recomendaciones para un Sistema HVAC en establecimientos de Salud.....	79
4.4 Simulación del Sistema HVAC en un cuarto de hospitalización....	83
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	96
ANEXO	
A Coeficiente de transferencia (μ) de materiales aislantes.....	99
B Tabla promedio de los cambios de aire para cavas.....	99
C Catálogo INDUTERM para rejillas de impulsión.....	100
D Catálogo de INDUTERM para rejillas de retorno.....	102
E Carta psicométrica de CARRIER.....	104
F Carta psicométrica de CARRIER altas temperaturas.....	105
G Catálogo BrotoTermic resistencias calefactoras.....	106
H Catálogo de equipos de refrigeración tipo paquete TRANE.....	107
I Catálogo de filtros de aire TRANE.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	Conductividad térmica de los materiales más importantes a temperatura ambiente.....	29
2	Coefficientes más comunes de transferencia por convección, (h).....	30
3	Constante de emisividad de algunos materiales.....	31
4	Listado de hospitales al servicio de pacientes con COVID-19.....	45
5	Interpolación.....	51
6	Interpolación y Extrapolación.....	52
7	Recomendaciones Generales del proceso HVAC.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Diagrama de bloques etapas que conforman un sistema de aire acondicionado.....	19
2	Proceso de reducción de la presión del fluido. (Expansión).....	19
3	Manejadora.....	20
4	Manejadora marca Carrier.....	20
5	Fan-Coil.....	21
6	Proceso de Compresión de un gas.....	22
7	Proceso de licuefacción de un gas.....	22
8	Condensadora marca York.....	23
9	Torre de Enfriamiento.....	24
10	Diagrama de un Ciclo de Refrigeración con agua helada.....	25
11	Representación del principio básico de la conservación de energía.....	28
12	El calor se transfiere en la dirección de lo caliente a lo frío.....	28
13	Proceso de expansión isotérmica reversible.....	33
14	Proceso de expansión adiabática reversible.....	34
15	Proceso de compresión isotérmica reversible.....	34
16	Proceso de compresión adiabática reversible.....	35
17	Cuarto de hospitalización para pacientes con COVID-19.....	49
18	Motor trifásico tipo jaula de ardilla.....	54
19	Resistencia eléctrica calefactora de aire.....	55
20	Sensor de Temperatura.....	56
21	Ductería de entrada al cuarto de Hospitalización.....	58
22	Intercambiador de Calor tubular.....	59

23	Aires tipo paquete.....	59
24	Termostato.....	60
25	Rejillas de ventilación.....	61
26	Filtro de Aire HEPA	62
27	Techo recubierto con aislante Temp-Coat 101.....	63
28	Rejilla de impulsión.....	65
29	Rejillas de retorno tipo persianilla (Especial).....	66
30	Rejillas de impulsión y retorno del cuarto de hospitalización.....	67
31	Resistencia calefactora.....	68
32	Representación del funcionamiento del serpentín de enfriamiento del aire y el flujo de aire de entrada y retorno del serpentín con agua.....	70
33	Unidad intercambiadora de calor.....	72
34	Aire Tipo Paquete.....	73
35	Indicador de Acción frente al COVID-19.....	75
36	Simulación de cuarto de hospitalización.....	84
37	Vista frontal con paredes, techo y piso invisible.....	85
38	Ubicación posterior al cuarto de hospitalización.....	86
39	Representación del ductor por simulación CypeCAD.....	87
40	Esquema 2D de la ductería CypeCAD.....	88
41	Simulación de Autodesk SolidWorks de una resistencia calefactora.....	89
42	Simulación por Autodesk SolidWorks de un intercambiador de calor..	90
43	Representación realista del ducto en simulación de un intercambiador de calor.....	91

NOMENCLATURA

V	Velocidad
Q	Calor
T	Temperatura

T_2	Temperatura del estado 2
T_3	Temperatura del estado 3
Q_{H_2O}	Flujo volumétrico del agua
k	conductividad térmica del material
A	Área superficial
	Flujo volumétrico
	Flujo másico
	Volumen específico
ρ	Densidad
q	Absorción



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE UN
SISTEMA DE CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO
(HVAC) EN UN CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN PARA PACIENTES
CONTAGIADOS CON EL VIRUS COVID-19**

Autores: Guillermo José Mora Rebolledo
Yosmar Alejandro Sevillas González
Tutor: Ing. Alicia De Pizzella
Fecha: 2020.

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo la realización de una simulación de un proceso de climatización mediante el diseño de un sistema de acondicionamiento de aire con los respectivos procesos de ventilación y calefacción (HVAC), para prevenir la recirculación del virus COVID-19 en un cuarto de hospitalización, donde se encuentran los pacientes contagiados. Se espera que este sistema reduzca la recirculación y propagación del mismo dentro del espacio acondicionado y con esto se evita el contagio por la exposición contigua del personal médico de salud que labora en estas áreas específicas. Además, este sistema brinda un ambiente de más confort dentro del área, gracias a la calefacción, y una circulación de aire limpio, factor importante en cualquier centro de salud. Se pudo establecer su representación a través del uso del software CYPECAD (Módulo CypeCAD HVAC) y el Autodesk SolidWorks (Herramienta Flow Simulation). La ubicación de este sistema de acondicionamiento (HVAC) se encontró posicionado fuera del cuarto de hospital, solamente los ductos de entrada y salida del aire se ubicaron en contacto con el interior del cuarto mientras que los equipos como el compresor, la resistencia eléctrica para el proceso de des-humificación, así como el evaporador y condensador se encontraron en la parte exterior del cuarto. Metodológicamente se realizó una investigación de tipo proyecto factible, sustentada en un diseño de campo y nivel descriptivo.

Palabras claves: Climatización, des-humidificación, ventilación.

INTRODUCCIÓN

El año 2020 ha sido uno muy particular debido a la aparición de una nueva pandemia, la del virus del COVID-19, que ha puesto al mundo entero en estado de alerta lo cual a llevando a muchos países a decretar cuarentenas en estado nacional para así evitar la propagación del virus y tratar de disminuir la mayor cantidad de contagios posibles en la población, algo sin precedentes debido a que nunca se había visto en la historia tanta cantidad de países tomando esta decisión. Es en estos momentos donde el sector de la salud demanda mucha más importancia haciendo de los hospitales y centros médicos los lugares más concurridos en muchos lugares dependiendo del país y la cantidad de contagiados de este, pero así como los hospitales se volvieron esenciales, también significan un gran riesgo tomando en cuenta que allí es más probable encontrar a las personas contagiadas con COVID-19 y, debido a que el virus puede contraerse de manera relativamente fácil, puede resultar en un riesgo para la salud de cada persona que se encuentre dentro de las instalaciones.

Los Sistemas HVAC son de vital importancia en cualquier hospital o centro de salud ya que gracias a estos se puede encontrar una sensación climática agradable y un aire limpio recirculando, resultando un ambiente óptimo y necesario para este sector y evitando ser perjudicial para los que allí laboran como para cualquier visitante común o paciente. Son estos sistemas los que ofrecen ese confort dentro de las edificaciones, así como también los que proveen las temperaturas necesarias en áreas de gran importancia como quirófanos, unidades de cuidados intensivos y cuartos de hospitalización, siendo este último en el que está enfocado este trabajo.

En épocas de pandemias, estos sistemas se tornan de vital importancia porque son los que reducen el riesgo de contagio de cualquier virus que se pueda contraer fácilmente dentro de un hospital, ya sea por contacto con una superficie infectada o

con una persona contagiada, protegiendo así al personal médico, a los pacientes y a las personas comunes.

Tomando en cuenta que las personas contagiadas con COVID-19 son generalmente aisladas a un cuarto de hospitalización solo para ellos, para así evitar poner en riesgo a los demás, los sistemas HVAC deben funcionar de manera eficiente para así asegurar que el personal médico que esté en contacto con un paciente contagiado del virus no corra ningún riesgo manteniendo el aire que allí recircula libre del virus, o al menos que lo haga menos eficiente. Gracias a este sistema también se ajusta la temperatura requerida para así proveer una sensación de confort para los pacientes y para el personal de salud, ya que una persona contagiada sufriendo de los síntomas necesita de ciertas exigencias en cuanto a sensación térmica se refiere. Generalmente, para el mejor entendimiento de estos sistemas, siempre se optan por programas digitales para representar cualquier proceso que se requiera, antes de entrar al diseño físico de los componentes que lo realizan, el sistema HVAC no es la excepción. En momentos, como la situación global actual con la pandemia, la simulación es bastante eficiente para demostrar el comportamiento de los sistemas de climatización y ventilación, para así proveer conocimiento de la importancia de estos sistemas.

El objetivo principal de este trabajo de grado es la simulación de un proceso de climatización y ventilación mediante un Sistema HVAC para un cuarto de hospitalización para pacientes contagiados COVID-19, siendo la simulación realizada por medio de un programa de computadora que permite representar el funcionamiento del sistema para las dimensiones de un cuarto común de un hospital. El inicio del contenido de la investigación es el Capítulo I, el cual contiene el planteamiento del problema, el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación, cerrando con la justificación para así mostrar las razones e importancia de la investigación.

Luego sigue el Capítulo II, que contiene el marco teórico, donde se muestran los antecedentes de la investigación, las bases teóricas para fundamentar el trabajo y la definición de términos básicos para ayudar a la comprensión del lector.

Posteriormente el Capítulo III, o marco metodológico, encontrándose con el tipo de investigación con el que se desarrolló el tema, el diseño, las fases metodológicas que se siguieron para su realización, técnicas de recolección de datos y demostración de validez y confiabilidad de los instrumentos. Por último, el Capítulo IV, que habla sobre los resultados que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación, cerrando con las referencias bibliográficas con las que se apoyó el trabajo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El COVID-19 es un virus que se ha propagado por todo el mundo, originario del distrito de Wuhan, en China. El virus comenzó a dar de que hablar en diciembre del 2019, aunque se rumora que el virus en realidad apareció en noviembre, siendo este de la familia de los coronavirus y a su vez un derivado del SARS. Para el 11 de marzo del 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) la declaró como pandemia y ya para el 20 de abril del 2020 se han registrado más de 2 millones de infectados en más de 210 países de todo el mundo, con más de 170 mil muertes y 640 mil personas recuperadas. Los diez países con mayor número de infectados son Estados Unidos, España, Italia, Francia, Alemania, Reino Unido, Turquía, Irán, China y Rusia.

El virus se transmite de persona a persona ya sea por las gotas de saliva expulsadas al toser, hablar o estornudar; o por el simple hecho de que una persona contagiada haya tenido contacto con cierta superficie y otra persona sana también tenga contacto a la misma y se lleve las manos a la cara o a las mucosas. El periodo de incubación suele ser de cinco días, pero puede variar de dos a catorce días. Los síntomas más comunes son la fiebre, la tos seca y dificultades para respirar. Las complicaciones pueden incluir la neumonía, el síndrome respiratorio agudo o la sepsis. No existe todavía una vacuna o tratamiento antivírico específico. La única forma de abordaje del mal es a través de la terapia sintomática y de apoyo. Las medidas de prevención recomendadas incluyen lavarse las manos, cubrirse la boca al toser, la distancia física entre las personas y el uso de mascarillas, además del autoaislamiento y el seguimiento para las personas que se sospecha que están infectadas.

Muchos gobiernos del mundo han optado por cuarentenas para así evitar la propagación del virus. Estas cuarentenas pueden ser a nivel nacional o en las zonas con más afectados. Como medida de prevención, muchos de los contagiados son puestos en aislamientos o confinamientos donde son cuidados por un personal médico autorizado para observar la evolución del paciente y así tener la posibilidad de recuperarse de la enfermedad. Es por ello que es recomendable acudir rápidamente al centro de salud más cercano cuando se cree tener los síntomas, esto para ser atendido de manera rápida y adecuada, así como para evitar posibles contagios o, en última instancia, mantenerse en confinamiento y llamar a las autoridades sanitarias.

No existe todavía una vacuna o tratamiento antivírico específico. La única forma de abordaje del mal es a través de la terapia sintomática y de apoyo. Las medidas de prevención recomendadas incluyen lavarse las manos, cubrirse la boca al toser, la distancia física entre las personas apropiadamente a un metro de distancia entre ellos y el uso de mascarillas, además del autoaislamiento y el seguimiento para las personas que se sospecha de esta infección permanecer en cuarentena con un mínimo de catorce días. Los gobiernos han alertado a sus países por optar el aislamiento traducidos a cuarentenas de 30 días a 40 días para así evitar la propagación del virus. Estas cuarentenas pueden ser a nivel nacional o en las zonas con gran número de afectados, aunque se han cerrado fronteras entre países vecinos tratando de minimizar la propagación de la misma.

En América Latina para la fecha del 26 de febrero del presente año, Brasil siendo el país más extenso a nivel geográfico de América latina, da a conocer su informe por las autoridades sobre la presencia del coronavirus siendo el primer caso detectado en un paciente hombre mayor de edad de 61 años. Ese día la Organización Mundial de la Salud (OMS) registra un total de 82.294 casos en todo el mundo, y la inmensa mayoría se concentraba en China con un total del 95% de los casos registrados. Aunque el brote se había declarado por emergencia sanitaria de preocupación internacional por la OMS, todavía faltarían dos semanas para que fuera reconocido como pandemia. Para entonces algunos países ya habían empezado a

restringir la llegada de personas provenientes de China, pero las estrictas medidas de aislamiento social actualmente vigentes en casi todo el mundo parecían inimaginables.

Dos meses después, el mundo es un lugar radicalmente diferente: el total de infectados se ronda por los tres millones y más de 200.000 muertos atribuidos al virus hay víctimas de todos los países de América Latina. Dando entonces Brasil el primer puesto de los países de América latina con mayores casos de COVID-19. Colombia se encontraba el puesto número ocho para ese entonces con un total de 5.379 casos, dando un total para América Latina de 168.248 casos. En Venezuela, gran parte del territorio nacional limita en sus fronteras con los países vecinos: Brasil y Colombia. Debido a esto, el 13 de marzo del presente año se dio a conocer el primer caso de COVID-19 en el país, siendo de carácter de urgencia por parte del estado tomar las medidas necesarias para evitar la propagación del virus, siendo una de estas el uso de tapabocas, restringir la entrada de personas provenientes de Europa y países vecinos y el decreto de cuarentenas en todo el territorio nacional.

Se han contabilizado un total de 455 casos aproximadamente para el pasado 15 de mayo del presente año, siendo los estados con mayor número de contagiados Nueva Esparta y Miranda. A pesar de algunos rumores, en el estado Carabobo no se ha contabilizado de manera oficial ningún caso por el momento, siendo este uno de los pocos estados del país “libres” del virus. Las personas infectadas deben permanecer bajo confinamientos restringidos, esto quiere decir que el recinto debe tener las condiciones necesarias de ventilación mediante un sistema HVAC que le permita un ambiente de confort y seguridad, donde el virus no recircule al ambiente en el cual se encuentran los pacientes y el grupo de salud no sea propenso de contagiarse. Para ello el sistema de aire debe ser adaptado para estas situaciones, así como también el sistema de refrigeración (para mantener temperaturas adecuadas) y la estructura del recinto.

La climatización de espacios siempre implica un análisis de la infraestructura del lugar para lograr la mejor ubicación y satisfacer las demandas en todas las zonas.

Sin embargo, hay sitios que requieren un mayor grado de análisis de variantes porque las repercusiones de una buena instalación pueden impactar no sólo en el confort de las personas, sino incluso en su salud y recuperación, tal es el caso de los centros de salud y hospitales. Históricamente, el HVAC se concebía de una manera más general, teniendo en cuenta la ventilación natural o artificial, buscando el mejor paso del aire. Para mejorar la temperatura se tenía en cuenta a los aparatos tradicionales de calefacción y aire acondicionado. Hoy en día, los sistemas de ventilación mecánicos y las mejoras en la construcción logran que todos los conceptos se unan. Básicamente, HVAC se refiere a la conexión de los tres conceptos en una metodología que logre mejorar el confort y la salud en interiores. Es muy importante destacar que la construcción de los edificios es primordial para el buen uso de los sistemas HVAC.

También hemos de tener en cuenta en HVAC otros conceptos secundarios, pero totalmente arraigados a la climatización. El principal sería el de controlar la humedad, que influirá notablemente en nuestra sensación térmica y también en la salud. Otros son el movimiento del aire interior y la limpieza, que con un sistema de ventilación mecánico se puede conseguir que sean óptimos en interiores. El hospital o centro de salud, de acuerdo a sus necesidades, requerirá de diferentes tipos de climatización, porque no es lo mismo climatizar una sala de espera o el área de cirugía, cuidados de pacientes, patología, laboratorios, esterilización o incluso la zona administrativa. Además, se debe tener muy en cuenta que la situación en una pandemia, como la actual con el COVID-19, hace de todo mucho más riguroso y se debe tener más cuidado ya que se está en un estado de emergencia. Los factores más importantes del sistema de aire acondicionado en un hospital son: temperatura, contenido de humedad, movimiento de aire, limpieza y ventilación.

El principal objetivo de la climatización de un centro de salud, sobre todo en uno donde se encuentre pacientes contagiados con COVID-19, es evitar que se crucen con pacientes sanos con este virus porque eso puede provocar el contagio de enfermedades, aunque también se deben considerar elementos como la limpieza e

higiene de las instalaciones, el aire también es un factor importante dentro de las normas regulatorias de sanidad.

La situación actual de Venezuela no es muy favorable tomando en cuenta de cómo se encuentra la economía, cosa que afecta directamente al sector salud del país. A partir de 1999 el deterioro de la infraestructura y la insuficiencia de los insumos (tecnología y medicamentos, por ejemplo) ha sido de tal magnitud, que hoy día los servicios que se pueden prestar son escasos, carentes de garantía y de dudosa calidad. En ese sentido, la mayoría de los centros de salud públicos no cuentan actualmente con condiciones que garanticen una atención mínima adecuada, debido a la disminución de cerca del 70% de sus medios para prestar servicios de diagnóstico, tratamiento e intervenciones quirúrgicas, la pérdida de más del 50% del personal médico y la precariedad en la que se encuentran su infraestructura y equipamiento, y 60% de paralización de equipos de diagnóstico y tratamiento, y fallas constantes de energía eléctrica y agua.

Entendiendo la situación actual, se puede suponer que los sistemas HVAC, así como también cualquier sistema de ventilación y aire acondicionado, se han visto afectados, por cómo se encuentra el sector salud así como también la falta de mantenimiento a los equipos y las constantes fallas de luz que suceden en el país. En este panorama, con la pandemia de COVID-19, es algo muy grave debido a que si estos sistemas no funcionan de manera correcta en los hospitales y centros de salud significa el aumento de las probabilidades de contagio tanto para el personal médico como para cualquier persona que se encuentre dentro de las instalaciones hospitalarias. Es importante el conocimiento sobre el funcionamiento de un sistema HVAC dentro del sector salud por parte del personal y como ayuda para este tipo de situaciones, con el fin de intentar por cualquier medio posible que todos los sistemas y equipos dentro de un hospital o centro de salud puedan funcionar correctamente.

Lamentablemente, sin estos sistemas presentes en una situación de pandemia dentro de cualquier instalación, el virus puede circular muy libremente y mantenerse

en cualquier superficie durante el tiempo necesario para infectar a cualquiera que tenga contacto con el lugar.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede prevenir la propagación del virus COVID-19 desde los pacientes contagiados hacia el personal de salud en un ambiente hospitalario?

1.3 Objetivos de la Investigación

Para dar claridad a lo que se busca mediante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se plantea un objetivo general y varios objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo General

Simular el proceso de climatización y ventilación de un sistema HVAC para pacientes infectados con el virus COVID-19, y así evitar la propagación del mismo hacia el personal de salud.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual a nivel hospitalario.

Analizar cuál es la ubicación más conveniente para localizar el proceso HVAC.

Determinar las variables a utilizar en el proceso HVAC.

Realizar la simulación del proceso HVAC a utilizarse a nivel hospitalario.

1.4 Justificación

En la presente investigación se propone la simulación del funcionamiento de un sistema HVAC para un área de hospitalización debido a su importancia en el área de la salud; es gracias a este sistema que en cualquier instalación hospitalaria o centro médico se mantiene una temperatura correspondiente para el confort de todo el personal y los pacientes que allí se encuentran, así como también permitir la debida recirculación del aire mediante el sistema de ventilación para así procurar obtener un ambiente mucho más limpio e ideal para un centro de salud.

Las personas se pueden contagiar con mucha facilidad, como es el caso en este momento con el virus COVID-19, un sistema HVAC toma muchísima más importancia debido a que de alguna u otra manera ayuda para que los centros de salud sean seguros para los pacientes y el personal médico, reduciendo las posibilidades de

contagio gracias al sistema de ventilación, evitando que el virus se mantenga el menor tiempo posible sobre las superficies del cuarto, ya que como se sabe, el virus puede contagiarse simplemente con el contacto con cualquier superficie en donde este se encuentre. El Sistema HVAC también garantiza limpieza en el lugar y, como permite controlar la calefacción, la cual se puede usar para mantener una temperatura a la que el virus no pueda mantenerse mucho tiempo activo como para tener la capacidad de infectar a otras personas, ya que se tiene conocimiento de que el virus a ciertas temperaturas elevadas es mucho menos resistente, y con estos sistemas de climatización y calefacción esto se puede usar a favor.

Al mismo tiempo sirve como un aporte más para demarcar la importancia del diseño mecánico y la termodinámica en el área de la ingeniería, al demostrar que es potencialmente indispensable en ámbitos de desarrollo de tecnología que permita suplir las demandas generadas en el sector de la salud; en cuanto a que le permite a este sector mantenerse a la vanguardia y en constante evolución yendo de la mano con los avances de la población en general, permitiendo usar estos conocimientos en beneficio de un sector tan importante para el ser humano como es el sector salud.

Ya que, estos resultan factores determinantes para su regulación y control. Por otra parte, se instaura un marco teórico en la deducción del comportamiento de un Sistema HVAC, a través del análisis generado por el desarrollo de teoría para elementos de este tipo, partiendo del conocer y comprender en detalle los fundamentos teóricos de las disciplinas y ciencias aplicadas en el funcionamiento general del sistema a desarrollar, estableciendo un punto de partida los conocimientos adquiridos y desarrollados dentro de la formación académica de la Ingeniería Mecánica.

1.5 Alcance

El presente trabajo va dirigido a la prevención de un posible riesgo para la salud del personal médico que se encuentre en contacto con aquellos pacientes que estén infectados, único y exclusivamente, por el virus COVID-19 mediante la simulación de acondicionamiento del aire con un proceso (HVAC).

1.6 Limitaciones

Al momento de realizar el siguiente proyecto, se deben tomar en cuenta una serie de restricciones, siendo una de ellas el no poder contar con los recursos económicos necesarios para la construcción de un sistema de climatización mediante la calefacción, ventilación y acondicionamiento del aire en un cuarto de hospital, motivo por el cual se realizará un prototipo de diseño en forma simulada con un programa digital para representarlo. Además de esto, el diseño del sistema de climatización para el cuarto de hospitalización implica ir a un hospital para evaluar y seleccionar el mejor espacio para su instalación, pero debido a la situación actual, en donde el virus se encuentra en el país, se corre el riesgo de una infección producto del virus. Debido a la pandemia, el país se encuentra en estado de cuarentena a nivel nacional, por lo que el tiempo necesario para la investigación es muy escaso y la libertad para la obtención de información es muy poca para que la elaboración de dicho acondicionamiento del cuarto de hospitalización se cumpla con la serie de condiciones necesarias.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A nivel estatal se encuentra la investigación realizada por Cañizales, Mercedes y Ruiz, María de los Ángeles (2015) **“Evaluación y diseño de un sistema para lograr el sub-enfriamiento en circuitos de refrigeración de mediana y baja capacidad”**. Para obtener el título de ingeniero mecánico. El presente trabajo tiene como objetivo establecer una propuesta para obtener una mejora del efecto frigorífico en circuitos de mediana y baja capacidad, al modificar dicho sistema y obtener sub-enfriamiento en la línea de líquido. El sistema para realizar la modificación fue un intercambiador de calor de doble tubo debido a que proporciona superficies de transferencia de calor a bajo costo.

La investigación nombrada anteriormente muestra una similitud con el tema que se toca en este trabajo ya que se estudian ámbitos parecidos, como la termodinámica, y otras características necesarias para la innovación de un sistema HVAC que pueda cubrir las necesidades en un cuarto hospitalización. Cabe recordar que el mismo debe ser acondicionado única y exclusivamente para pacientes contagiados con COVID-19, es por ello que la implementación justa y necesaria en el rendimiento del equipo atribuirá un excelente beneficio para el sector de la salud así como a nivel económico.

Seguidamente se encuentra la investigación realizada por Briceño, Enrique Alejandro y Páez Benítez, Serge Vladimir (2008). **Diseño del sistema de acondicionamiento de ambiente para una estación de transporte subterráneo de pasajeros**. Trabajo para obtener el título de ingeniero mecánico. El mismo tiene como propósito el diseño del sistema de acondicionamiento de ambiente para una estación de transporte subterráneo de pasajeros, específicamente en la estación Rectorado, línea 1, segunda etapa del metro de Valencia (Carabobo), se dio la tarea de identificar los ambientes de la estación que requerían acondicionamiento de ambiente,

realizar el cálculo de la carga térmica y los caudales de los ambientes a acondicionar, seleccionar el mejor método de acondicionamiento de ambiente más idóneo y la mejor selección de los equipos a utilizar.

Se cita a este proyecto ya que posee aspectos vitales para nuestro estudio, de los cuales encontramos atribuciones en el área de la termodinámica y la transferencia de calor, así como también enfoques que son necesarios para el cálculo de la carga térmica, siendo un punto muy importante a la hora de equipar un cuarto de hospitalización que posee un sistema de HVAC completo; también a su vez la selección de cada uno de los componentes y equipos que conforma el sistema completo de ventilación y acondicionamiento que son muy relevante.

A nivel internacional tenemos la investigación realizados en Colombia por, Claro López, Cesar Javier (2017) **“Diseño del ambiente de cuarto aislado para la recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos en el área de hospitalización de la clínica Medical Duarte de la ciudad de Cúcuta”**. Proyecto de grado realizado para optar por el título de Especialista en ingeniería de refrigeración y climatización. Esta investigación se fundamentó en un proyecto factible. Teniendo como objetivo diseñar un cuarto aislado, ventilado y climatizado para hospitalización de pacientes oncológicos inmunosuprimidos después de la terapia o intervención oncológicas, esto con el fin de optimizar la recuperación de pacientes en las clínicas.

Basándose en la investigación realizada por López, se pudo apreciar el confort térmico que conlleva un cuarto para los pacientes allí reclusos, interviniendo la parte termodinámica de la misma, así como también la óptima calidad del aire. Recordando que es vital el cuidado del paciente y del personal de salud, ya que todos pueden infectarse por la exposición constante dentro de estas habitaciones. Un excelente acondicionamiento de un sistema HVAC puede mantener al paciente en confort y ayuda a disminuir el riesgo de contagio del personal médico, brindando confianza y seguridad de mantenerse estables y concentrados en su trabajo. Gracias a este estudio se pudo apreciar mediante el programa CYPECAD, con simulación, estudios previos que sirven de base para la implementación de este nuevo trabajo de grado.

Seguidamente ha, Ramírez Mancipe, Andrea Lizeth (2017) “**Implementación de la plataforma virtual para el seguimiento de manteamientos preventivos y correctivos de sistemas de aire acondicionado, ventilación mecánica y refrigeración industrial para los clientes en la ciudad de Medellín**”. Trabajo de grado realizado para optar por el título de especialista en gerencia de mantenimiento. Tiene como objetivo generar un plan estratégico de control operativo y técnico, en la prestación de servicio de sistemas de aire acondicionado, ventilación mecánica y refrigeración industrial a nivel nacional centralizado inicialmente en la ciudad de Medellín, evidenciado en una plataforma virtual en tiempo real.

Dicha investigación es de suma importancia, ya que se deben de realizar monitoreó en la implementación de los equipos y a su vez con marcas reconocidas y estandarizadas, ya que los mismos se usarán para el ensamble de todos los componentes que conlleva el sistema HVAC. Esto garantiza rendimiento, confianza y calidad y económica; características que se están buscando para avalar un cuarto de hospitalización óptimo. A través del cual puede mantener un ambiente en el que allá una recirculación del aire para de esta manera evitar el contagio por parte del personal de salud que se encuentra en contacto directo con los pacientes contagiados con el virus COVID-19.

2.2 Bases Teóricas

Es una de las fases más importantes de la investigación, ya que en ella se desarrollan las teorías que van a fundamentar el proyecto con base al planteamiento del problema que se ha realizado. La investigación se constituirá de una serie de variables que a continuación se plantean documentalmente a fin de obtener una idea de los aspectos a considerar, tanto en la recolección de información, como en la formulación de la propuesta, debido a que estas comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado.

2.2.1 Sistema HVAC

HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning). Consiste en un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, que engloba el conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, des-humidificación, calidad, movimiento, entre otros. El sistema HVAC refiere al control del clima, un factor importante en la automatización de edificios y/o procesos.

Los sistemas HVAC, realiza el control de humedad, vapor y aire acondicionado para la comodidad de sus ocupantes o para conservar los materiales que se manejen o almacenen en el lugar respectivo. Siendo la humedad relativa la relación que existe entre el agua del aire en suspensión a una temperatura dada y la que podría contener si estuviera saturado (el aire) a esa temperatura, oscila entre el 30 y el 65%. Si el porcentaje es más bajo se resecan las vías respiratorias y, además, da lugar a una evaporación demasiado rápida, que produce una desagradable sensación de frío. Si la humedad es demasiado alta se dificulta la evaporación del sudor, dando la sensación de bochorno, también produce condensación de agua sobre ventanas, paredes, muebles, etc.

El acondicionamiento de aire, eleva la temperatura en un espacio determinado, con respecto a la temperatura ambiental, a un nivel satisfactorio. Los sistemas de ventilación controlan el suministro y la salida de aire, de forma independiente o en combinación con los sistemas de calefacción o aire acondicionado, para proporcionar el oxígeno suficiente a los ocupantes del recinto y eliminar olores.

Los sistemas HVAC permiten impedir que el aire de un edificio se caliente o se enfría demasiado. Son bastante complejos, por lo que suelen instalarse durante la construcción del edificio. El sistema implica tres ciclos diferentes: la circulación de aire por los conductos interiores, el flujo de aire por el elemento situado en el exterior y la circulación del refrigerante entre los elementos exterior e interior. En los conductos, el aire pasa por un filtro para eliminar partículas de polvo. Después atraviesa un soplante que lo envía al evaporador. El aire caliente vaporiza el

refrigerante, que enfría el aire. El aire limpio y fresco pasa por los conductos que recorren el edificio y vuelve para ser enfriado de nuevo. El refrigerante se enfría con el aire exterior, se condensa, se comprime y pasa de nuevo al evaporador. El mantenimiento preventivo del sistema de acondicionamiento de aire proporciona muchos beneficios; dentro de estos se puede mencionar lo siguiente:

Disminuye la probabilidad de polución del aire del interior del edificio.

Coopera a mejorar la salud y a reducir las quejas del personal por incomodidad produce una mayor eficacia que reduce los costos de energía.

Los componentes mecánicos bien mantenidos duraran más tiempo.

Reduce la necesidad de reparaciones y reemplazos costosos de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

2.2.2 Fundamentos de un Sistema HVAC

El sistema HVAC cuyas siglas significan: control de humedad, vapor y aire acondicionado; proporciona acondicionamiento de aire a los espacios habitados u ocupados dentro del local. El acondicionamiento de aire es un proceso de tratamiento de aire que controla la humedad, vapor, la renovación, el movimiento y la limpieza del aire; es algo más que enfriar solamente.

Cualquier sistema de acondicionamiento de aire deberá realizar las siguientes funciones:

Controlar la temperatura,

Controlar la humedad relativa,

Eliminar las impurezas del aire,

Controlar el movimiento del aire y

Renovar una fracción del aire interior con una fracción de aire nuevo exterior.

Generalmente, el aire que proviene del interior de un espacio ocupado, junto con aire fresco proveniente del exterior, es conducido a través del sistema de conductos a una unidad de calefacción y aire acondicionado, donde es nuevamente reacondicionado; antes de que el aire llegue a la unidad, generalmente pasa a través

de un filtro diseñado para proteger al equipo mecánico de la contaminación producida por grandes partículas de polvo y suciedad. Muchos filtros comúnmente usados en la actualidad no están preparados para evitar la introducción en el sistema de pequeñas partículas de polvo y contaminantes procedentes de la corriente de aire; con el paso del tiempo, estos depósitos pueden llegar a formar acumulaciones importantes.

En el curso de las operaciones normales de un edificio, el nivel de humedad dentro del sistema de calefacción y aire acondicionado puede variar en gran manera; las altas dosis de humedad pueden combinarse con polvo y contaminantes en el interior del sistema, resultando a menudo en el crecimiento de una contaminación microbiana. En un sistema HVAC, la contaminación microbiana (tal como hongos y sus esporas, mohos, etc.) puede causar reacciones negativas para la salud en el personal interno del edificio, los depósitos de los sumideros y otros componentes del sistema se convierten a menudo en zonas altamente contaminadas con hongos y bacterias.

Con el fin de mantener una calidad del aire de interiores aceptable, se suele recomendar que los mohos, hongos, polvo y otros contaminantes se limpien y eliminen del sistema de calefacción y aire acondicionado. La limpieza del sistema de acondicionamiento de aire proporciona muchos beneficios. La limpieza disminuye la probabilidad de polución del aire del interior del edificio y puede cooperar a mejorar la salud y a reducir las quejas del personal por incomodidad. La limpieza de los sistemas de calefacción y aire acondicionado produce una mayor eficacia que debe reducir los costes de energía, los componentes mecánicos bien mantenidos su ciclo de vida será mayor, reduciendo la necesidad de reparaciones y reemplazos costosos de sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Se puede definir un sistema de aire acondicionado como un conjunto de equipos y elementos que tienen como objeto suministrar condiciones de confort en un determinado lugar a las personas que lo habitan, en el caso del sector salud, el objetivo es mantener a todo un centro de salud a una temperatura óptima para el personal médico, pacientes y cualquier persona dentro del lugar, así como también

limpia la circulación del aire. El sistema de aire acondicionado es monitoreado por medio de sensores de llenado, sensores de presión diferencial en bombas, sensores de flujo, sensores de gases de CO₂, sensores de gases tóxicos, inflamables y demás según se requieran. Generalmente los sistemas de aire acondicionado se encuentran conformados por:

Filtros de Aire

Maquinaria acondicionadora de aire

Ducto de Inyección de Aire

Ducto de Retorno de Aire Acondicionado

Control de Humedad

Control de Temperatura

Compuerta modulante

Serpentín para Agua Helada

Equipo enfriador de agua

Equipo de bombeo

Las variables a controlar son:

Temperatura

Humedad

Presión

Ventilación

2.2.3 Localización del Equipamiento para el control HVAC

La localización del equipamiento para el control HVAC puede realizarse en dos tipos de cuartos:

- a) Cuarto Mecánico: En donde se ubican el evaporador o manejadora, calderas, enfriadores, condensador, bombas, intercambiador de calor.
- b) Cuarto de Control o Cuarto Técnico: Se regula el aire proveniente de la AHU (Unidad de Tratamiento de Aire) para conducirlo a la zona de aplicación. En

este cuarto se ubican los tableros de control, así como los equipos de monitoreo y de programación.

2.2.4 Procesos que conforman la automatización de los Sistemas HVAC

En la figura 1, se muestra un ejemplo de los procesos llevados a cabo para la automatización de los sistemas HVAC, el orden de los equipos como los sensores de gases tóxicos, así como especificaciones y tipo, varía de acuerdo a los requerimientos de la persona.

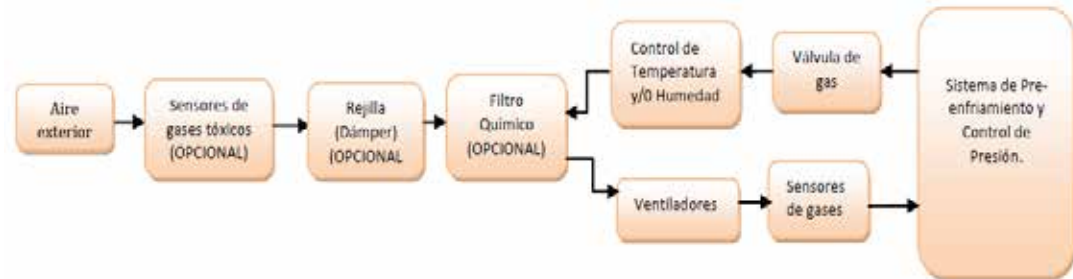


Figura 1. Diagrama de bloques etapas que conforman un sistema de aire acondicionado

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

2.2.5 Ciclo interno del Aire Acondicionado

El ciclo del aire acondicionado se encuentra definido por 4 procesos fundamentales: Expansión, Vaporización, Compresión y Condensación.

- Expansión: Consiste en la reducción de la presión del fluido refrigerante que entra en la válvula para permitir su posterior evaporación. (Ver figura 2).

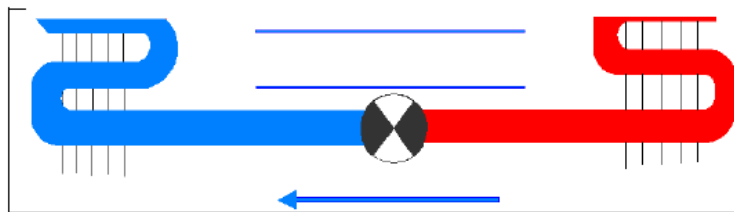


Figura 2. Proceso de reducción de la presión del fluido. (Expansión).

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

b) Vaporización: Es el proceso mediante el cual, el líquido refrigerante o agua helada que ingresa al serpentín ubicado dentro del evaporador o manejadora, se evapora absorbiendo el calor del espacio acondicionado.

En la figura 3, se observa un serpentín calorífico o recalentador, el cual consiste en un tubo de cobre en forma de espiral que actúa como intercambiador de calor, permite elevar la temperatura del aire en el conducto de suministro de un sistema de acondicionamiento de aire.

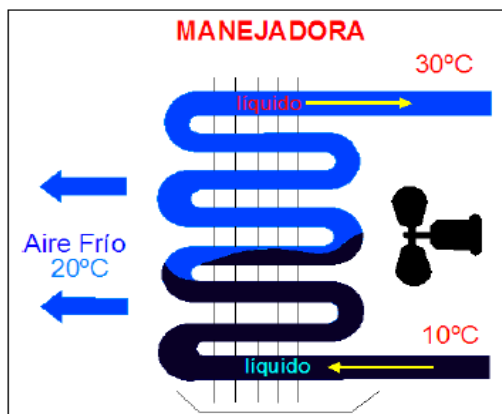


Figura 3. Manejadora

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

La manejadora o Fan-Coil consiste en un equipo el cual se encuentra compuesto de un filtro de aire, un serpentín calorífico y un ventilador centrífugo el cual permite la mezcla del aire de la habitación y del exterior. La diferencia entre una manejadora figura 4 y un equipo Fan-Coil figura 5, está en el tamaño y capacidad del equipo.



Figura 4. Manejadora marca Carrier.

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana



Figura 5. Fan-Coil.

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

Para el caso del evaporador que se encuentra internamente en el condensador, consiste en un tubo multi-tubular en el cual, el refrigerante circula alrededor de los tubos, y por los tubos circula agua fría, o enfriada, a la instalación.

- c) **Compresión:** Es el proceso de compresión como su mismo proceso lo indica y bombeo del refrigerante en estado gaseoso (vapor) procedente del evaporador, descargándolo a alta temperatura en forma de vapor recalentado.

La refrigeración por compresión consiste en forzar mecánicamente la circulación de un fluido en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión, con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro. Este ciclo se basa en la ley universal del gas ideal.

$$PV = nRT$$

Dónde:

P = Presión

V = Volumen

n = Moles de Gas

R = Constante Universal de los Gases Ideales

T = Temperatura Absoluta

Esta ecuación describe la relación entre la presión, el volumen, la temperatura y la cantidad (moles) de un gas ideal.

La compresión es realizada por los equipos compresores, en donde su función es aumentar la presión de los gases. La temperatura final del gas al comprimirse

depende de la velocidad de compresión, es decir, “Una compresión lenta, dará tiempo a que el calor generado se disipe y el incremento de la temperatura no sea notable”. Pudiendo observar la figura 6 este proceso.

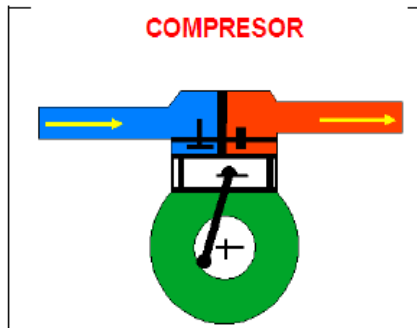


Figura 6. Proceso de Compresión de un gas

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

d) Condensación: Es el proceso de licuefacción (proceso para transformar una sustancia en estado gaseoso a líquido empleando el aumento de la presión y la acción de la temperatura) del refrigerante vapor a alta presión procedente del compresor el cual ingresa al condensador perdiendo temperatura para su posterior circulación en forma de refrigerante líquido.

Dicha condensadora, consiste en un tubo multi-tubular en el cual el agua proveniente de la torre de enfriamiento pasa por los tubos y el refrigerante pasa por el entorno figura 7.

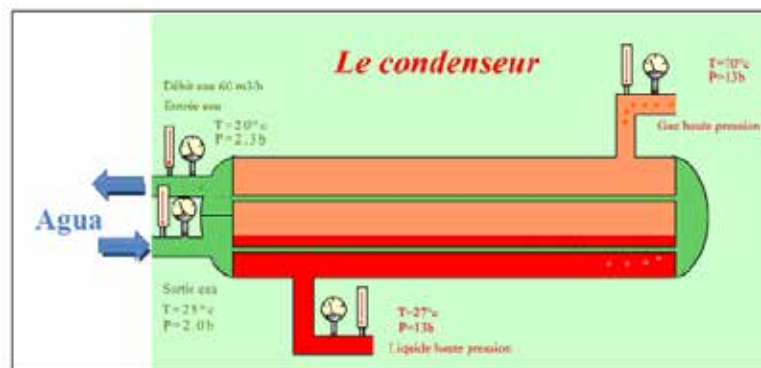


Figura 7. Proceso de licuefacción de un gas.

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana



Figura 8. Condensadora marca York

Fuente: Luz Karime Lobo C. (2011) Universidad Pontificia Bolivariana

En la figura 8 se encuentra la condensadora (sistema de enfriamiento por agua helada) el cual es el equipo en donde se condensa el aire caliente proveniente de la manejadora o evaporador, la condensadora contiene el refrigerante y también se ubican el compresor en el mismo para realizar el proceso de licuefacción del aire.

2.2.6 Torre de Enfriamiento

Las torres de enfriamiento o refrigeración consisten en una instalación que extrae calor del agua mediante evaporación o conducción. Existen torres de enfriamiento para la producción de agua de proceso que solo puede utilizarse una vez, mientras que hay otras que reutilizan el agua figura 9. Cuando el agua es reutilizada, se bombea a través de la instalación en la torre de enfriamiento por medio de la aspersion para disipar el calor. Después de que el agua es enfriada, se reintroduce como agua de proceso en una piscina ubicada en la parte inferior de la torre.

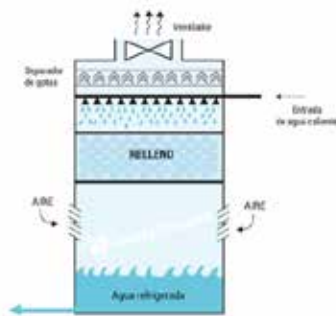


Figura 9. Torre de Enfriamiento

Fuente: Arnabat Idoia (2018) Calor y Frio

2.2.7 Ciclo de Refrigeración con Agua Helada

El ciclo de refrigeración con agua helada consta de 2 procesos, el ciclo del refrigerante y el ciclo del agua helada. El ciclo del refrigerante es llevado a cabo por el condensador y una torre de enfriamiento, y el ciclo del agua helada, se encuentra conformado por las bombas de agua que impulsan el fluido a distancias según su capacidad, y los equipos Fan-Coil o manejadora (evaporador). El gas refrigerante, inicialmente se encuentra en estado gaseoso a baja presión, ubicado en un ducto del condensador. Este refrigerante absorbe calor del agua que fluye en el ducto del ciclo de agua helada a los Fan-Coil por medio de un evaporador tipo multi-tubular, en donde el agua a temperatura ambiente que circula por los ductos a las manejadoras y a los equipos Fan-Coil.

El refrigerante circula alrededor de los tubos, el agua a temperatura ambiente transfiere el calor al refrigerante, aumentando este su temperatura convirtiéndose en estado gaseoso a baja presión, la cual es aumentada por medio de los compresores; este aumento de presión aumenta la temperatura del mismo. El refrigerante en estado de vapor a alta presión ingresa al condensador multi-tubular, en donde transfiere el calor al agua fría proveniente de la torre de enfriamiento que circula a través de los tubos del condensador, por ende, el vapor a alta presión es condensado, obteniendo líquido al refrigerante a alta presión. Una vez este fluido pasa a través de la válvula de expansión, la presión se reduce e ingresa de nuevo al evaporador para retornar al

inicio del ciclo de refrigeración. Por otra parte, el agua helada producto de la transferencia de calor entre el agua a temperatura ambiente y el refrigerante en estado líquido en el evaporador, pasa por la manejadora o equipo Fan-Coil según se requiera, el cual se encuentra conformado por un serpentín y ventilador centrífugo.

En la manejadora y en los equipos Fan-Coil se ventila el aire frío extraído del líquido frío, por tal el fluido gana temperatura. Esta agua retorna al evaporador para perder calor y por ende retornar a la manejadora que a su vez viaja a los equipos Fan-Coil impulsada por las bombas de agua. (Ver figura 10)

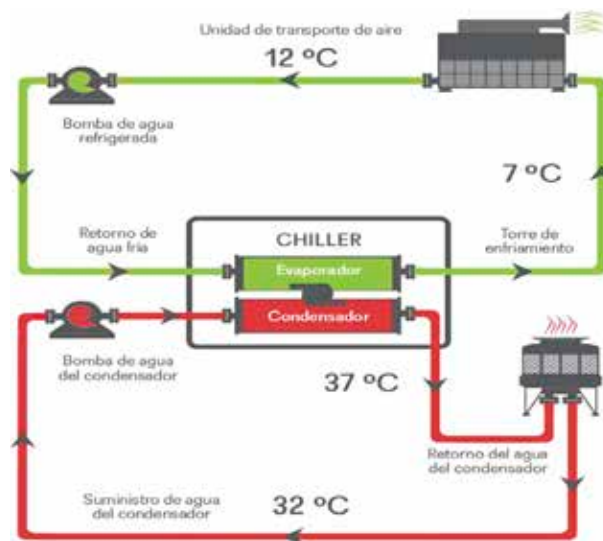


Figura 10. Diagrama de un Ciclo de Refrigeración con agua helada.

Fuente: Rivera Eleazar (2019) Revista Cero Grados

2.2.8 Otras Etapas del Ciclo de Refrigeración

Humectación: La humedad del aire es reducida por medio de Resistencia eléctrica deshumidificadoras las cuales calientan las moléculas del aire y por ende el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

El frío proveniente del refrigerante condensa el vapor de agua del aire procesado enviando el agua a un dren (drenaje), extrayendo el vapor de agua del espacio refrescado y bajando la humedad relativa. El acondicionador de

aire se diseña para crear una humedad relativa del 40% al 60% en el espacio ocupado.

Filtración: Para el proceso de filtración del aire o limpieza del mismo se emplean generalmente filtros mecánicos, conformados por substancias porosas que, al circular el aire a través de ellas, las partículas de polvo quedan en suspensión. Se debe tener en cuenta que el filtro es el primer elemento a instalar en el proceso de circulación del aire, ya que además de proteger los recintos acondicionados, también protege al mismo equipo de acondicionamiento. Existen cuatro tipos de filtros de aire tipo mecánicos: papel, espuma, sintéticos y algodón.

2.2.9 Organizaciones de la Regulación y Estándares para los sistemas HVAC

Dentro de las organizaciones que regulan el HVAC a nivel mundial se encuentran:

ASHRAE: The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning (Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y de ingenieros de Aire Acondicionado).

SMACNA: Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association (Asociación Nacional de Contratistas de Chapa y Aire Acondicionado).

AMCA: Air Movement and Control Association (Asociación de Control y Movimiento Aéreo).

Código Mecánico Uniforme

Código Mecánico Internacional.

2.2.10 Temperatura

Se define como el estado termal de materia, con la referencia a su tendencia de recibir o dar calor, al que esté en contacto con él. Si ningún calor fluye en el contacto, no hay ninguna diferencia en la temperatura, la cual es una medida de energía cinética de las moléculas de una instancia debido a una agitación térmica. En la actualidad se

emplean diferentes escalas de temperatura; entre ellas están la escala Celsius también conocida como escala centígrada, la escala Fahrenheit, la escala Kelvin, la escala Rankine. En la escala Celsius, el punto de congelación del agua equivale a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su punto de ebullición a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta escala se utiliza en todo el mundo, en particular en el trabajo científico. La escala Fahrenheit se emplea en los países anglosajones para medidas no científicas y en ella el punto de congelación del agua se define como $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ y su punto de ebullición como $212\text{ }^{\circ}\text{F}$.

En la escala Kelvin, la escala termodinámica de temperaturas más empleada, el cero se define como el cero absoluto de temperatura, es decir, $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. La magnitud de su unidad, llamada kelvin y simbolizada por K, se define como igual a un grado Celsius. Otra escala que emplea el cero absoluto como punto más bajo es la escala Rankine, en la que cada grado de temperatura equivale a un grado en la escala Fahrenheit. En la escala Rankine, el punto de congelación del agua equivale a $492\text{ }^{\circ}\text{R}$ y su punto de ebullición a $672\text{ }^{\circ}\text{R}$.

2.2.11 Termodinámica

La termodinámica se define como la ciencia de la energía. Siendo la energía considerada como la capacidad de realizar cambios por la cual el calor se convierte en energía. Este término en la actualidad se amplía para incluir lo que son la generación de potencia, la refrigeración, como también los aspectos de energía y sus transformaciones.

2.2.12 Primera ley de la termodinámica

La primera ley representa el principio de la conservación de la energía, por la cual la energía es una propiedad termodinámica. Siendo este capaz de pasar de una forma a otra pero su cantidad total de energía permanece constante, ya que la energía no se crea ni se destruye. En la figura 11 se ilustra el principio básico de la conservación de la energía. En la cual se observa una piedra la cual adquiere velocidad como resultado de una energía potencial convirtiéndose en energía cinética.

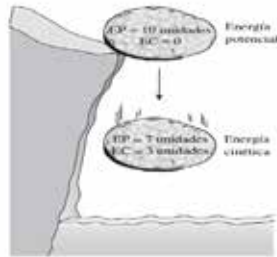


Figura 11. Representación del principio básico de la conservación de energía.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

2.2.13 Segunda ley de la termodinámica

Afirma la determinación de que la energía tiene calidad así como cantidad. Y los procesos van en una sola dirección y no son reversibles ya que la primera ley de la termodinámica no restringe la dirección de los procesos. Ya que los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía. Un ejemplo conciso de la disminución de la energía es una taza de café figura 12 en una mesa, en algún momento se enfría, pero una taza de café fría en el mismo espacio nunca se calienta.



Figura 12. El calor se transfiere en la dirección de lo caliente a lo frío.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

2.2.14 La ley cero de la termodinámica

Esta ley establece que si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, estos estarán en equilibrio térmico entre sí. Si el tercer cuerpo se cambia por un termómetro la ley cero se puede expresar de nuevo como dos cuerpos están en

equilibrio térmico si ambos tienen la misma lectura de temperatura incluso si no están en contacto. Parece algo tonto, pero es un hecho tan obvio que se conoce como una de las leyes básicas de la termodinámica además sirve de base para la validez de la medición de la temperatura.

2.2.15 Transferencia de Calor

Transferencia de calor, proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura y se estabiliza cuando ambos cuerpos o partes llegan a la misma temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

2.2.16 Conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. Para los líquidos y gases la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio por otro lado los sólidos se deben a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red o retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres, la siguiente tabla 1 se encuentra la conductividad térmica de los materiales más importantes a temperatura ambiente.

Tabla 1. Conductividad térmica de los materiales más importantes a temperatura ambiente.

Material	$k, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}^*$
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

2.2.17 Convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento el cual comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido sea el movimiento de un fluido, mayor será la transferencia de calor por convección, si no hay movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido adyacente es por convección pura. La presencia de flujo de movimiento másico acelera la transferencia de calor entre las superficies sólida y el fluido medio existente pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia. Existen 2 tipos de convección la forzada y la natural.

Convección forzada: es cuando el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como ventilador, una bomba o el viento.

Convección natural: es también llamado convección libre, es cuando el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido. Es decir, debido a la ausencia de un ventilador, cuando el objeto se encuentra caliente y la transferencia debe ocurrir de forma natural en el cual cualquier movimiento en el aire se deberá a la elevación del aire más caliente (y, por lo tanto, más ligero) siendo este el más cercano a la superficie y la caída del aire más frío (y por lo tanto, más pesado) para llenar su lugar. En la siguiente tabla 2, observamos los coeficientes de transferencia de calor por convección comunes.

Tabla 2. Coeficientes más comunes de transferencia por convección, (h).

Tipo de convección	$h, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Convección libre de gases	2-5
Convección libre de líquidos	10-1 000
Convección forzada de gases	25-250
Convección forzada de líquidos	50-20 000
Ebullición y condensación	2 500-100 000

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

2.2.18 Radiación

Es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere de la presencia de medio intervector. De ello es la transferencia más rápida (velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llevar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suelen absorberse en unas pocas micras hacia dentro de dichos sólidos. En la siguiente tabla 3, encontramos algunos materiales a temperatura de 300 K, su correspondiente emisividad.

Tabla 3. Constante de emisividad de algunos materiales.

<u>Material</u>	<u>Emisividad</u>
Hoja de aluminio	0.07
Aluminio anodizado	0.82
Cobre pulido	0.03
Oro pulido	0.03
Plata pulida	0.02
Acero inoxidable pulido	0.17
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.90
Papel blanco	0.92-0.97
Pavimento de asfalto	0.85-0.93
Ladrillo rojo	0.93-0.96
Piel humana	0.95
Madera	0.82-0.92
Suelo	0.93-0.96
Agua	0.96
Vegetación	0.92-0.96

Fuente: Cengel, Y. (2012) transferencia de calor.

2.2.19 Coeficiente de desempeño (COP)

Es la eficiencia de un refrigerador, el cual se denota mediante la palabra COP_R . El objetivo de un refrigerador es remover calor (Q_L) del espacio refrigerado. Para lograr este objetivo se requiere una entrada de trabajo W_{Neto} , entrada, el cual se expresa de la siguiente manera.

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{Q_L}{W_{\text{neto, entrada}}}$$

La ecuación antes mencionada también se puede expresar en forma de tasa reemplazando Q_L por \dot{Q}_L de flujo de calor y $W_{Neto, entrada}$ por $\dot{W}_{Neto, entrada}$ de flujo. El principio de conservación de la energía para los dispositivos cíclicos viene por.

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{Q_L}{W_{\text{neto, entrada}}}$$

Con la relación se obtiene:

$$COP_R = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1}$$

2.2.20 Ciclo de Carnot

El ciclo de Carnot no es más que una maquina térmica ya que es un dispositivo cíclico y que el fluido de trabajo de una de ella es volver a su estado inicial al finalizar cada ciclo. Durante un periodo del ciclo el fluido realiza trabajo pero durante la otra parte del ciclo se hace trabajo sobre el fluido. La diferencia entre estos dos trabajos es el trabajo neto que entrega la maquina térmica. Siendo el ciclo de Carnot un proceso reversible lo cual hace que sea el ciclo más eficiente. Este proceso consta de 4 etapas:

Proceso de expansión isotérmica reversible: estado 1, procesos 1-2, la temperatura del gas es T_h y la cabeza del cilindro está en contacto estrecho con una fuente a temperatura T_h . Se permite que el gas se expanda lentamente y que se realice trabajo sobre los alrededores. Al expandir el gas su temperatura tiende a disminuir, cierta cantidad de calor se transfiere del depósito hacia el gas, de modo que la temperatura de éstos se eleva a T_h . Así, la temperatura del gas se mantiene constante en T_h . Debido a la diferencia de temperatura entre el gas y el depósito nunca excede una cantidad diferencial, este es un proceso reversible de transferencia de calor. Este proceso finaliza cuando el embolo llega a la posición 2, siendo Q_h la cantidad de calor total transferido al gas durante el proceso. (Ver figura 13).

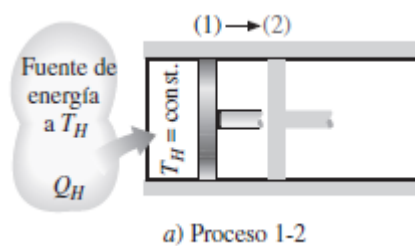


Figura 13. Proceso de expansión isotérmica reversible.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

Proceso de expansión adiabática reversible: estado 2, proceso 2-3, figura 14, la temperatura disminuye desde T_h a T_l . El gas continúa expandiéndose lentamente y realiza trabajo sobre los alrededores hasta que su temperatura disminuye de T_h a T_l en el estado 3. Se supone que el embolo no experimenta fricción y el proceso está en cuasi equilibrio, de modo que el proceso es reversible así como adiabático.

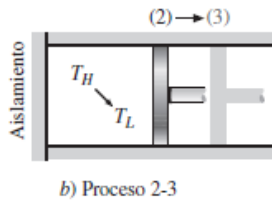


Figura 14. Proceso de expansión adiabática reversible.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

Proceso de compresión isotérmica reversible: estado 3, proceso 3-4, figura 15, T_l es constante. Una fuerza externa empuja al cilindro hacia el interior, de modo que se realiza trabajo sobre el gas. A medida que el gas se comprime, su temperatura tiende a incrementar, pero tan pronto como aumenta una cantidad infinitesimal, el calor se trasfiere desde el gas hacia el sumidero, lo que causa que la temperatura del gas descienda a T_l . Así este pertenece constante en T_l . Como la temperatura entre el gas y el sumidero nunca excede la cantidad diferencial, este proceso de transferencia de calor es reversible, el cual continua hasta que el embolo alcance el estado 4. La cantidad de calor rechazado del gas durante este proceso es Q_l .

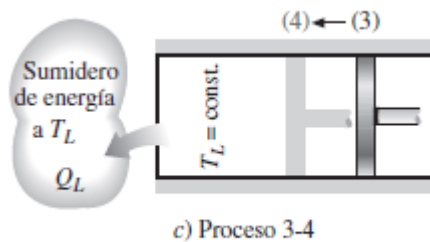


Figura 15. Proceso de compresión isotérmica reversible.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

Proceso de compresión adiabática reversible: estado 4, proceso 4-1, figura 16, la temperatura sube de T_l a T_h durante este proceso de compresión adiabática reversible se completa el ciclo, ya que se comprime el gas de manera que el embolo alcanza el estado 4.

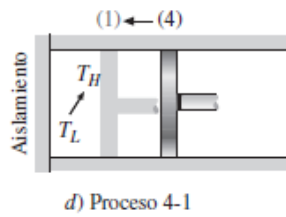


Figura 16. Proceso de compresión adiabática reversible.

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

2.2.21 Ciclo invertido de Carnot:

El ciclo de Carnot descrito con anterioridad de los 4 estados es totalmente reversible, si es reversible en cuyo caso se convierte en el ciclo de refrigeración de Carnot. Este ciclo es exactamente el mismo excepto que las direcciones de las interacciones de calor y trabajo están invertidas: el calor en la cantidad Q_l se absorbe de un depósito a baja temperatura, el calor en la cantidad Q_h se rechaza hacia un depósito a alta temperatura, y se requiere una cantidad de $W_{neta,entrada}$ para completar todo este ciclo.

2.2.22 Coronavirus

Proviene de una extensa familia de virus, algunos de los cuales puede ser la causa principal de diversas enfermedades humanas, que van desde el resfriado común hasta enfermedades más severas como el SRAS (síndrome respiratorio agudo severo) y el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS). Los virus de esta familia también pueden causar varias enfermedades en los animales. El nuevo coronavirus (COVID-19) es una cepa particular de coronavirus que no había sido identificada previamente en humanos.

2.2.23 COVID -19

Es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente. Tanto este nuevo virus como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019.

9 es una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo.

2.2.24 Diferencia entre aislamiento, cuarentena y distanciamiento

La cuarentena significa restringir las actividades o separar a las personas que no están enfermas pero que pueden haber estado expuestas a la COVID-19. El objetivo es prevenir la propagación de la enfermedad en el momento en que las personas empiezan a presentar síntomas. El aislamiento significa separar a las personas que están enfermas con síntomas de COVID-19 y pueden ser contagiosas para prevenir la propagación de la enfermedad. El distanciamiento físico significa estar físicamente separado. La OMS recomienda mantener una distancia de al menos un metro con los demás. Es una medida general que todas las personas deberían adoptar incluso si se encuentran bien y no han tenido una exposición conocida a la COVID-19.

2.3 Definición de términos básicos

Calor: Es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura.

Ambiente: Es la unidad básica del cálculo, consistente de una habitación, grupo de Habitación, grupo de habitaciones o sección de una de ellas (no presupone partición Física) a acondicionarse independientemente de todo aquello que la rodea.

Zona: Ambiente o grupo de ambientes a acondicionar, cuyo suministro de aire parte de una sección común del equipo de manejo de aire.

Conductividad térmica: Se define como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área, por unidad de diferencia de temperatura.

Des-humidificación: Es un proceso muy utilizado en la actualidad en el acondicionamiento de aire, por él se absorbe el agua del aire y disminuye la molesta de humedad, creando un ambiente confortable y de calidad

Humidificación: Es proceso contrario a la des-humidificación el cual consiste en agregarle humedad al aire dentro de un ambiente a climatizar.

Humedad Relativa: Expresada como fracción o porcentaje, es la relación de la presión parcial del vapor de agua con la presión de saturación para un espacio a cualquier temperatura o presión barométrica.

Ventilación: Es la técnica de sustituir el aire ambiental existente en el interior de un recinto, el cual se considera indeseable porque carece de temperatura adecuada, pureza o humedad, por otro que aporte una mejora a estas características.

Pandemia: Se llama pandemia a la propagación mundial de una nueva enfermedad. Se produce una pandemia de gripe cuando surge un nuevo virus gripal que se propaga por el mundo y la mayoría de las personas no tienen inmunidad contra él. Por lo común, los virus que han causado pandemias con anterioridad han provenido de virus gripales que infectan a los animales.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Balestrini (2006) indica que:

Es el conjunto de procedimientos lógicos, técnico operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados. (p.125).

3.1 Tipo de investigación

El tipo y diseño de este estudio están enmarcadas bajo la investigación de un proyecto factible que, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2010), se define como:

La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.

Este tipo de investigación se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. El estudio permitirá captar la información de una forma directa desde donde se desenvuelven los acontecimientos, ayudando con las observaciones y anotaciones de los datos de las simulaciones estudiadas, facilitando la realización de un análisis y así poder llegar a conclusiones concisas en cuanto al funcionamiento de un Sistema HVAC para un cuarto de hospitalización.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño del proyecto está planteado bajo el enfoque de una investigación del tipo documental, definida por Arias (2012) como:

Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

La recopilación de datos de la investigación será de forma secundaria ya que serán obtenidos de otras investigaciones, las cuales posean información sobre la climatización de recintos bajo un sistema HVAC.

3.3 Nivel de la investigación

El presente trabajo está basado en la modalidad de una investigación descriptiva, de la cual Arias (2012) establece que:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p.24)

Esto se puede corroborar ya que en el presente trabajo se busca describir y representar el funcionamiento de un Sistema HVAC para las dimensiones de un cuarto de hospitalización, para un posterior análisis de las variables, y así ver su beneficio para las personas contagiadas con el virus COVID-19 y el personal de cualquier centro de salud.

3.4 Población

Para efecto del presente proyecto de grado, se extiende a la población Universitaria de la Universidad José Antonio Páez, la cual consta de un número finito de personas, junto con un número finito de elementos y procesos que constituyen a un Sistema HVAC.

La población escrita por Castro (2003), puede ser según su tamaño de dos tipos:

- Población finita: cuando el número de elementos que la forman es finito.
- Población infinita: cuando el número de elementos que la forman es infinito, o tan grande que pudiesen considerarse infinitos (p.75).

3.5 Muestra

En una investigación una muestra se refiere a “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias 2012) (p. 83). En este sentido, la muestra correspondiente para esta investigación a realizar será la resistencia eléctrica con la que se busca contrarrestar al virus durante la absorción del aire, ya que la misma pasará por ésta, generando la temperatura necesaria para contrarrestarlo.

3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Se define como un conjunto de procedimientos y métodos que se utilizan durante el proceso de investigación, con el propósito de conseguir la información pertinente a los objetivos formulados en una investigación (Arias. 2012; p. 376).

Técnica

En opinión de Rodríguez Peñuelas, (2008; p. 10) “Las técnicas, son los medios empleados para recolectar información, entre las que destacan la observación, cuestionario, entrevistas, encuestas”.

La técnica empleada para esta investigación es la observación, debido a que, durante su realización, se va obteniendo detenidamente todos los aspectos, datos y procedimientos que constituyen a un Sistema HVAC, para así obtener la información necesaria y dar una conclusión a la problemática planteada.

Instrumentos

Para Arias, F. (2006), los instrumentos de investigación "son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información." (p. 25). Además, según Sabino (1997) “Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados” (p. 150).

Para el presente proyecto se usaron como instrumentos fórmulas tanto para el cálculo de la velocidad del aire, así como también los vatios generados por la resistencia eléctrica y los BTU del compresor seleccionado. Todos estos equipos bajo las especificaciones de un cuarto o recinto estándar.

3.7 Fases metodológicas de la investigación

Se deben cumplir con ciertas características especiales para que el Sistema HVAC funcione adecuadamente. Además, se debe tomar en cuenta la situación de propagación a nivel mundial el virus COVID-19, ya que, siendo una circunstancia específica, se deben tomar medidas para contrarrestar el contagio del virus. Por consiguiente, se determinaron las siguientes fases de investigación:

Fase I. Diagnosticar la situación actual a nivel hospitalario.

En la primera fase de la investigación se evaluó las condiciones actuales en el cual se encuentran las áreas de hospitalización en los centros de salud, enfocándose en la observación de las áreas médicas donde se les brinda servicio a los pacientes contagiados con el virus COVID-19 y que tan preparadas se encuentran esas áreas ante la pandemia.

Fase II. Analizar cuál es la ubicación más conveniente para localizar el Sistema HVAC.

En esta segunda fase de la investigación se examinó el espacio más conveniente para implementar el sistema HVAC, con las modificaciones necesarias. También en esta fase se describe el funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman a un Sistema HVAC basándose en parámetros estándar para luego llevarlos al caso específico de este trabajo de investigación.

Fase III. Determinar las variables a utilizar en el proceso HVAC.

Aquí se tomaron en cuenta todas las características que presenta el virus SARS-Cov-2, desde su comportamiento en espacios cerrados hasta la importancia de los sistemas HVAC para contrarrestarlo. Además, se dan recomendaciones para estos sistemas en ambientes hospitalarios para su cuidado y correcto funcionamiento.

Fase IV. Realizar la simulación del proceso HVAC a utilizarse a nivel hospitalario.

Para esta última fase se realizó la implementación de una simulación mediante un software en donde se pueda observar cada uno de los componentes del equipo HVAC para el cuarto de hospitalización, así como también representar el comportamiento del flujo de aire y su cambio de temperatura para combatir al virus.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrolla cada una de las fases metodológicas implementadas en el capítulo anterior, las cuales serán expuestas de la siguiente manera:

4.1 Diagnosticar la situación actual a nivel hospitalario

Para agosto del 2020 a nivel mundial se sobrepasó la cifra de 20 millones de contagios por el virus COVID-19 y más de 800.000 fallecidos a causa de esta pandemia, esta información fue dictada por la Organización Mundial de la Salud, (OMS, Artículo: el mundo supero los 800.000 muertes por el coronavirus, Fecha 23.08.2020), A pesar de esto, muchos países han empezado a tratar de normalizar la situación debido al tiempo que muchos tuvieron de cuarentena. Nueva Zelanda fue el primer país en anunciar que no se detectó ningún caso de contagio por el virus COVID-19 en su territorio durante toda una semana noticia reportada por la BBC News Mundo, hazaña que se logró debido al correcto manejo que hubo en ese país, donde se prepararon todos los hospitales de manera rápida y se instó a la población a mantenerse en sus hogares para no contagiarse (orden que la mayoría cumplió); además de evitar la entrada a personas provenientes de países con un alto número de contagiados y también proveer el test a la mayor cantidad de personas posibles.

A pesar del ejemplo de países como Nueva Zelanda, en algunos países europeos, en donde el virus había mermado un poco, empezó un rebrote o “segunda ola” que se ha encendido de nuevo las alarmas. Estas situaciones hacen que el sector salud se vea abarrotada de personas que, con o sin COVID-19, buscan ayuda desesperada por la situación.

Una de las regiones más afectadas mundialmente por la pandemia ha sido Latinoamérica. Esto se debe a que los países de esta región no están preparados para casos como estos, siendo ejemplos países como Brasil (uno de los países con más

contagios del mundo reporte que se dio a conocer por la OMS. Perú, Chile, Ecuador y Venezuela. Objetivamente hablando, de los países anteriormente nombrados, sólo Brasil y Chile cuentan con un nivel hospitalario y un sector salud “aceptable” para este tipo de casos (tomando en cuenta que aún no están a un nivel óptimo). Los demás países de esta región sufren mucho en este aspecto sin tener que llegar a cifras muy altas de contagios, ya que antes de la pandemia su nivel hospitalario era de alguna manera muy “básico”, y al momento de llegar a esta situación, se nota como les ha costado hacerle frente al problema.

En el mes de abril del 2020 en Venezuela, se dio a conocer una cantidad total de 46 hospitales, el cual se dio a conocer por el Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), así como también centros centinelas repartidos en ocho regiones, que son: la capital, el centro del país, la sección oriental, la occidental, la insular, los llanos, los Andes y por último la Guayana. Todas estas instalaciones se encuentran a disposición de aquellos pacientes que presentan un conjunto de sintomatología que los hace sospechar de ser portadores del virus COVID-19; por otro lado, debido a los problemas por los escasos recursos médicos y la situación precaria en la cual se encuentran las instalaciones de dichos centros hospitalarios, es de suma importancia conocer el estado de cada uno de los elementos que son necesarios para la implementación del sistema HVAC, así como también hacer el mantenimiento necesario, con el objetivo de equipar a los cuartos de hospitalización con este sistema para disminuir el riesgo de contagio del personal de salud que labora en estos centros hospitalarios.

4.1.1 Condiciones de riesgo para los trabajadores del sector salud en los centros hospitalarios con presencia de pacientes con COVID-19.

Se sabe que los pacientes son reclusos en cuartos aislados dentro de dichos centros de salud, con el propósito principal de ser tratados con medicamentos y a su vez manteniéndolos alejados para prevenir una propagación dentro del ambiente de trabajo. Como este virus posee un mecanismo de transmisión rápida y muy contagiosa, el personal de salud no se escapa de este contagio; de acuerdo con la organización no

gubernamental (ONG) Médicos Unidos de Venezuela (MUV) para el mes de Agosto aproximadamente 100 médicos han perdido la vida por contagio del virus COVID-19. Por ello es importante un sistema HVAC, que evite la libre circulación del virus por todas las instalaciones del hospital, logrando un ambiente sano con menos presencia del virus.

Hay que tomar en cuenta que el Sistema HVAC hace que la probabilidad de contagio disminuya, pero no la erradica totalmente. El propósito de este sistema es evitar que el virus recircule libremente y se mantenga el menor tiempo posible activo en el aire.

4.1.2 Lista de hospitales dispuestos para la atención a los pacientes contagiados con el Virus COVID-19 en Venezuela. (Ver tabla 4).

Tabla 4. Listado de hospitales al servicio de pacientes con COVID-19.

Estados del País	Hospitales (Centinela)
Amazonas	1. Hospital Dr. José Gregorio Hernández de Puerto Ayacucho.
Anzoátegui	1. Hospital General Dr. Felipe Guevara Rojas. 2. Hospital Dr. Luis Razetti.
Apure	1. Hospital General Dr. Pablo Acosta Ortiz.
Aragua	1. Centro de Diagnóstico Integral (CDI) Municipio Lamas. 2. Hospital Central De Maracay.
Barinas	1. Hospital Dr. Luis Razetti.
	1. Hospital Rosario Vera Zurita. 2. Hospital Dr. Raúl Leoni de Ciudad Guayana (administrado por el Instituto

Bolívar	Venezolano de los Seguros Sociales Sociales). 3. Complejo Hospitalario Universitario Ruiz y Páez de Ciudad Bolívar.
Carabobo	1. Ciudad Hospitalaria Dr. Enrique Tejera. 2. Hospital Simón Bolívar de Mariara. 3. Hospital Dr. José Francisco Molina Sierra (dependiente del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales).
Cojedes	1. Hospital General Dr. Egor Nucete.
Delta Amacuro	1. Complejo Hospitalario Dr. Luis Razetti
Distrito Capital:	1. Hospital General Dr. José Ignacio Baldó de El Algodonal. 2. Hospital Dr. Jesús Yerena en Lídice. 3. Hospital Dr. Leopoldo Manrique Terrero o Periférico de Coche. 4. Hospital Clínico Universitario / Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel (funcionan como centros rectores de la vigilancia y control).
Falcón	1. Hospital Universitario Dr. Alfredo Van Grieken.
Guárico	1. Hospital Simón Bolívar. 2. Hospital Dr. Rafael Urdaneta de Calabozo. 3. Hospital Dr. Israel Ranuarez Balza.
Lara	1. Centro de Diagnóstico Integral (CDI) San Jacinto. 2. Hospital General Dr. Armando Velásquez Mago.

Mérida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital IV de El Vigía. 2. Instituto Autónimo Hospital Universitario de Los Andes.
Miranda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Victorino Santaella. 2. Hospital Ana Francisca Pérez De León II. 3. Hospital General de los Valles del Tuy Simón Bolívar. 4. Hospital Dr. Eugenio P. D. Bellar. 5. Hospital General de Higuerote.
Monagas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Dr. Manuel Núñez Tovar.
Nueva Esparta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Dr. Luis Ortega. 2. Centro de Diagnóstico Integral (CDI) Valle Verde.
Portuguesa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Universitario Dr. Jesús María Casal Ramos. 2. Hospital Dr. Miguel Oraa.
Sucre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Universitario Antonio Patricio De Alcalá.
Táchira	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Universitario de San Cristóbal.
Trujillo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Dr. Pedro Emilio Carrillo.

Vargas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Centro de Diagnóstico Integral (CDI) de Guaracarumbo. 2. Hospital Dr. José María Vargas (dependiente del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales). 3. Hospital Naval Dr. Raúl Perdomo Hurtado.
Yaracuy	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Central Dr. Plácido Daniel Rodríguez Rivero de San Felipe.
Zulia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hospital Universitario de Maracaibo. 2. Hospital San Bárbara.

Fuente: INSALUD 2020.

4.2 Analizar la ubicación más conveniente para colocar el proceso del Sistema HVAC.

4.2.1. Estudio de las dimensiones del cuarto de hospitalización en donde implementara el sistema HVC.

Se deben tomar las mediciones precisas del cuarto de hospitalización, el cual constará con una dimensión de (6 * 3 * 3) metros de largo, ancho y alto respectivamente, donde se localicen los pacientes contagiados por el virus COVID-19. Adicionalmente posee una puerta con las dimensiones de (1,2 * 2) metros de largo y alto. Posteriormente se podrá obtener los BTU necesarios para optar por el equipo de climatización más adecuado que pueda satisfacer la necesidad de los pacientes y personal de salud. En la siguiente figura 17, se observa un plano de del cuarto de hospitalización.

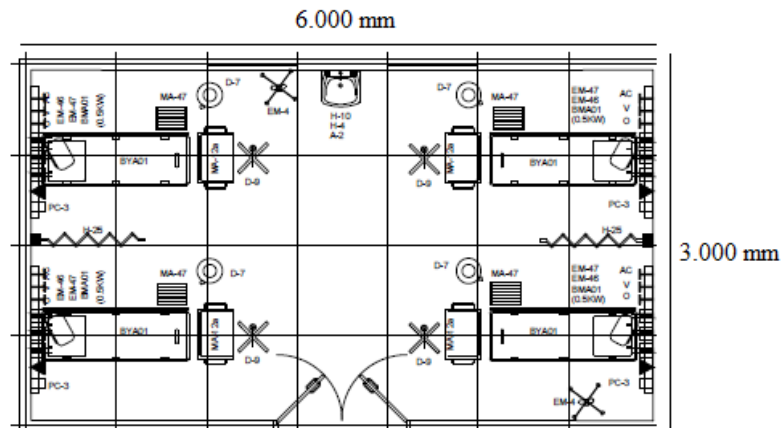


Figura 17. Cuarto de hospitalización para pacientes con COVID-19.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

4.2.2 Realizar el cálculo de las cargas térmicas registradas en el cuarto de hospitalización para los pacientes contagiados por el virus COVID-19.

Primeramente se deben de tomar consideraciones necesarias para un cuarto de hospitalización, el cual se basó en las recomendaciones dadas por la ASHRAE, las normas de COVENIN y el manual de Carrier. Con estas consideraciones se tomaron las siguientes:

$$T_i = 23 \text{ }^\circ\text{C} = 73,4 \text{ }^\circ\text{F} \text{ y } H_r = 50\%$$

$$T_e = 33 \text{ }^\circ\text{C} = 91,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

Tomada las consideraciones, se procede al segundo paso como cálculo de las cargas térmicas sensibles del cuarto. Para la sucesión de cálculos a continuación previamente se debe realizar el cálculo de cada una de las áreas de las secciones del cuarto de hospitalización las cuales fueron:

$$A_{Puerta} = (2 \quad 1,2) m^2 = 2,4m^2$$

$$A_{Pared \text{ lateral}} = (6 * 3) m^2 * 2 = 18 m^2 * 2 = 36 m^2$$

$$A_{Pared \text{ Trasera}} = (3 \quad 3)m^2 = 9 m^2$$

$$A_{Pared \text{ Delantera}} = (3 \quad 3)m^2 - A_{puerta} = 9 m^2 - 2,4m^2 = 6,6 m^2$$

$$A_{Techo} = (6 \cdot 3) m^2 = 18 m^2$$

$$A_{Piso} = (6 \cdot 3) m^2 = 18 m^2$$

En tercer lugar se calculó el volumen del cuarto de hospitalización el cual se determinó de la siguiente manera:

$$V_{Cuarto} = (6 \cdot 3 \cdot 3) = 54 m^3$$

Cálculo de las cargas:

Para las paredes

$$Q_{Paredes} = (A \cdot t) \frac{Btu}{h}$$

Dónde:

$$Q_{Paredes} = \text{Ganancia de calor en las paredes} \frac{BTU}{h}$$

= Coeficiente de transferencia en $\frac{BTU}{(h \cdot ft^2 \cdot F)}$. = 0,43. Se obtiene del anexo A, con un coeficiente de K = 0.16 para (poliuretano expandido, polietileno expandido). Con 9 pulgadas de aislamiento.

A = (36 + 6,6 + 9 + 18) m² = 69,6 m². Suma de las áreas de las paredes.

t = Te - Ti = (91,4 - 73,4) °F. = 18 °F. Diferencia de temperatura entre la temperatura exterior del cuarto de hospitalización (Te) y la temperatura interior (Ti) del cuarto °F.

$$Q_{Paredes} = (0,43 \cdot 69,6 \cdot 18) = 538,70 \frac{Btu}{h}$$

$$Q_{Paredes} = 538,70 \frac{Btu}{h}$$

Para el techo

$$Q_{Techo} = (A \cdot t) \frac{Btu}{h}$$

Dónde:

$$Q_{Techo} = \text{Ganancia de calor en el techo} \frac{BTU}{h}$$

= Coeficiente de transferencia en $\frac{BTU}{(h \text{ ft}^2 \text{ F})} = 0,43$. Se obtiene del anexo A, con un coeficiente de K = 0.16 para (poliuretano expandido, polietileno expandido). Con 9 pulgadas de aislamiento.

A = Área del techo = 18 m^2

t = $T_{\text{Techo}} - T_i = (95 - 73,4) \text{ }^\circ\text{F} = 21,6 \text{ }^\circ\text{F}$. Diferencia de temperatura entre la temperatura exterior del cuarto de hospitalización en el techo (T_{Techo}) y la temperatura interior (T_i) del cuarto en ($^\circ\text{F}$).

$$Q_{\text{Techo}} = (0,43 \cdot 18 \cdot 21,6) = 167,18 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Para las infiltraciones

$$Q_{\text{infiltraciones}} = (V_{\text{cuarto}} \cdot C_{\text{cambio}} \cdot f_{\text{uso}} \cdot Q_{\text{Removido}}) \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Dónde:

$Q_{\text{infiltraciones}}$ = Ganancia de calor por infiltraciones $\frac{\text{Btu}}{\text{h}}$

V_{cuarto} = Volumen del cuarto = $54 \text{ m}^3 = 1907,01 \text{ ft}^3$

Sabemos que $1 \text{ m}^3 = 35,315 \text{ ft}^3$

C_{cambio} = Promedio de cambios de aire en 24 horas para curatos debido a la apertura de puertas e infiltraciones. (Ver anexo B). Aplicamos interpolación entre $1500 \text{ (ft}^3\text{)}$ y $2000 \text{ (ft}^3\text{)}$ para obtener el número de cambios por hora con $1907,01 \text{ (ft}^3\text{)} = 12,37$ cambios de aire mayores a $32 \text{ }^\circ\text{F}$. (Ver tabla 5).

Tabla 5. Interpolación.

Volumen (ft^3)	Cambios de aire mayores de 32°F
1500	14
2000	12

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

$f_{\text{uso}} = 0,6$. Para almacenaje prolongado en la habitación.

$Q_{Removido} = 0,3972 \frac{BTU}{ft^3}$, con una temperatura de 73,4 °F. Ver anexo B. Acá aplicaremos interpolación y una extrapolación. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Interpolación y Extrapolación

Cavas de conservación temperaturas de (°F)	Temperatura del aire exterior (°F)		
	90	—	95
	Porcentaje de humedad Relativa Hr		
	50	50	50
—	0,68	0,68	0,93
60	0,89	0,89	1,14

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

$$Q_{infiltraciones} = (1907,01 \quad 12,37 \quad 0,6 \quad 0,3972) = \frac{5621,90 \text{ BTU}}{24 \text{ h}} = 234,25 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

$$Q_{infiltraciones} = 234,25 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Para las personas

$$Q_{Personas} = \left(N^{\circ} \text{ de personas} \frac{\text{oras}}{\text{dias}} \text{ calor disipado} \right) \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Dónde:

Se estableció un margen de seis personas las cuales se distribuyen de la siguiente manera, cuatro pacientes infectados por el virus Covid-19, una enfermera y un doctor.

N° de personas = 6 personas

$Q_{rechazo \text{ x persona}} = 393 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$, tomando en consideración que una persona promedio en reposo o en trabajo de oficina genera este calor por hora.

$$Q_{Personas} = \text{Ganancia de calor el total de personas} \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Horas/días = 24 horas/1 día siendo las horas que están estas personas dentro del cuarto de hospitalización.

$$Q_{Personas} = \left(6 \text{ personas} \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dias}} \frac{393 \frac{BTU}{horas}}{\text{personas}} \right) = 56592 \frac{BTU}{\text{dia}} \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}}$$

$$Q_{Personas} = 2.358 \frac{BTU}{h}$$

Por iluminación

$$Q_{Iluminación} = (\text{Vatios} \quad \text{oras encendidas} \quad 3,41) \frac{Btu}{\text{h}}$$

Dónde:

Se consideró una habitación la cual posee los siguientes parámetros.

4 lámparas las cuales poseen 3 bombillos fluorescentes de 1 metro de largo y cada bombillo pose 9 W.

$$Q_{Iluminación} = \text{Ganancia de calor por iluminacion} \frac{Btu}{\text{h}}$$

$$\text{Vatios} = 4 \text{ (lámparas)} * 3 \left(\frac{\text{Bombillos}}{1 \text{ lámpara}} \right) * 9 \left(\frac{\text{Watts}}{1 \text{ Bombillo}} \right) = 108 \text{ Watts.}$$

Horas encendidas = 24hrs.

$$Q_{Iluminación} = (108 \text{ Watts} \quad 24 \quad 3,41) = 8.838,72 \frac{BTU}{\text{dia}} \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}}$$

$$Q_{Iluminación} = 368,28 \frac{BTU}{h}$$

Ahora se procede el cálculo total de las cargas dentro del cuarto de hospitalización.

$$Q_{\text{sensible total}} = (Q_{\text{Paredes}} + Q_{\text{Techo}} + Q_{\text{infiltraciones}} + Q_{\text{Personas}} + Q_{\text{Iluminación}}) \frac{Btu}{h}$$

$$Q_{\text{Total}} = 538,7 + 167,18 + 234,25 + 2.358 + 368,28 = 3.666,41 \frac{Btu}{h}$$

Por factor de diseño para las unidas de refrigeración se considera 10%

$$Q_{\text{sensible total 10\%}} = 3.66,41 \quad 1,1 = 4.033,05 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{\text{sensible total 10\%}} = 4.033,05 \frac{BTU}{h}$$

4.2.3 Estudio de los componentes y funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire HVAC para el cuarto de hospitalización.

El Motor

El motor trifásico, es un motor de inducción de tipo jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluye una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas de la armadura fija genera un campo magnético rotatorio, y éste induce una corriente en los conductores de la jaula. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor que transportan la corriente hace que éste gire. Si el rotor da vueltas exactamente a la misma velocidad que el campo magnético, no habrá en él corrientes inducidas, y, por tanto, el rotor no debería girar a una velocidad síncrona. Este tipo de motor es utilizado para absorber el aire interior contaminado del cuarto de hospitalización, con el propósito de limpiar el propio aire con una resistencia eléctrica calentadora, luego pasar el aire por un serpentín de enfriamiento y así llegar a la unidad evaporadora. En la unidad evaporadora se extrae el calor del aire de 32°C hasta llegar a la temperatura de 23°C con un 50% de humedad relativa. Este aire es enviado de nuevo al cuarto de hospitalización. (Ver figura 18).

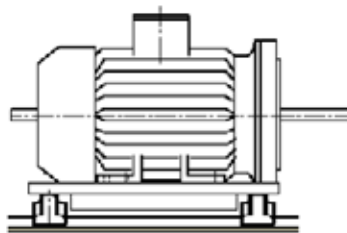


Figure 18. Motor trifásico tipo jaula de ardilla

Fuente: Catálogo de motores trifásico ABB

Resistencia eléctrica calefactora

Es un dispositivo tubular que convierte la energía eléctrica en energía calórica. El cual contiene una fuente tubular la cual protege el espirar resistivo que es por donde viaja la corriente eléctrica, entre la espira y la funda se encuentra un aislante granulado. En sus extremos posee un sellante el cual impide que se libere el aislante granular por ultimo posee dos bornes los cual irán conectados a la red de alimentación. (Ver figura 19).



Figura 19. Resistencia eléctrica calefactora de aire

Fuente: BrotoTermic.

Sensor de Temperatura de la resistencia.

La medición de temperatura constituye una de las medidas más comunes e importantes que se efectúan en los procesos de acondicionamiento de aire. La calidad del aire depende de su exacta medición y control. Las limitaciones del sistema de medición empleado quedan definidas por la precisión, la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador o controlador necesarios. Los instrumentos de medición de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura. La temperatura es difícil de medir con exactitud aún en circunstancias óptimas, y en las condiciones de prueba en entornos reales es aún más difícil.

Es importante realizar una comparación de los tipos más comunes de transductores de temperatura que se usan en los sistemas de adquisición de datos los cuales pueden ser: detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, sensores de IC y termopares. La elección de los transductores de temperatura adecuados y su correcta utilización puede marcar la diferencia entre unos resultados confiables o ineficientes.

Una vez conocido la forma en que operan cada tipo de transductor de temperatura, se analizó las especificaciones técnicas de los mismos (de manera comercial) para determinar cuáles son los factores más importantes a considerar para la elección de los mismos. (Ver figura 20).

Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

Variación de resistencia en un conductor (sondas de resistencia).

Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).

Fem. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).

Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).

Limitadores a bulbo y capilar (Ver figura 20)

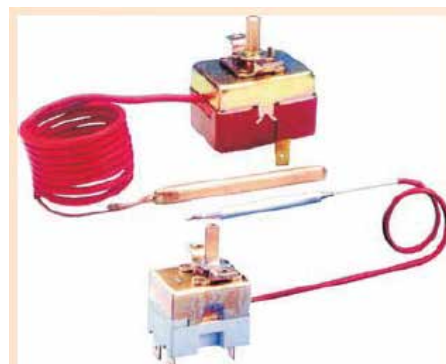


Figura 20. Sensor de Temperatura

Fuente: BrotoTermic

Para el objetivo del proyecto se considera un sensor de temperatura de tipo limitador a bulbo y capilar con el propósito de mantener la temperatura de 92°C sobre la

resistencia calefactora la cual generara el calor necesario para eliminar el virus el cuarto de hospitalización.

Conductos

Los conductos se refieren al sistema de ductos por donde se transporta el aire extraído y enviado de regreso al cuarto de hospitalización. Primeramente es enviado el aire por ductos hasta la resistencia calentadora ubicada dentro del ducto a la salida del cuarto de hospitalización. Luego este aire es enfriado por el serpentín de enfriamiento ubicado de igual manera dentro del ducto de extracción del aire posterior a la resistencia calentadora.

Al salir el aire del serpentín de enfriamiento es llevado por ductos hasta la entrada de la unidad evaporadora y por último es llevado a la temperatura ideal para retornar al cuarto de hospitalización, mediante el ducto de retorno o salida de la unidad evaporadora. Los conductos suelen estar hechos de aluminio ligero. Sin embargo, también pueden fabricarse de acero galvanizado, plástico flexible, poliuretano, fibra de vidrio o tela.

El conducto comúnmente más utilizado para los casos de hospitalización es el conducto acrílico este será ubicado para la entrada de aire al cuarto, siendo este ducto de un material de plástico orgánico de monómero de meril metacrilato, el que brinda muchas ventajas, entre las principales tenemos: 50% más liviano que el vidrio; 54 % más liviano que el aluminio; tiene una resistencia al impacto de 14 veces superior al vidrio en calibres de 3 a 6 mm, de espesor. Sus propiedades físicas no se alteran por la acción de los rayos ultravioletas, por esta razón no se cristaliza; manteniendo todas sus propiedades iniciales de transmisión de luz. Para el ducto de salida del aire dentro del cuarto de hospitalización se utilizara uno de acero galvanizado ya que el mismo soporta hasta temperaturas inferiores a los 200°C. En la figura 21, se puede observar la ductería de entrada al cuarto de hospitalización.

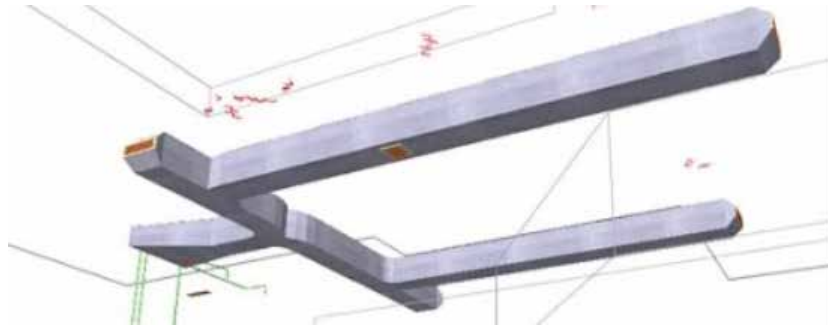


Figura 21. Ductería de entrada al cuarto de Hospitalización.

Fuente: Conforempresarial.com

Intercambiador de Calor

Es un dispositivo diseñado para la circulación de dos fluidos y estos no se mezclen uno con el otro es decir de flujo cruzado. Por esta razón se puede incluir el uso de agua circulada para calentar o enfriar un aire proveniente de una instalación HVAC, para el acondicionamiento de aire. Para enfriar el aire caliente proveniente de la resistencia calefactora, usando un flujo de agua, como ocurre caso contrario a un radiador de un motor de combustión. Los intercambiadores de Calor de aire y agua, reflejan las aplicaciones de la calefacción de aire y la refrigeración por agua. Su sistema de agua a temperatura ambiente incluye un tanque subterráneo el cual circulara por el intercambiador de calor elevando ciertos grados el agua a una temperatura de forma regulada por las normas de COVENIN. El aire circulara por dentro del intercambiador de calor disminuyendo la temperatura de 92°C a 32°C. Al salir del intercambiador de calor es llevado el aire por ductos hasta la entrada del evaporador. (Ver figura 22).

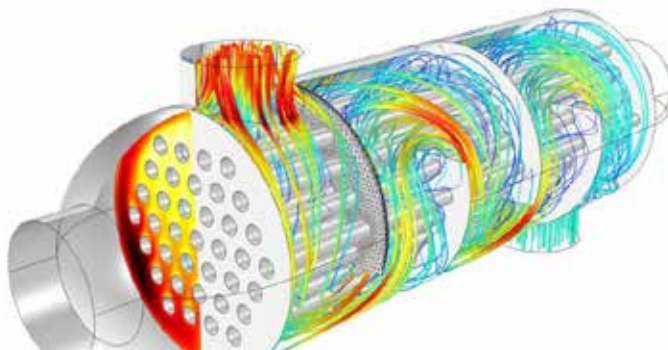


Figura N°22. Intercambiador de Calor tubular.

Fuente: ingenieromarino.com

Compresor, evaporador y condensador (aire tipo paquete).

Los aire tipo paquete son unidades que poseen en un mismo cuerpo todo los componentes necesarios para su funcionamiento. De esta manera el aire de retorno viaja por la unidad evaporadora la cual extrae el calor por medio del refrigerante, y recircula el aire al ducto de impulso al cuarto de hospitalización. Mientras que el compresor de tipo rotativo Scroll comprime el refrigerante el cual ha absorbido el calor de dicho cuarto y lo para ser enviado al condensador. En el condensador es la unidad encargada de liberar el calor absorbido por el refrigerante y lo expulsa al ambiente. (Ver figura 23).



Figura 23. Aires tipo paquete

Fuente: Carrier 2019

Termostato

Un termostato tiene sensores de temperatura que deciden cuándo se encenderá y apagará la resistencia calefactora, el compresor y los motores ventiladores del aire acondicionado tipo paquete, así como controles para los usuarios. Está conectado directamente a su sistema a través de cables especiales. El mejor lugar para un termostato es cerca del centro de la edificación, así como lejos de áreas congestionadas o corrientes de aire. Algunos sistemas de calefacción y aire acondicionado tienen más de un termostato y cada termostato controla una zona diferente. De esa manera, puede ahorrar energía enfriando únicamente las áreas ocupadas y cualquier persona puede elegir la temperatura que les resulte más cómoda. (Ver figura 24).



Figura 24. Termostato

Fuente: BrotoTermic

Rejillas o ventanillas

Las rejillas de ventilación son de tipo de impulsión y de retorno con la intención de impulsar o absorbe el aire dentro del cuarto, a su vez posee un forma rectangular. Hechas de aluminio liviano para altas y bajas temperaturas, las rejillas de ventilación están ubicadas en el techo o cerca de él y, por lo general, tienen el frente con listones en ángulo las cuales sirven para regular la posición del aire ("rejillas de

ventilación"). Estos conductos de ventilación dirigen el aire tratado hacia la posición más ideal para los pacientes. (Ver figura 25).



Figura 25. Rejillas de ventilación.

Fuente: InduTerm.

Filtros de Aire

Un filtro de aire es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire se posicionan especialmente en sistemas de ventilación de edificios. También reducen la cantidad a nivel porcentual de enfermedades generadas por microorganismos patógenos. La humedad del aire tiene que situarse entre el 40% y el 60%. En los lugares de porcentajes de humedad muy elevados, hay un mayor riesgo de desarrollo de microorganismos patógenos.

Los filtros de alta eficiencia son llamados en inglés HEPA (high-efficiency particulate arrestance), son comúnmente utilizados en la industria farmacéutica, manufacturera y hospitalaria, ya que como su nombre lo indica, es la etapa final del proceso de filtrado de aire. Los filtros HEPA están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar. Las fibras típicamente están compuestas por fibra de vidrio y con diámetros entre 0,5 y 2,0 (μ). Los factores más importantes a tener en cuenta en un filtro HEPA son el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas. El espacio entre las fibras es mucho mayor de 0,3 μ significa que las partículas con un diámetro menor puedan pasar. A diferencia de los filtros de membrana los filtros HEPA están preparados para retener contaminantes y partículas mucho más pequeñas.

Los filtros HEPA evitan la propagación de bacterias y virus a través del aire y, por tanto, son muy importantes para prevenir infecciones. (Ver figura 26).



Figura 26. Filtro de Aire HEPA

Fuente: TRANE.

El filtro que se utiliza dada las condiciones que se requiere para el cuarto de hospitalización será de los más filtrantes ya que el virus tiene la particularidad de poseer partículas muy pequeñas. Por esta razón se puede observar el anexo I. bajo las normas de la ASHRAE 52.1 se utiliza el filtro MERV-15 filtrando el 95% de las partículas. (Ver anexo I).

Aislante para ductos.

Los aislamientos térmicos para ductos de aire son materiales que se utilizan para evitar el intercambio de transferencia de calor, el exceso de ruido o infiltraciones del aire en los ductos, ya que esto conllevaría a una disminución de la eficiencia del sistema. Para este fin son comúnmente utilizados fibra de vidrio, pegamento adhesivo, sellador o pintura y papel Kraft. El aislante de tipo pintura es uno de los más eficientes para aplicar sobre cualquier tipo de metal, hormigón, vidrio y madera, adhiriéndose con gran resistencia.(Ver figura 27), esta es apenas una pequeña capa de espesor delgado a la cual se le formara en la superficies sobre la cual se le aplica el aislamiento térmico líquido TEMP-COAT 101.



Figura 27. Techo recubierto con aislante Temp-Coat 101

Fuente: <https://www.sate.cl/ductos-hvac/>

Los beneficios de usar un aislante térmico TEMP-COAT 101 son múltiples:

No requiere ningún tipo de recubrimiento.

Su reparación es muy simple.

No absorbe humedad o líquidos, tampoco bacterias ni agentes patógenos.

Puede aplicarse en superficies de hasta 177°C sin interrupción de la operatividad, es excelente para el sistema de acondicionamiento a emplear ya que el mismo trabajara con una resistencia calefactora en el cual posee 92°C.

Especificaciones del producto detallado TEMP-COAT 101

Volumen de sólidos: $\pm 83\%$

Envases: 18,93 L.

Peso específico: 0,63 Kg/litro

Peso en vacío por envase: 12,93 kg.

Peso en seco del aislante: 0,24 Kg/l. a 508 μ (20 mils)

Rendimiento teórico a 508 μ : 0,93 m²/l.

Conductividad térmica: $k(\text{eqv})= 0,23 \text{ (Btu}\cdot\text{in)} / (\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F})$ ó $0,0332 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, donde k es la constante de conductividad térmica.

4.2.4. Determinar la ubicación más conveniente para la instalación del sistema

Para acondicionar una habitación de hospitalización es necesario considerar que el sistema HVAC posee componentes internos y externos, por consiguiente tendrá elementos dentro y fuera de la habitación.

Por esta razón se debe ubicar cuatro rejillas de ventilación (Rejillas de impulsión), en la parte superior de la pared de la habitación a través de la cual ingresara aire limpio al cuarto y este circulara en el ambiente del mismo.

Para el cálculo de las rejillas de impulsión se debe considerar el cálculo del flujo volumétrico.

Cálculo del flujo volumétrico:

$$= \frac{Q_{\text{sensible total 1.1}}}{0.34 (1 - \epsilon) (T_{\text{interior}} - T_{\text{Punto de rocío}})} \frac{m^3}{h}$$

Dónde:

$\epsilon = 0.2$, ya que generalmente es el valor deseado para nuestro caso de estudio.

$t_i = 23 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{\text{Punto de rocío}} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$, con la temperatura del cuarto a 23°C y la humedad relativa de 50%. (Ver anexo E), se puede trazar una recta horizontal y la misma nos dará la temperatura del punto de rocío a la cual comienza la condensación del vapor de agua en el aire.

Se calcula el flujo volumétrico

$$= \frac{4.033,05 \frac{Btu}{h}}{0.34 (1 - 0,2) (23 - 12)} = 1.347,94 \frac{m^3}{h} \text{ o } 0.37 \frac{m^3}{s}$$

Ahora obtenido el flujo volumétrico total se puede determinar las dimensiones de cada una de las rejillas de impulsión del cuarto de hospitalización. Se considerara cuatro rejillas una para cada cama en la cual estarán los pacientes hospitalizados.

$$\text{rejillas de impulsión} = \frac{1.347,94 \frac{m^3}{h}}{N^\circ \text{ de rejillas}} = \frac{1.347,94 \frac{m^3}{h}}{4} = 337 \frac{m^3}{h}$$

Como poseemos un flujo volumétrico no estandarizado y por normativas vamos a estandarizar las rejillas de impulsión es necesario aproximar por el catálogo de InduTerm. Debemos considerar una velocidad de impulsión la cual será de 3 m/s.

El flujo volumétrico se debe redondear al inmediato superior obteniendo así un flujo volumétrico por rejilla = $350 \frac{m^3}{h}$. (Ver anexo C).

Con la velocidad considerada y el flujo volumétrico redondeado se podrá obtener la rejilla de impulsión la cual tendrá una dimensión de A*B siendo respectivamente de (550 * 100) mm. (Ver figura 28). Estas rejillas están construidas con aluminio.

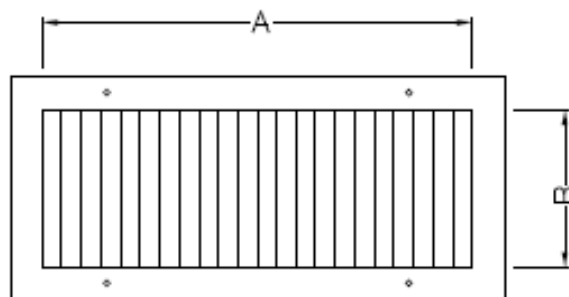


Figura 28. Rejilla de impulsión.

Fuente: InduTerm

El aire debe de ingresar en forma frontal a las camas de hospitalización, primeramente para lograr un ambiente confortable para el paciente y en segundo lugar para lograr un arrastre del virus que se encuentra circulando en el aire. En la pared posterior de las camas se colocara las rejillas de absorción del aire interno del cuarto, con la intención de extraer en el menor tiempo posible el virus que se encuentra circulando.

Para obtener las rejillas de retorno, ya se obtiene previamente el caudal total de entrada. Se considera que las rejillas de retorno son de mayor dimensión que las rejillas de impulso. Para esta consideración se colocan dos rejillas de retorno. En la cual se ubica a dos camas por una rejilla.

Cálculo de las rejillas de retorno o absorción:

$$\text{rejillas de retorno} = \frac{1.347,94 \frac{m^3}{h}}{2} = 673,97 \frac{m^3}{h}$$

Entrando en el anexo D, con un flujo volumétrico redondeándolo al inmediato superior nos da $700 \frac{m^3}{h}$ y con un velocidad de 3 m/s de retorno se puede obtener las rejillas de retorno de nuestro cuarto de hospitalización las cuales tendrán una dimensión de (800 * 200) mm siendo (A* B). (Ver figura 29). Esta rejilla es de material de aluminio.

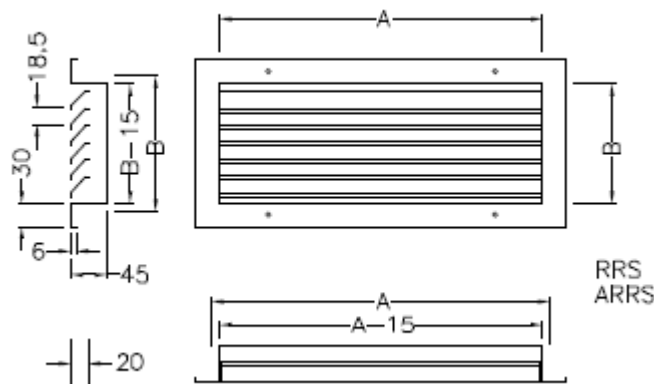


Figura 29. Rejillas de retorno tipo persianilla (Especial)

Fuente: InduTerm.

El aire que entra y sale de la habitación se conectara a la unidad HVAC, la cual se ubica fuera del cuarto que se comunica a través de la ductería del sistema, (Ver figura 30). Se puede apreciar las ventanillas de impulsión (flechas azules) y las ventanillas de retorno (flechas rojas).

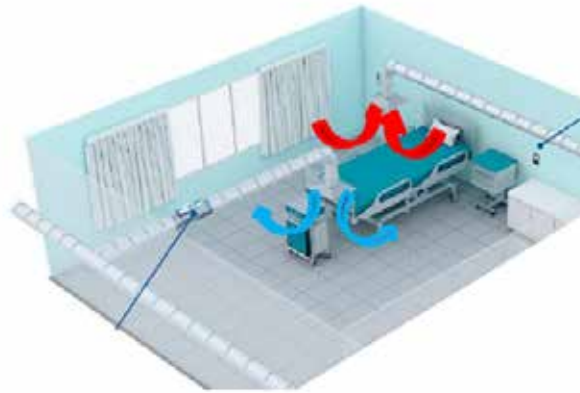


Figura 30. Rejillas de impulsión y retorno del cuarto de hospitalización

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

4.2.5 Montaje del sistema HVAC.

Inicialmente se instalara la primera ductería la cual poseerá las rejillas de impulsión de aire al cuarto de hospitalización en la parte superior de la pared de frente a las camas de hospitalización. Seguidamente se instalará la segunda ductería, la cual absorberá por la rejilla de retorno el aire contaminado del cuarto por la pared trasera de la cama. Luego de esto los elementos siguientes serán instalados detrás del cuarto de hospitalización los cuales será: la resistencia calefactora y luego al serpentín de enfriamiento ambos internos al ducto de retorno, en la cual se llevara a cabo el proceso de eliminación parcial del virus, con un mecanismo de calentamiento y enfriamiento del aire para que finalmente llegue a nuestra unidad de acondicionamiento del aire y el mismo guiado por el ducto de impulsión lleve el aire hacia el cuarto de hospitalización. En la pared posterior del cuarto de hospitalización se fijara al suelo el equipo que llevara a cabo todo el proceso de climatización.

El cálculo de la resistencia calefactora se calcula con datos ya análisis como es el flujo volumétrico y la densidad del aire a 23°C.

Primeramente se debe obtener el cálculo del flujo másico:

$$= \rho \left[\frac{kg}{s} \right]$$

Dónde:

$$\rho = 1,1748 \frac{kg}{m^3}, \text{ Densidad del aire a } 23^\circ C.$$

$$= 0,39 \frac{m^3}{s}, \text{ flujo volumétrico del aire.}$$

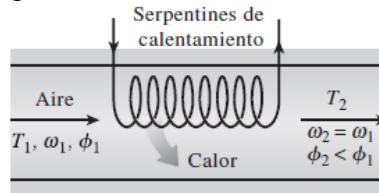
$$= 0,39 \frac{m^3}{s} \cdot 1,1748 = 0,46 \frac{kg}{s}$$

Con el cálculo del flujo másico podremos entonces calcular la resistencia eléctrica calefactora del aire. Debemos mantener la consideración de que la temperatura de la salida del cuarto de hospitalización es de $23^\circ C$ y 50%

Para el cálculo del estado 1 procedemos a entrar a la carta psicrométrica de Carrier ver anexo E, con 2 propiedades que son la $T_i = 23^\circ C$ y la $H_r = 50\%$, se podrá encontrar la ω_1 y la w_1 la cual será igual que la w_2 ya que es un proceso de humedad específica constante. Y para el cálculo del estado 2 procedemos a entrar a la carta psicrométrica de Carrier para altas temperaturas con una $T_2 = 92^\circ C$ y una humedad específica la cual es constante durante el proceso de calentamiento $w_1 = w_2$ podremos encontrar la ϕ_2 . (Ver figura 31).

$$h_1 = 45,584 \left[\frac{Kj}{Kg} \right]$$

$$T_i = 23^\circ C$$



$$h_2 = 116 \left[\frac{Kj}{Kg} \right]$$

Figura 31. Resistencia calefactora $T_2 = 92^\circ C$

Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

$$w_1 = w_2 = 0,0088 \left[\frac{Kg H_2O}{Kg a.s} \right]$$

Ahora se procede a calcular el calor de suministro del serpentín al aire.

$$q_{suministro} = h_2 - h_1 = 116 - 45,584 \frac{Kj}{Kg} = 70,41 \frac{Kj}{Kg}$$

Obtenido el calor de suministro procedemos a obtener el calor necesario que debe poseer la resistencia bajo la temperatura necesaria de 92°C, con el propósito de entregar el calor al aire en el ducto mediante la siguiente ecuación.

$$Q_{calor} = q_{Suministro} \frac{Kj}{Kg} \quad \frac{kg}{s} = \frac{Kj}{s} \text{ o } Kw$$

Dónde:

$$q_{Suministro} = 70,41 \frac{Kj}{Kg}$$

$$= 0,46 \frac{kg}{s}$$

$$Q_{calor} = 70,41 \frac{Kj}{Kg} \cdot 0,46 \frac{kg}{s} = 32,39 \frac{Kj}{s} = 32,39 Kw$$

Obtenido el calor de suministro procedemos a buscar la resistencia calefactora más que se aproxime a nuestro calor requerido para descontaminar el aire en el ducto. En el anexo G, encontramos un catálogo de resistencia calefactoras siendo la más cercana de 36.000 W con un código de localización AHBAT-36.

Luego de haber calentado el aire a $T_2 = 92^\circ C$ procedemos al enfriamiento con un $w_1 = w_2 = 0,0088 \left[\frac{Kg H_2O}{Kg a.s} \right]$, es decir humedad específica constante el cual se logre enfriar el aire hasta una temperatura 32°C.

Para el cálculo del enfriamiento se pretende considerar un intercambiador de calor el cual pueda absorber el calor generado por la resistencia calefactora y disminuir su temperatura para lograr una salida de $T_3 = 32^\circ C$. En el aire y la misma pueda acceder al sistema de refrigeración para proceder a enfriar el aire a las condiciones necesarias para impulsarlo de nuevo al cuarto de hospitalización. Adicionalmente este intercambiador de calor se le introducirá agua de un tanque subterráneo propio del hospital. Con este propósito podremos transferir el calor del aire al agua y este ser devuelto al tanque subterráneo con un diferencial de temperatura que no supere a los 8°C ya que son normativas COVENIN. (Ver figura 32).

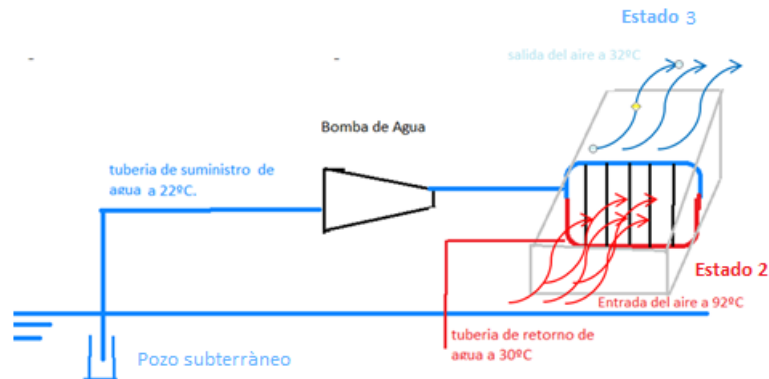


Figura 32. Representación del funcionamiento del serpentín de enfriamiento del aire y el flujo de aire de entrada y retorno del serpentín con agua

Fuente: Mora y Sevilla (2020).

Con la carta psicrométrica procedemos a encontrar el estado tres a elevadas temperaturas, el cual se puede visualizar en el anexo F, procedemos con dos propiedades que es la temperatura y la humedad específica se puede encontrar la humedad relativa y la entalpia.

$$T_2 = 92^\circ\text{C}$$

$$w_2 = w_3 = 0,0088 \left[\frac{\text{Kg } H_2O}{\text{Kg a. s}} \right]$$

$$H_{r2} = 1.86\% \text{ y } h_2 = 116 \frac{\text{Kj}}{\text{s}}$$

Y del estado 3 poseemos siguientes datos:

$$H_{r3} = 50\%$$

$$T_3 = 32^\circ\text{C}$$

$$h_3 = 70,80 \frac{\text{Kj}}{\text{s}}$$

Se procede al cálculo del calor de absorción del agua por el aire.

$$q_{\text{Absorción}} = h_3 - h_2 \left[\frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \right]$$

$$q_{\text{Absorción}} = 70,80 - 116 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} = 45,2 \left[\frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \right]$$

Teniendo el calor de absorción se procede a calcular el calor de enfriamiento necesario para lograr llevar la a la temperatura deseada.

$$Q_{\text{Enfriamiento}} = q_{\text{Absorción}} \frac{Kj}{Kg} \quad \frac{kg}{s} = \left[\frac{Kj}{s} \right] \text{ o } Kw$$

Dónde:

$q_{\text{Absorción}} = 45,2 \frac{Kj}{Kg}$, es negativo debió al movimiento de la transferencia de calor el mismo está cediendo calor el aire al agua.

= $0,46 \frac{kg}{s}$, flujo máximo ya calculado con anterioridad.

$$Q_{\text{Enfriamiento}} = 45,2 \frac{Kj}{Kg} \cdot 0,46 \left[\frac{kg}{s} \right] = 20,792 \left[\frac{Kj}{s} \right]$$

El caudal del agua la cual fluirá por el serpentín para el enfriamiento del aire se calculara con la siguiente ecuación.

$$H_2O \text{ enfriamiento} = \frac{Q_{\text{Enfriamiento}}}{Cp (T \text{ salida del serpentín} - T_{\text{tanque subterráneo}})}$$

Dónde:

$$Q_{\text{Enfriamiento}} = 20,792 \left[\frac{Kj}{s} \right]$$

$$Cp. = 4,18 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

T salida del serpentín = 30°C, temperatura que regresa al agua de pozo.

T tanque subterráneo = 22°C, es la temperatura a la cual se encuentra el agua al ser extraída por la bomba.

$$H_2O \text{ enfriamiento} = \frac{20,792 \frac{Kj}{s}}{4,18 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ C} (30 - 22)^\circ C} = 0,41 \frac{kg}{s} \text{ o } 410 \frac{gr}{s}$$

$$H_2O \text{ enfriamiento} = 0,41 \frac{kg}{s} \text{ o } 410 \frac{gr}{s}$$

En el figura 33, encontramos una unidad de intercambiador de calor el cual puede satisfacer la necesidad de disminuir la temperatura proveniente de la resistencia calefactora a una temperatura de entrada a la unidad de aire acondicionado tipo paquete. Absorbiendo el calor el agua la cual será retornada con 30°C a tanque de pozo



Figura 33. Unidad intercambiadora de calor.

Fuente: Honeywell Eclipse

Para el cálculo de la unidad termina de acondicionamiento del aire HVAC.

Para el cálculo de las toneladas de refrigeración necesario para el cuarto de hospitalización, poseer el calor sensible total del cuarto, el cual ya fue calculado en el punto 4.2.2

$$Q_{sensible\ 10\%} = 4.033,05 \frac{Btu}{h}$$

Se sabe que 1 tonelada de refrigeración equivale a 12.000 BTU/h

Para efecto de nuestro estudio

$$Ton_{refrigeraci\o n} = 4.033,05 \frac{Btu}{\text{seg}} \frac{1 Ton}{12.000 \frac{Btu}{\text{seg}}} = 0.336 Ton$$

Se obtuvo un valor inferior a una tonelada pero para efecto de nuestro estudio de acondicionamiento de aire para un cuarto de hospitalización el mismo debe poseer un aire tipo paquete. Los aires tipo paquete son equipos que se pueden obtener desde 5toneladas hasta 45toneladas. Con nuestro resultado tendremos que asumir el inmediato superior y en este caso es un aire tipo paquete de 5ton. (Ver anexo H). La unidad de acondicionamiento de aire se podrá visualizar con la figura 34.



Figura 34. Aire Tipo Paquete

Fuente: Catálogo de Carrier

4.2.6 Reorganizar la habitación para lograr la mayor efectividad del sistema HVAC.

En esta parte del proceso será necesaria la reorganización de las camas para los pacientes hospitalizados, de tal manera que queden redirigidas frente a la rejilla de entrada del sistema HVAC, para que el mismo funcione con su mayor eficiencia. Y las rejillas de retorno posicionadas detrás de las camas de los pacientes contagiados por el virus.

4.3 Determinar las variables a utilizar en el proceso HVAC.

4.3.1 Virus SARS-CoV-2.

Los coronavirus son una familia de virus que normalmente afectan solo a animales. Algunos de ellos también tienen la capacidad de transmitirse de los animales a las personas lo que causa problemas respiratorios pero mayoritariamente producen sintomatología leve.

El coronavirus SARS-CoV-2 es un nuevo tipo de coronavirus que puede afectar a las personas y que se detectó por primera vez en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en China. Mayoritariamente, en un 80% de los casos solo produce síntomas leves respiratorios. El virus se conoce como Coronavirus SARS-CoV-2 y la enfermedad que causa se denomina COVID-19.

La pandemia evoluciona de una manera muy rápida a la vez que el conocimiento que se tiene sobre este virus. A comienzos de 2020 era completamente desconocido, pero la comunidad científica ha logrado aislarlo, secuenciarlo, identificarlo y desarrollar pruebas para su diagnóstico. Como ocurre con una nueva epidemia, hay incógnitas que se irán resolviendo a medida que la epidemia evolucione y que los científicos logren entender mejor el virus.

Unos meses después del estallido de la pandemia de COVID-19, cada vez parece más claro que la principal fuente de transmisión del virus causante de esta enfermedad es por vía aérea, pues viaja en pequeñas partículas o aerosoles que emitimos al toser, estornudar o hablar fuerte. Además, para contagiarse es necesario estar expuesto a una suficiente cantidad de virus (llamado la carga vírica) y durante un cierto periodo de tiempo. Así, las mejores opciones para protegerse y proteger a quienes les rodean serán evitar en la medida de lo posible los espacios cerrados, usar mascarilla, mantener la distancia física y, en caso de estar en interior, asegurar una adecuada ventilación para que se renueve el aire.

En ingeniería, la pandemia de la COVID-19 se puede analizar desde el punto de vista del control de procesos. Aunque no se trate de un sistema de control convencional, se puede tratar como tal si se identifican todos sus componentes esenciales.

Las componentes del sistema de control de la COVID-19 se pueden contemplar formando un lazo cerrado:

En lugar de sensores existen indicadores para conocer la extensión de la pandemia como test de anticuerpos, personas con síntomas o pacientes hospitalizados.

El controlador de este sistema se correspondería al Poder Ejecutivo de cada país, esto es, su Gobierno asesorado por comités de expertos.

En lugar de actuadores estarían las intervenciones adoptadas como el distanciamiento social o el reforzamiento del sistema sanitario con la adquisición de material de protección y de tratamientos, incluyendo la vacuna cuando esté disponible. (Ver Figura 35).

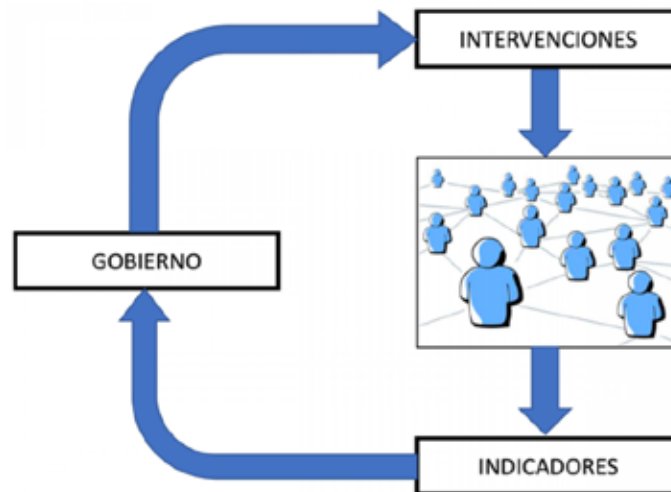


Figura 35. Indicador de Acción frente al COVID-19

Fuente: Mora y Sevilla (2020).

Como problema de control, la COVID-19 es compleja de abordar porque existen numerosas incertidumbres en el lazo de control. Algunas de ellas son:

1. La detección fiable de contagiados (en los indicadores de evolución).
2. El efecto exacto de cada intervención concreta (en las actuaciones realizadas).
3. El ritmo y la forma de transmisión del virus (en la dinámica del sistema).

Asimismo, el retardo temporal introducido por el tiempo de incubación, agravado por los casos asintomáticos, es otro problema relevante que tiende a dar inestabilidad al proceso. Aun así, puede resultar útil aplicar principios de la ingeniería de control en la gestión de pandemias como la COVID-19. Se trataría de emplear los mecanismos de control para mantener la actividad económica de un país sin llegar a colapsar su capacidad hospitalaria.

4.3.2 Comportamiento del virus en espacios cerrados y sobre superficies

El virus puede contagiarse al hablar, toser, estornudar o simplemente respirar con la boca abierta, expulsamos dos tipos de gotas que contienen saliva y otros fluidos respiratorios.

Las de mayor tamaño reciben el nombre de gotas de Flügge, en honor del higienista alemán Karl Flügge, que las describió a finales del siglo XIX, y a veces son fácilmente observables. Estas gotas permanecen en suspensión un tiempo limitado y no se dispersan más allá de 1,5 o 2 metros del emisor. De ahí que se haya establecido esta separación entre personas como distancia de seguridad.

Al ser relativamente grandes, pesadas y con un buen contenido hídrico, las gotas de Flügge tienden a caer en unos minutos, depositándose en las superficies durante tiempos relativamente largos. En el caso del SARS-CoV-2, los virus contenidos en estas partículas pueden permanecer viables, según el tipo de superficie, desde horas a días. Eso sí, la cantidad de virus se reduce rápidamente con el tiempo, lo que limita la posibilidad de infección.

En espacios cerrados la probabilidad de estar en contacto, y con mayor intensidad, con el SARS-CoV-2 es mucho mayor que al aire libre. Por ejemplo, un trabajo realizado en Japón indica que el riesgo de contagio es hasta 19 veces más alto en espacios interiores. En otro estudio, este a partir de casos de China, se mostraba

cómo los contagios se habían producido principalmente en domicilios particulares y en el transporte público.

En definitiva, lo que determina la posibilidad de infectarse y también la gravedad con la que se desarrolle la enfermedad no es solo el hecho de estar en contacto con el virus sino también la cantidad de virus a la que uno se expone, esa famosa ‘carga viral’.

A su vez, durante estos meses se han publicado numerosos artículos científicos que realizan estimaciones sobre la permanencia del virus SARS-CoV-2 en distintas superficies, y las autoridades sanitarias han emitido al respecto numerosas recomendaciones de higiene y desinfección para evitar los riesgos. Los resultados son bastante intuitivos: en zonas con una temperatura ambiente alta las gotas se secan antes, y las posibilidades de supervivencia del virus se reducen drásticamente.

4.3.3 El Virus en Hospitales, aire acondicionado, importancia de temperatura y de una buena ventilación.

Aunque no parece probable que las superficies estén jugando un papel clave en la transmisión, hay lugares como los hospitales, en los que la carga vírica es muy elevada, en los que hay que tener especial precaución. Aquí sí que es probable que la transmisión a través de superficies como los carritos o el material quirúrgico hayan jugado un papel relevante, y posiblemente ha sucedido en muchos hospitales por todo el mundo. Las recomendaciones dirigidas a la desinfección de superficies para eliminar las posibilidades de permanencia del virus son especialmente importantes, por tanto, en los centros hospitalarios, pero tampoco hay que descuidarlas en otros ámbitos.

Si, en efecto, el virus viaja en cantidades suficientemente infectivas más allá de los dos metros de distancia de seguridad, la única respuesta posible pasa por implementar urgentemente dos medidas fáciles. La primera es una ventilación frecuente de los espacios interiores, para asegurar la renovación del aire (aunque esto suponga una pérdida de climatización de los edificios públicos). La segunda, un

mantenimiento riguroso de los filtros de aire acondicionado. Así como, por supuesto, reducir al mínimo el aforo de personas en estos espacios cerrados.

El SARS-CoV-2 es un virus nuevo del que aún se sabe poco, y muchas de las evidencias van cambiando a medida que avanza el conocimiento científico. En lo que respecta a la influencia del aire acondicionado no hay certezas absolutas, pero los expertos coinciden en algo: la clave está en la recirculación del aire. Se trata de algo muy intuitivo: un sistema de ventilación que toma aire del exterior cada poco tiempo es más seguro, pues en el caso de haber aerosoles que porten el virus, estos saldrán más fácilmente de la habitación y se evitará la transmisión a través del aire. Otro de los aspectos a tener en cuenta, además, en el caso del aire recirculado, es la capacidad del filtro para eliminar esos aerosoles que podrían portar el virus.

La mayoría de los expertos consideran que aproximadamente seis cambios de aire por hora son buenos para una habitación de tres metros por tres metros con tres o cuatro personas en ella. En una pandemia, esto debería ser más alto, con un estudio de 2016 que sugiere que un tipo de cambio de nueve veces por hora redujo la propagación del SARS, MERS y H1N1 en un hospital de Hong Kong.

Los hospitales (y muchas instalaciones de atención médica) tienen sistemas especialmente diseñados que pueden acomodar los niveles de filtración necesarios. En algunas ocasiones confían en otras estrategias de control y sistemas (ej. Lámpara UV, controles de humedad, controles de flujo de aire) para la maximizar el beneficio de la filtración. Lo más importante es tener el personal dedicado para la operación y mantenimiento del equipo, de manera de obtener el máximo beneficio.

4.3.4 Sistema HVAC frente al SARS-CoV-2

Los sistemas de climatización como proceso de enfriamiento con deshumidificación (HVAC), son un componente importante en el servicio de establecimientos de la salud. Proporcionan condiciones térmicas y sistemas de ventilación adecuados que eviten la dispersión de patógenos, es fundamental para

proteger la salud de los pacientes, los cuidadores y el personal del establecimiento, y para el funcionamiento general de los equipos sensibles.

Las infecciones respiratorias pueden transmitirse a través de gotitas respiratorias en el aire, de diferentes tamaños, de personas infectadas. En el contexto de la COVID-19, la transmisión por el aire puede ser posible en procedimientos o tratamientos de apoyo que generan aerosoles, es decir, intubación endotraqueal, broncoscopia, succión abierta, administración de tratamiento nebulizado, ventilación manual antes de la intubación; volviendo al paciente a la posición boca abajo, desconectando el paciente desde el ventilador, ventilación no invasiva de presión positiva, traqueotomía y reanimación cardiopulmonar. Se debe prestar especial atención a tales procedimientos para prevenir la transmisión aérea.

La ventilación y filtración facilitadas por los sistemas e instalaciones de climatización, calefacción y ventilación pueden reducir la concentración de SARS-CoV-2 en el aire y por tanto el riesgo de transmisión por vía aérea. Espacios no acondicionados pueden provocar estrés térmico en personas con amenaza directa de su vida y reducción de su resistencia a la infección. En general, parar los sistemas e instalaciones de climatización, calefacción y ventilación no es una medida recomendada para reducir la transmisión del virus.

Los filtros de las instalaciones y sistemas HVAC de climatización, calefacción y ventilación, junto con otras estrategias ayudan a reducir la transmisión del virus eliminando otros contaminantes del aire que pueden afectar a la salud.

4.3.5 Recomendaciones para un Sistema HVAC en establecimientos de Salud

Recomendaciones Generales para los Sistemas HVAC y de ventilación natural para prevenir la transmisión del virus manteniendo condiciones adecuadas térmicas y de ventilación. (Ver tabla 7).

Tabla 7. Recomendaciones Generales del proceso HVAC.

Zona	Medidas Clave
<p>Recomendaciones generales (aplicable a las zonas comunes, oficinas y espacios generales)</p>	<p>Actividades de planificación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan para realizar el mantenimiento de todos los sistemas, que considere las necesidades específicas y las condiciones ambientales dentro de la instalación. • Evaluar el estado actual del sistema de climatización (HVAC) o ventilación natural, dentro del establecimiento para prevenir la transmisión de infecciones respiratorias. Diseño de sistema de HVAC <p>Diseño de sistema de HVAC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar un diseño direccional "limpio a menos limpio" para los flujos de aire. • Los equipos de acondicionamiento de aire deben poseer al menos 15 cambios de aire por hora. Con esta intensidad se está asegurando un aire limpio dentro del cuarto de hospitalización • Establecer una distancia mínima de separación de 10 m entre las salidas de escape y las entradas de aire exterior. • Evitar los sistemas de volumen de aire variable, es decir que el mismo volumen de aire limpio que ingrese a la habitación sea el mismo volumen de aire contaminado que se extraiga a través de la rejilla de extracción. (VAV), que presentan un riesgo de mantener el flujo de aire "limpio a menos limpio". <p>Aspectos operacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar de que el proveedor de HVAC tenga las certificaciones y licencias requeridas. • Mantener la humedad relativa entre 40-60%. • Mantener la temperatura entre 21 °C-24 °C (70°F-75°F).

	<ul style="list-style-type: none"> • Preferir el valor mínimo de informe de eficiencia (MERV por su sigla en inglés) 13 o superior para sistemas que atienden ambientes cerrados generales.
<p>Consideraciones especiales para el manejo clínico y los procedimientos médicos con sistemas HVAC.</p>	<p>Consideraciones operativas y de diseño</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar salas de aislamiento de infecciones en el aire con presión negativa para realizar procedimientos de generación de aerosoles. • Monitorear y registrar diariamente la función adecuada de presión negativa de las habitaciones. • Considerar las opciones de control de fuente (control de fuente de escape local en la cabeza del paciente, cabeceras ventiladas, protectores de intubación, etc.). • Mantener las puertas cerradas. • Eliminar o minimizar la recirculación de aire. • Mantener una presión negativa en todas las habitaciones para evitar que el aire contaminado entre en los pasillos y corredores. • Recomendaciones para habitaciones con 2 pacientes: <ul style="list-style-type: none"> o Cortinas de aislamiento o No recircular el aire <p>Filtración de aire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expulsar directamente al exterior o filtrar directamente a través de un filtro HEPA, el aire de las salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire. • Utilizar unidades de filtración HEPA portátiles en áreas de cuidado especial que no son atendidas por el sistema HVAC. • Notificar a los trabajadores de la salud, que las unidades HEPA no pueden apagarse una vez en su lugar, ya que esto puede resultar en una

	<p>condición insegura con el cuarto presurizado positivamente hacia el corredor. • Preferir el valor mínimo de informe de eficiencia (MERV) superior a 13 para los sistemas que prestan servicios a las áreas de tratamiento de pacientes en los centros de atención médica.</p>
<p>Consideraciones especiales para el manejo clínico y los procedimientos médicos en entornos que utilizan ventilación natural, sin sistemas HVAC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir zonas de riesgo dentro de la instalación. Estas pueden incluir salas donde se realizan procedimientos de generación de aerosol y salas donde se encuentran pacientes confirmados con COVID-19. • Separar las áreas con procedimientos que generen aerosol de otras donde se atiende a los pacientes, manteniendo a los pacientes separados, de acuerdo con la sintomatología, para reducir la transmisión. • Mantener las puertas cerradas en las zonas de riesgo. • Evaluar las condiciones de la calidad del aire exterior (contaminación del aire, alérgenos como el recuento de polen y hongos, etc.) antes de decidir si mantener las ventanas abiertas en las unidades de cuidados intensivos. • Mantener abiertas las ventanas externas cuando realice procedimientos de generación de aerosol, si el aire exterior está limpio. • Separar a los pacientes sospechosos y confirmados. • Establecer perímetros de seguridad para evitar el flujo de aire de zonas con pacientes confirmados a otras áreas (considerar los flujos de aire vertical y horizontal). • Proporcionar equipo de protección personal (EPP) adecuado y suficiente al personal médico

	<p>que está en contacto directo con pacientes confirmados con COVID-19.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usar mascarillas N95 en zonas sin ventilación donde se generan aerosoles.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Usar EPP para actividades de mantenimiento. • Iniciar con las zonas de menor contaminación potencial y pasar a las unidades de cuidados intensivos de casos positivos de COVID-19 al final. • Asegurar estaciones para el lavado de las manos con agua y jabón o usar un desinfectante para manos a base de alcohol después de las actividades de mantenimiento. Realizar el cambio de ropa al interior de los establecimientos. • Desinfectar los filtros con una solución de hipoclorito de sodio al 10% u otro desinfectante apropiado aprobado para su uso contra el SARS-CoV-2, permitiendo que actúe durante al menos 5 minutos antes de retirarlo. Los filtros se pueden embolsar y desechar en la basura regular.
Otras consideraciones importantes	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar medidas de control de moho. • Evitar fuentes de emisión adicionales: o Evitar los humidificadores de vapor frío, ya que pueden diseminar aerosoles que contienen alérgenos y microorganismos. O No usar ambientadores, velas perfumadas o difusores de aceites esenciales. <p>O No utilizar combustibles sólidos para cocinar o quemar incienso.</p>

Fuente: Página Oficial de la OMS. (2020)

4.4 Simulación del Sistema HVAC en un cuarto de hospitalización.

El objetivo de la simulación es lograr adaptar todos los componentes necesarios del sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento del aire HVAC, para un

cuarto de hospitalización donde se encuentren reclusos los pacientes. Mediante el programa CYPECAD (Módulo CypeCAD HVAC), se puede observar la siguiente figura 36.

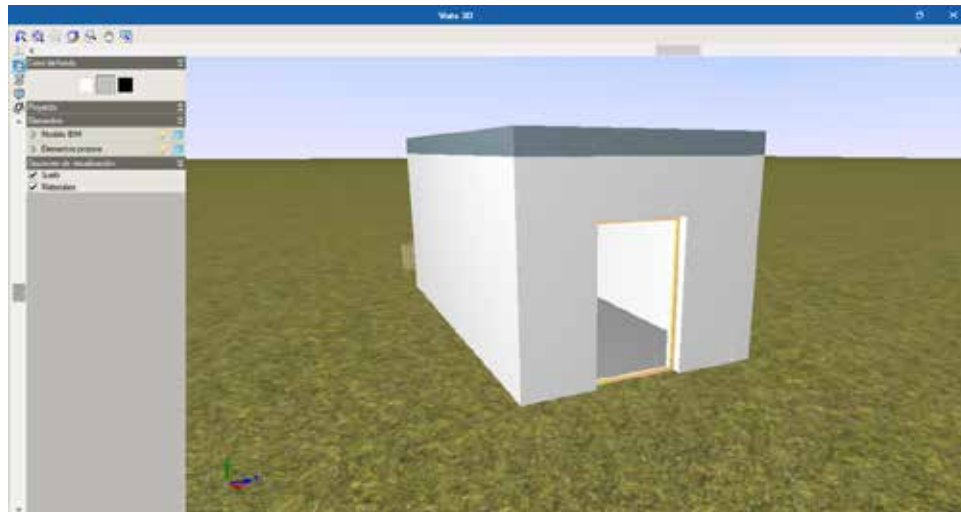


Figura 36. Simulación de cuarto de hospitalización.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

Allí se representa la vista lateral donde se encuentra ubicada la puerta de nuestro cuarto de hospitalización. Con dimensiones estándar de 1.2 metros de ancho y 2 metros de largo, así como también las paredes de cemento las cuales poseen un aislante térmico con la intención de disipar la menor transferencia de calor del medio externo hacia el interno. Cabe resaltar que la puerta es el único medio de infiltración que existe entre el cuarto y el entorno que lo rodea.

La figura 37, a continuación representa la misma vista lateral del cuarto de hospitalización pero con una invisibilidad parcial en las paredes, techo y piso logrando así la visualización de cómo se posicionaran la ductora de entrada y salida las cuales climatizaran el cuarto de hospitalización. Tomando en cuenta que nuestra ductería estará posicionada una frente a la otra con la intención de impulsar y absorber el aire contaminado para disminuir el riesgo de contagio del personal de salud.

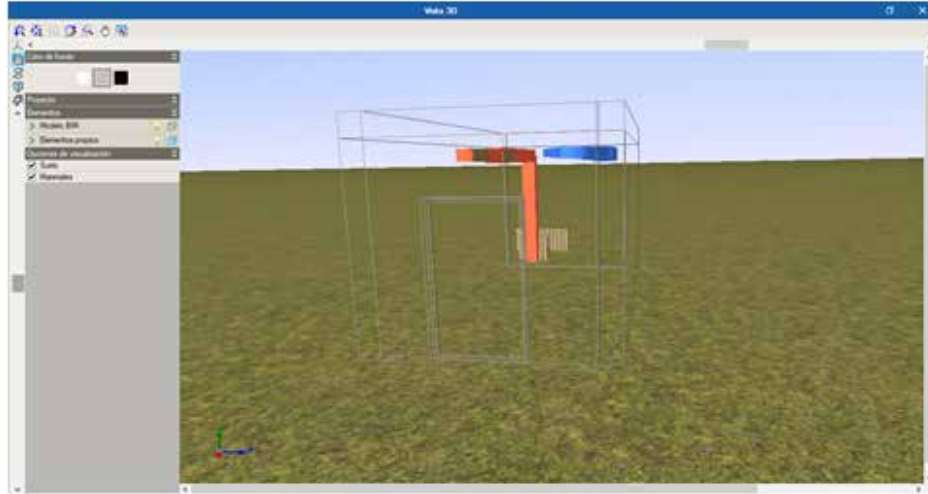


Figura 37. Vista frontal con paredes, techo y piso invisible.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

En la siguiente figura 38, encontramos la posición posterior de la puerta del cuarto de hospitalización, de esta manera estamos observando la ductería de retorno la cual está representada de color naranja dando a entender que es la ductería de retorno la cual, al salir del cuarto de hospitalización, muestra una ductería vertical que conecta a la resistencia calefactora de 40 Kw, capaz de generar el calor y temperatura necesaria para eliminar totalmente el virus. Luego de esto encontramos de nuevo otra sección rectangular del ducto de retorno, el cual comunica la resistencia con el intercambiador de calor. Acá el intercambiador de calor absorberá el calor producido de la resistencia y la liberará por medio del serpentín de enfriamiento el cual retornará al tanque subterráneo. Luego el ducto continúa su camino para ser conectado con la unidad de acondicionamiento de aire tipo paquete.



Figura 38. Ubicación posterior al cuarto de hospitalización.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

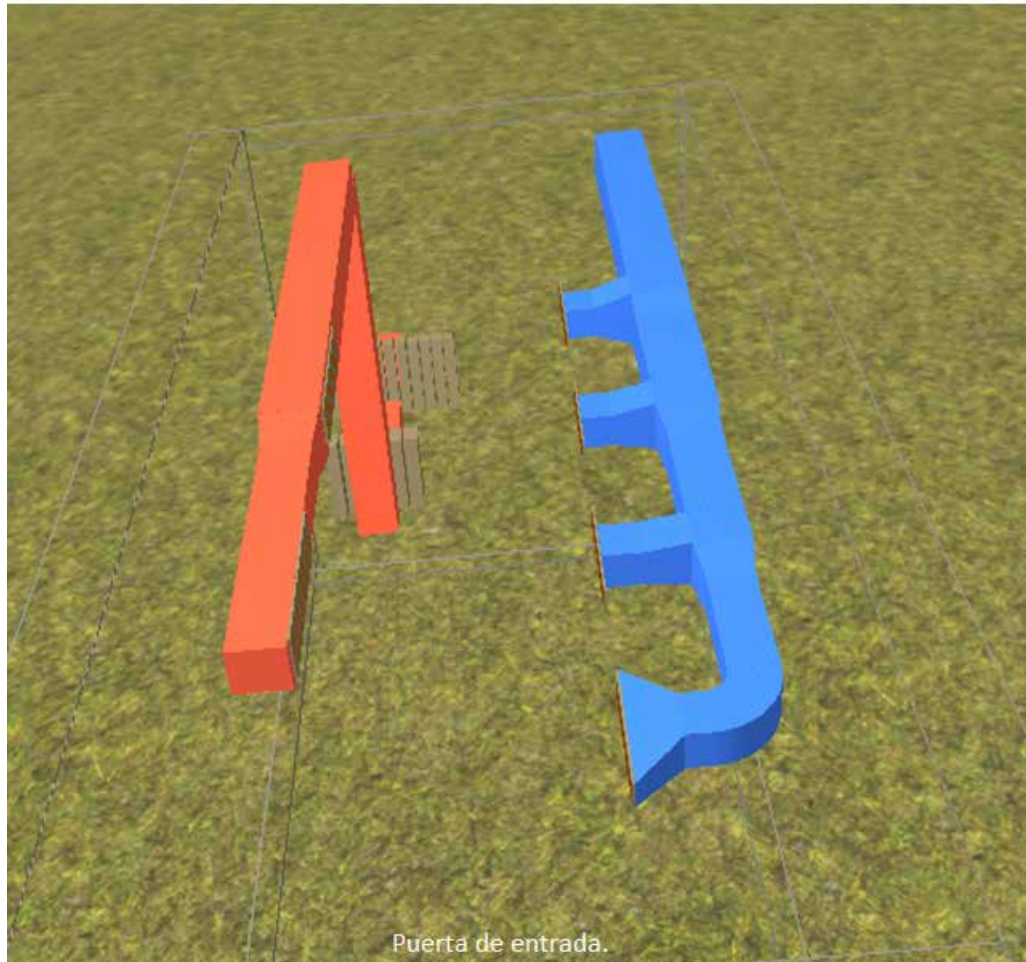


Figura 39. Representación del ductor por simulación CypeCAD.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

Desde la vista lateral del cuarto quitando el techo de forma invisible se puede observar el tipo de rejilla las cuales fueron calculas previamente con cálculos matemáticos y luego introducidos al programa CypeCAD HVAC. En la figura 39. Se observa las dimensiones precisas de los ductos tanto de impulsión como retorno. Así como también las reducciones de las dimensiones de la ductería de impulsión y retorno.

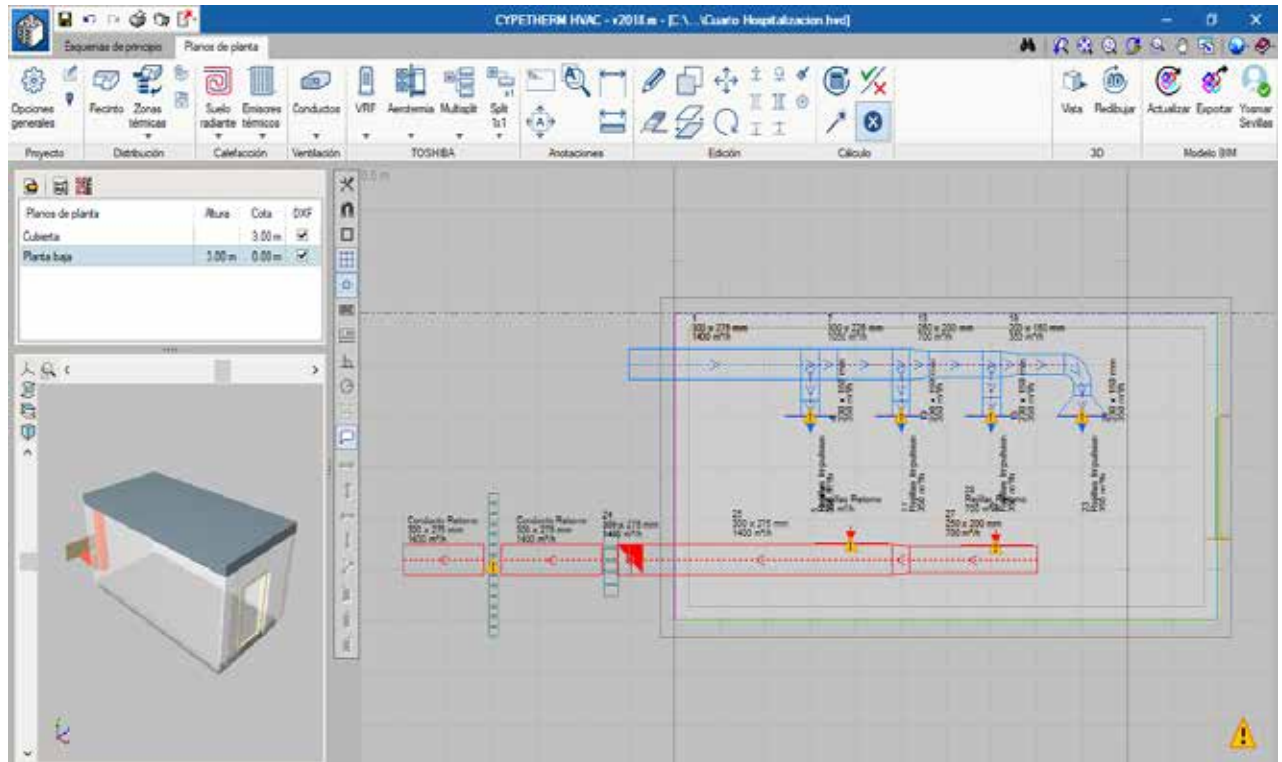


Figura 40. Esquema 2D de la ductería CypeCAD.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

En la figura 40, se detalla un bosquejo en 2D del sistema de ductería que se instaló siendo 2 colores una para diferencia la de retorno que es la roja y la azul para ser conocida como rejilla de impulsión ambas poseen dimensiones distintas debido al comportamiento de cada uno de los flujos. Primeramente se consideró un flujo de aire de impulsión para cada uno de los ocupantes mientras que las de retorno se considerando 2 rejillas nada más ya que las mismas serán posicionadas de tal manera que una rejilla absorba el aire cercano a dos de las cuatro camas.

Mediante el uso del software Autodesk SolidWorks se obtuvo los siguientes resultados:

Se optó por diseñar una fracción del ducto de retorno con la simulación de la resistencia calefactora, la cual elevaba la temperatura de 23 a 92°C. (Ver figura 41). Se puede observar que la mayoría de la superficie del conducto está sometida a la temperatura de 92°C (Color rojo), mientras que la entrada posee una temperatura menor la cual es de 23°C (Color azul).

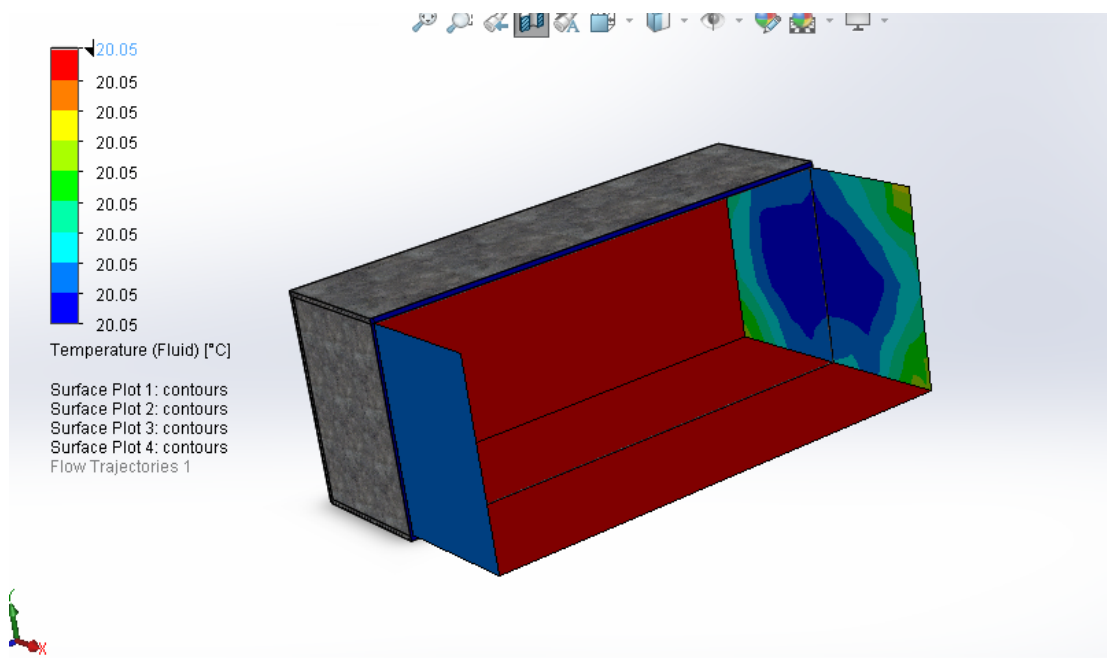


Figura 41. Simulación de Autodesk SolidWorks de una resistencia calefactora

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

En el caso de la fracción del conducto de retorno el cual posee la simulación de un sistema de enfriamiento por medio de la representación de un intercambiador de calor se puede visualizar la figura 42. Donde se observa un color verdoso el cual representa la reducción de calor y por ende la disminución de la temperatura para ser enviado por el conducto de retorno hasta la unidad de acondicionamiento de aire tipo paquete.

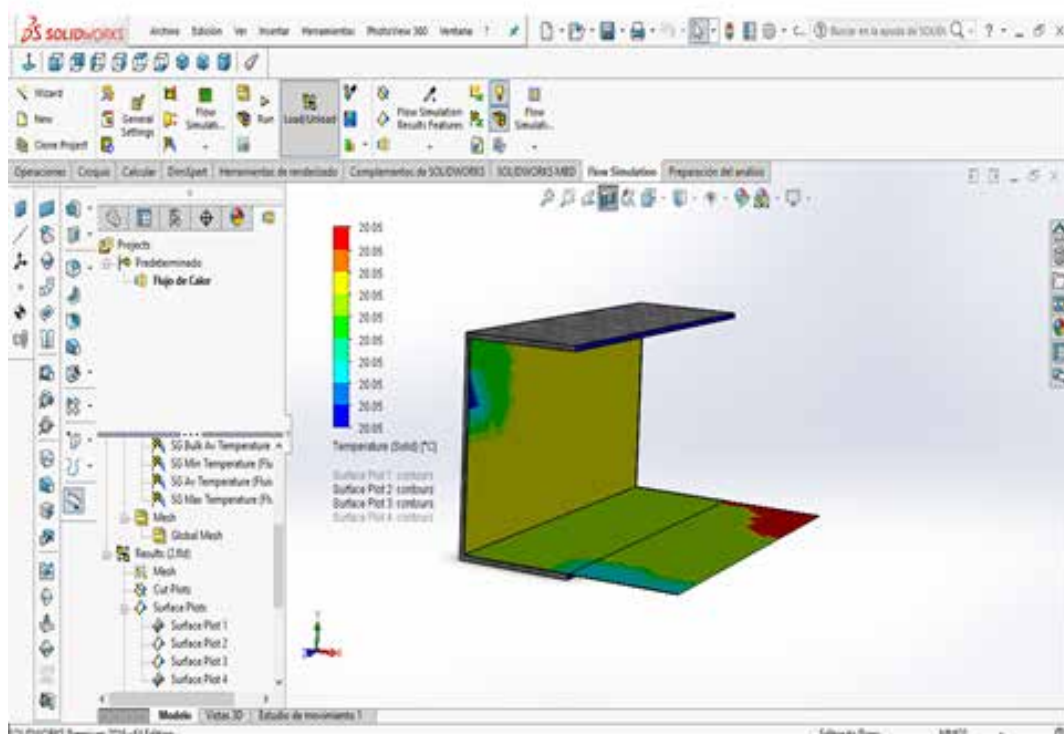


Figura 42. Simulación por Autodesk SolidWorks de un intercambiador de calor.

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

Mediante la figura 43, se puede observar el mismo procedimiento del intercambiador de calor pero de manera cerrada, demostrando lo que se podría demostrar de manera más realista.

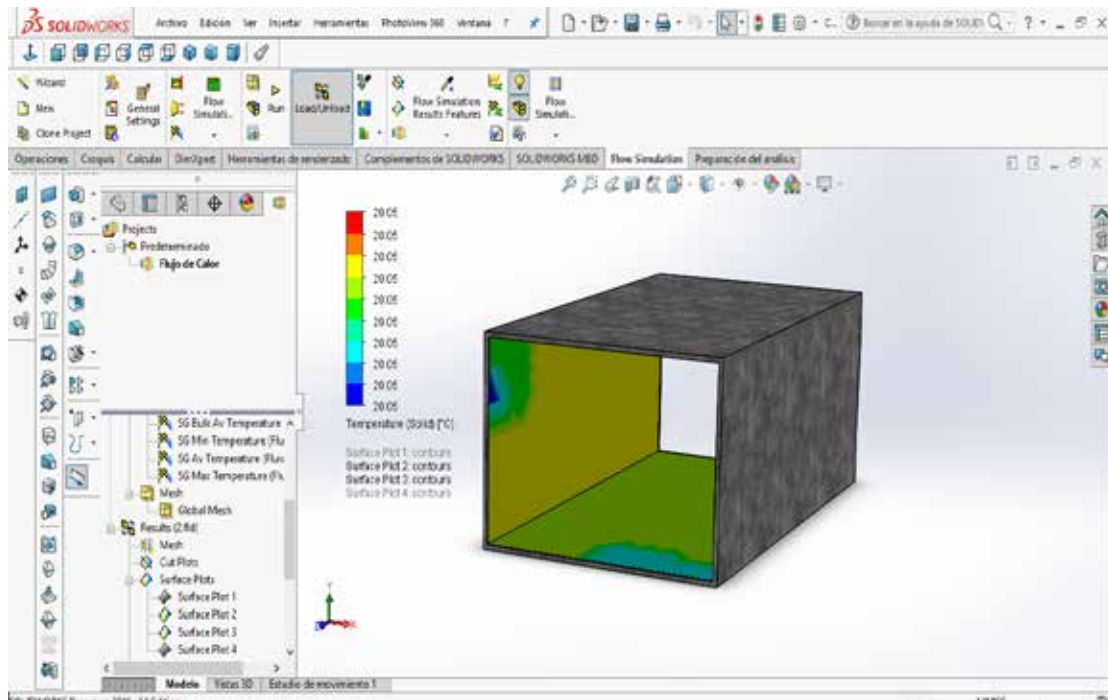


Figura 43. Representación realista del ducto en simulación de un intercambiador de calor

Fuente: Mora y Sevilla (2020)

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo la implementación de una simulación con cada uno de los componentes que constituyen un sistema de acondicionamiento de aire HVAC, el cual, mediante cálculos previamente desarrollados, se pudo establecer su representación a través del uso del software CYPECAD (Módulo CypeCAD HVAC) y el Autodesk SolidWorks (Herramienta Flow Simulation). De esta manera se logró establecer medidas de climatización idóneas para disminuir el contagio del virus COVID-19, al personal de salud en ambientes como salas de hospitalización en las que se encuentran pacientes contagiados con este virus.

En CypeCAD se pudo simular el cuarto de hospitalización con todo los componentes internos pertenecientes al sistema HVAC, como lo son:

Los conductos de impulsión y retorno, cada uno identificado con su caudal y flujo másico requerido para satisfacer las necesidades de dicha instalación.

La implantación de las rejillas, tanto impulsoras y de retorno, con sus respectivas dimensiones estandarizadas.

En el exterior del cuarto de hospitalización se ubicaron los componentes restantes, como lo son la resistencia calefactora (que eleva la temperatura de salida del cuarto de hospitalización a una temperatura de 92°C) y el serpentín de enfriamiento.

En Autodesk SolidWorks se diseñó la representación de los conductos de tal manera que, apoyándose en la herramienta Flow Simulation que posee el software, se pudiera visualizar el comportamiento del aire dentro de los conductos a altas temperaturas y, a su vez, cómo éste sufre la reducción del calor mediante el serpentín de enfriamiento, para cumplir con la temperatura requerida de la unidad de

refrigeración tipo paquete y que éste pueda cumplir con el objetivo de enfriar el aire que será impulsado al cuarto de hospitalización nuevamente.

Con estas condiciones de trabajo del sistema HVAC, se mejora la calidad del aire dentro del cuarto de hospitalización ya que con el proceso el virus COVID-19 se reduce considerablemente haciendo que sea menos probable el contagio del personal médico con los pacientes que allí se encuentran recluidos.

RECOMENDACIONES

Es recomendable concientizar a la población estudiantil sobre la importancia de los Sistemas HVAC en el área de salud, esto debido a que durante la carrera se debería explicar el funcionamiento de estos sistemas de climatización, ventilación y calefacción ya que son imprescindibles en la vida diaria y mucho más en épocas críticas como la de la pandemia de COVID-19. Adicionalmente, es necesario concientizar a los entes gubernamentales para que estos provean los equipos necesarios para estos Sistemas y para la realización de buenos planes enfocados en el correcto funcionamiento de los mismo, todo con la finalidad de un bien común para la población.

Si se quiere visualizar con mucho más detalle la implementación de los componentes de un Sistema HVAC en cualquier recinto, existen otros tipos de software para ello, la mayoría encaminados a la realización de obras arquitectónicas o de ingeniería civil. También hay que destacar que si se quiere una simulación mucho más trabajada, precisa y detallada, es necesaria la búsqueda de software diseñados para simular este tipo de comportamientos térmicos y de fluidos que, generalmente, no se pueden adquirir tan fácilmente debido a que estos son pagos o necesitan licencias pagadas para poder ser utilizadas. Por lo anterior, la simulación en el presente trabajo de investigación fue hecha de manera separada para demostrar una parte el funcionamiento del sistema aprovechando las funciones de cada software.

Los sistemas HVAC, son máquinas térmicas que necesitan de constantes mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos debido a que sus componentes son sometidos a condiciones de trabajo constantes, por lo que debe realizarse un plan de mantenimiento en el cual provengan cualquier tipo de imprevistos y sean reparados con la brevedad posible. Estos equipos aportan calidad de aire a espacios cerrados, con mayor importancia en cuartos de hospitalización, donde deben ser sistemas eficientes ya que la salud y confort de las personas dependen de su correcto

funcionamiento. La inexistencia de un plan de mantenimiento o un mantenimiento mal realizado puede ser catastrófica para el sistema y por ende a los ocupantes del recinto. Estos equipos trabajan en espacios donde existen virus que pueden ser muy peligrosos y si el mismo no es controlado bajo las condiciones necesarias, como las de este proyecto, con la intención de mejorar la calidad de vida del personal médico y de los pacientes.

REFERENCIAS

- BBC News Mundo (2020). **Coronavirus en América Latina: 7 gráficos para entender el avance de la pandemia de covid-19 en la región.** (Disponible 27 de abril): <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-52405371>
- BBC News Mundo (2020). **Coronavirus, Cómo hace frente al covid-19 cada país de América Latina.** (Disponible 30 de marzo): <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51881075>
- Briceño Briceño, Enrique Alejandro y Páez Benítez, Serge Vladimir (2008). **Diseño del sistema de acondicionamiento de ambiente para una estación de transporte subterráneo de pasajeros.** Trabajo especial de grado de la universidad de Carabobo. <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/7161>
- Cañizalez, Mercedes y Ruiz, María de los Ángeles (2015). **Evaluación y diseño de un sistema para lograr el subenfriamiento en circuitos de refrigeración de mediana y baja capacidad.** Trabajo especial de grado de la Universidad de Carabobo. Venezuela. <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/5341>
- Cengel, Yunus (2011). **Transferencia de Calor.** Editorial McGraw-Hill, 4ta. Edición. Mexico.
- Cengel, Yunus (2012). **Termodinámica.** Editorial McGraw-Hill, 7ta. Edición. México.
- Claro López, Cesar Javier (2017). **Diseño del ambiente de cuarto aislado para la recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos en el área de hospitalización de la clínica Medical Duarte de la ciudad de Cúcuta.** Proyecto de grado de la Universidad Industrial de Santander. Colombia. <http://noesis.uis.edu.co/handle/123456789/38375>
- Lobo Criado, Luz Karime (2011). **Automatización del Sistema de Aire Acondicionado (HVAC) para el cuarto piso del Edificio J Torre Norte y**

Torre Sur de la UPB Bucaramanga. Monografía de Grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.

OMS (2019). **Coronavirus.** Disponible: <https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus>

OMS (2019). **Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19).** Disponible: <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses#:~:text=La%20COVID%2D19%20es,en%20diciembre%20de%202019.>

Patria blog (2020). **Covid-19.** (Disponible 30 de mayo): <https://covid19.patria.org.ve/estadisticas-venezuela/>

Ramírez Mancipe, Andrea Lizeth (2017). **Implementación de la plataforma virtual para el seguimiento de manteamientos preventivos y correctivos de sistemas de aire acondicionado, ventilación mecánica y refrigeración industrial para los clientes en la ciudad de Medellín.** Proyecto de grado de la Universidad Industrial de Santander. Colombia. <http://noesis.uis.edu.co/handle/123456789/38413>

Revista Organización Panamericana de la Salud (2010). **Ventilación natural para el control de las infecciones en entornos de asistencia sanitaria.** Disponible: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/ventilacion_natual_spa_25mar11.pdf

ANEXOS

ANEXO A

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA () DE MATERIALES AISLANTES EN
(BTU / H_r ft² °F)

Aislante	Pulgadas de aislamiento											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factor K = 0,16 Poliuretano Expandido Poliestirano Expandido	3,84	1,98	1,28	0,96	0,77	0,64	0,55	0,48	0,43	0,38	0,35	0,32
Factor K = 0,32 Fibra de vidrio Relleno de lana Mineral y bloque	7,60	3,28	2,6	1,90	1,50	1,30	1,10	0,96	0,86	0,96	0,70	0,64

ANEXO B

TABLA PROMEDIO DE LOS CAMBIOS DE AIRE EN 24HORAS PARA
CAVAS, DEBIDO A LA APERTURA DE PUERTAS E INFILTRACIONES.

Volumen en pie	Cambios de aire en 24h		Volumen en pie ³	Cambios de aire en 24h	
	Arriba de 32°F	Debajo de 32°F		Arriba de 32°F	Debajo de 32°F
200	44,0	33,5	6.000	6,5	5,0
300	34,5	26,2	8.000	5,5	4,3
400	29,5	22,5	10.000	4,9	3,8
500	26,0	20,0	15.000	3,9	3,0
600	23,0	18,0	20.000	3,5	2,6
800	20,0	15,3	25.000	3,0	2,3
1.000	17,5	13,5	30.000	2,7	2,1
1.500	14,0	11,0	40.000	2,3	1,8
2.000	12,0	9,3	50.000	2,0	1,6
3.000	9,5	7,4	75.000	1,6	1,3
4.000	8,2	6,3	100.000	1,4	1,1
5.000	7,2	5,6			

ANEXO C

CATÁLOGO DE REJAS DE IMPULSION DE FUNCIONAMIENTO SIMPLE DE LA EMPRESA INDUTERM.

1. REJAS

MetalRegister

i induterm

1.1. REJAS PARA IMPULSIÓN DE SIMPLE DEFLECCIÓN SERIES RA1 – ARA1

Las rejas de la **Serie RA** están diseñadas para la inyección en instalaciones de aire acondicionado, calefacción y ventilación. El montaje de estas rejas se realiza en paredes o falsos techos. Sus aletas móviles permiten regular el alcance, altura y amplitud de la vena de aire.

■ LÍNEA CHAPA DE ACERO

DENOMINACIÓN

RA1 Rejas de impulsión simple deflección

TERMINACIÓN

Estándar Esmalte epoxi horneado blanco

Opción Esmalte epoxi horneado aluminio

■ LÍNEA ALUMINIO

DENOMINACIÓN

ARA1 Rejas de impulsión simple deflección

TERMINACIÓN

Estándar Anodizado natural

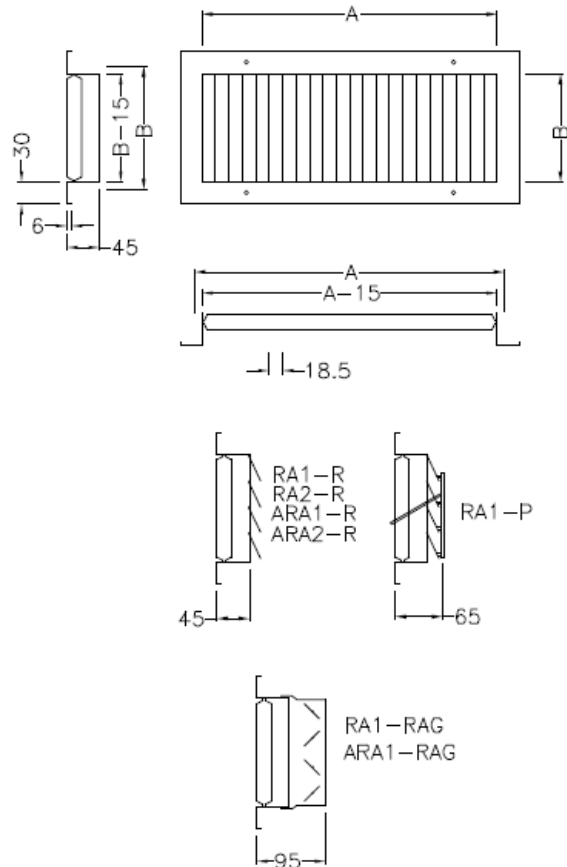
Opción Esmalte epoxi horneado blanco

■ ACCESORIOS

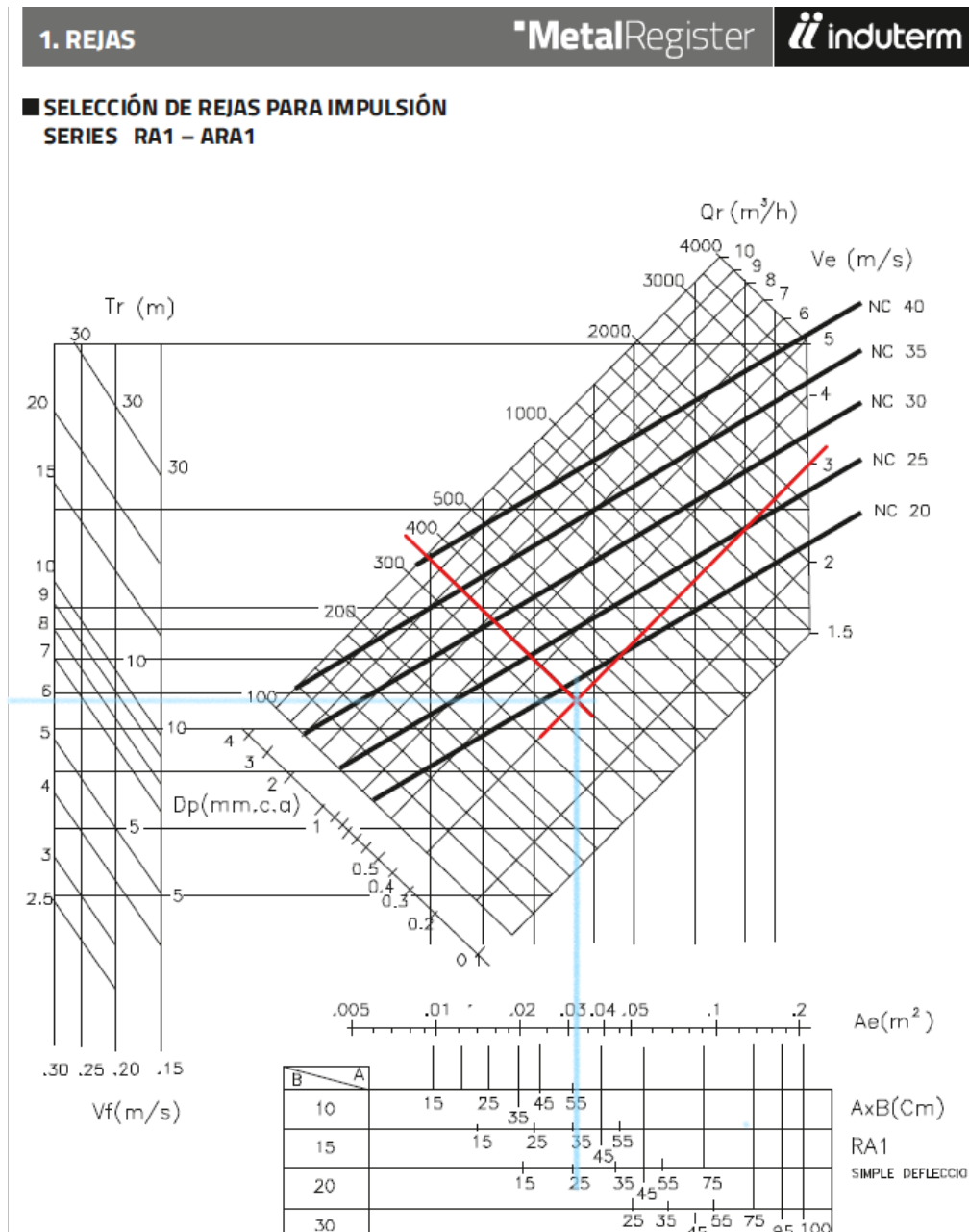
R Regulación posterior de aletas simples
RA1-R / ARA1-R

P Regulación posterior de aletas simples con comando a palanca frontal
RA1-P

RAG Regulación posterior de aletas opuestas con comando frontal mediante acople con llave Alem construido en aluminio extruido y chapa BWG
RA1-RAG / ARA1-RAG



GRÁFICA PARA SELECCIONAR LA REJILLA DE IMPULSIÓN IDEAL PARA EL CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN.



ANEXO D

REJILLAS DE RETORNO TIPO PERSIANILLA PARA EL CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN DE LA EMPRESA INDUTERM.

1. REJAS

MetalRegister induterm

1.3. REJAS PARA RETORNO TIPO PERSIANILLA "ESPECIAL" SERIES RRS - RRF - ARRS

Las rejillas de la **Serie RR** están diseñadas para el retorno y extracción de aire en instalaciones de aire acondicionado, calefacción y ventilación. El montaje de estas rejillas se realiza en paredes o falsos techos. Sus aletas a 45° dificultan la captación de polvo y el paso de luz.

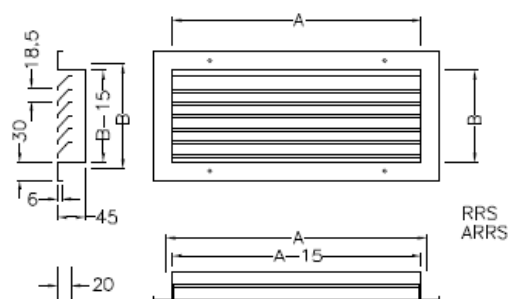
■ LÍNEA CHAPA DE ACERO

DENOMINACIÓN

- RRS** Rejas de retorno tipo persianilla con aletas fijas con 45° de deflexión
- RRF** Rejas de retorno tipo persianilla con aletas fijas con 45° de deflexión y frente rebatible para acceso a filtro (filtro no provisto)

TERMINACIÓN

- Estándar** Esmalte epoxi horneado blanco
- Opción** Esmalte epoxi horneado aluminio



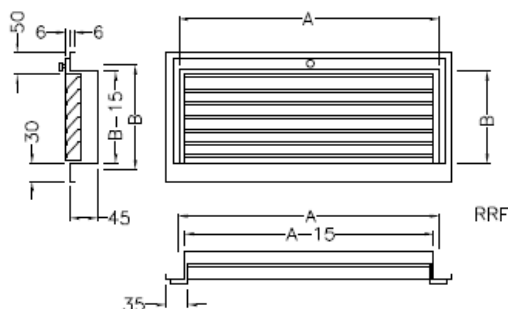
■ LÍNEA ALUMINIO

DENOMINACIÓN

- ARRS** Rejas de retorno tipo persianilla con aletas fijas con 45° de deflexión

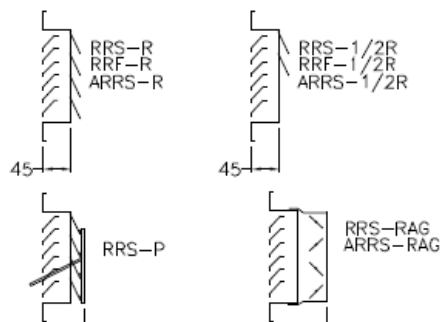
TERMINACIÓN

- Estándar** Anodizado natural
- Opción** Esmalte epoxi horneado blanco



■ ACCESORIOS

- R** 100% De regulación posterior de aletas simples
RRS-R / RRF-R / ARRS-R
- 1/2R** 50% De regulación posterior de aletas simples
RRS-1/2R / RRF-1/2R / ARRS-1/2R
- P** Regulación posterior de aletas simples con comando a palanca frontal
RRS-P
- RAG** Regulación posterior de aletas opuestas



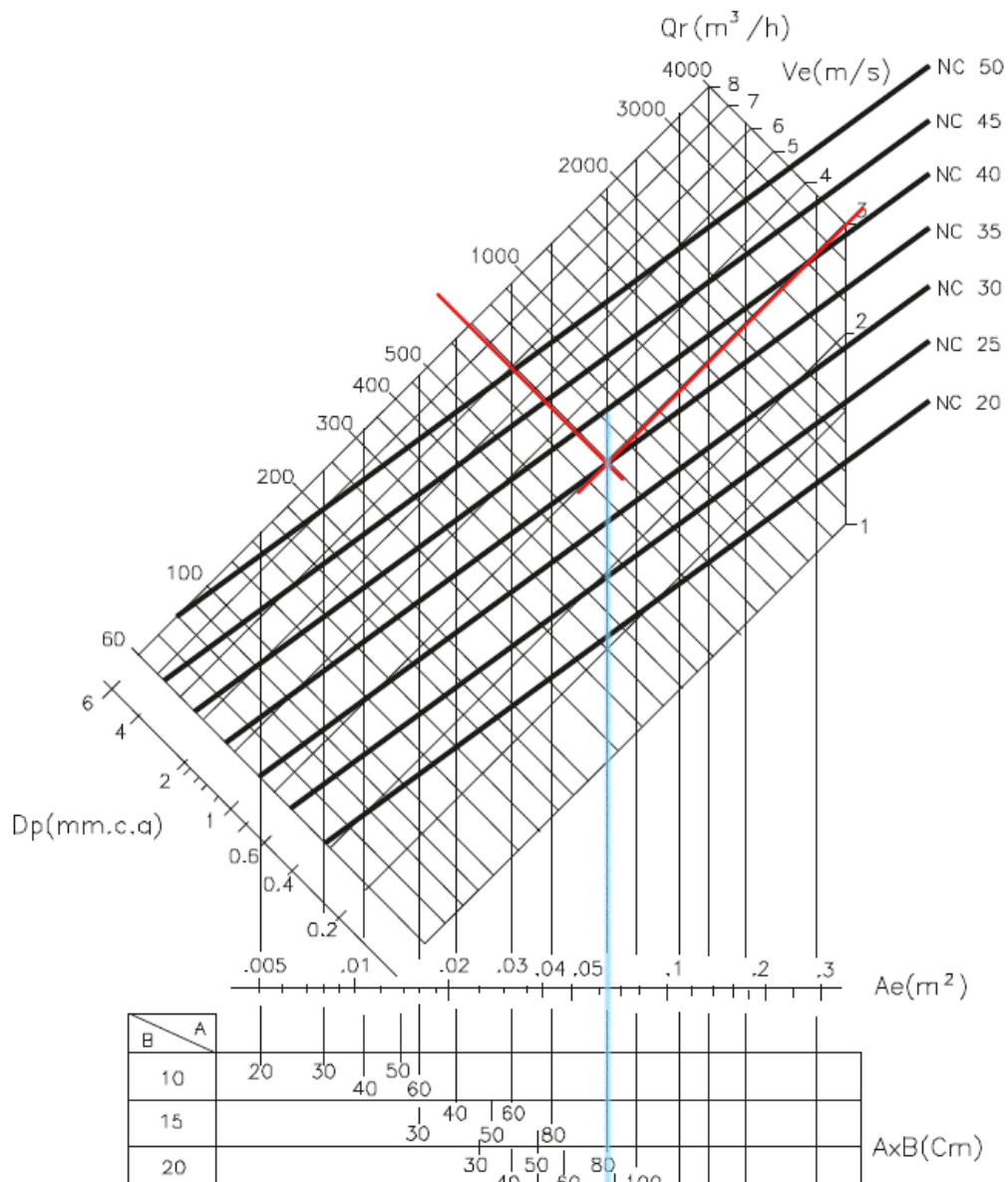
GRAFICA PARA SELECCIONAR LA REJILLA DE RETORNO IDEAL PARA EL CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN.

1. REJAS

MetalRegister

Inouterm

■ SELECCIÓN DE REJAS PARA RETORNO
SERIES RRS – RRF – ARRS



ANEXO F

CARTA PSICROMETRICA DE CARRIER A ALTAS TEMPERATURAS.

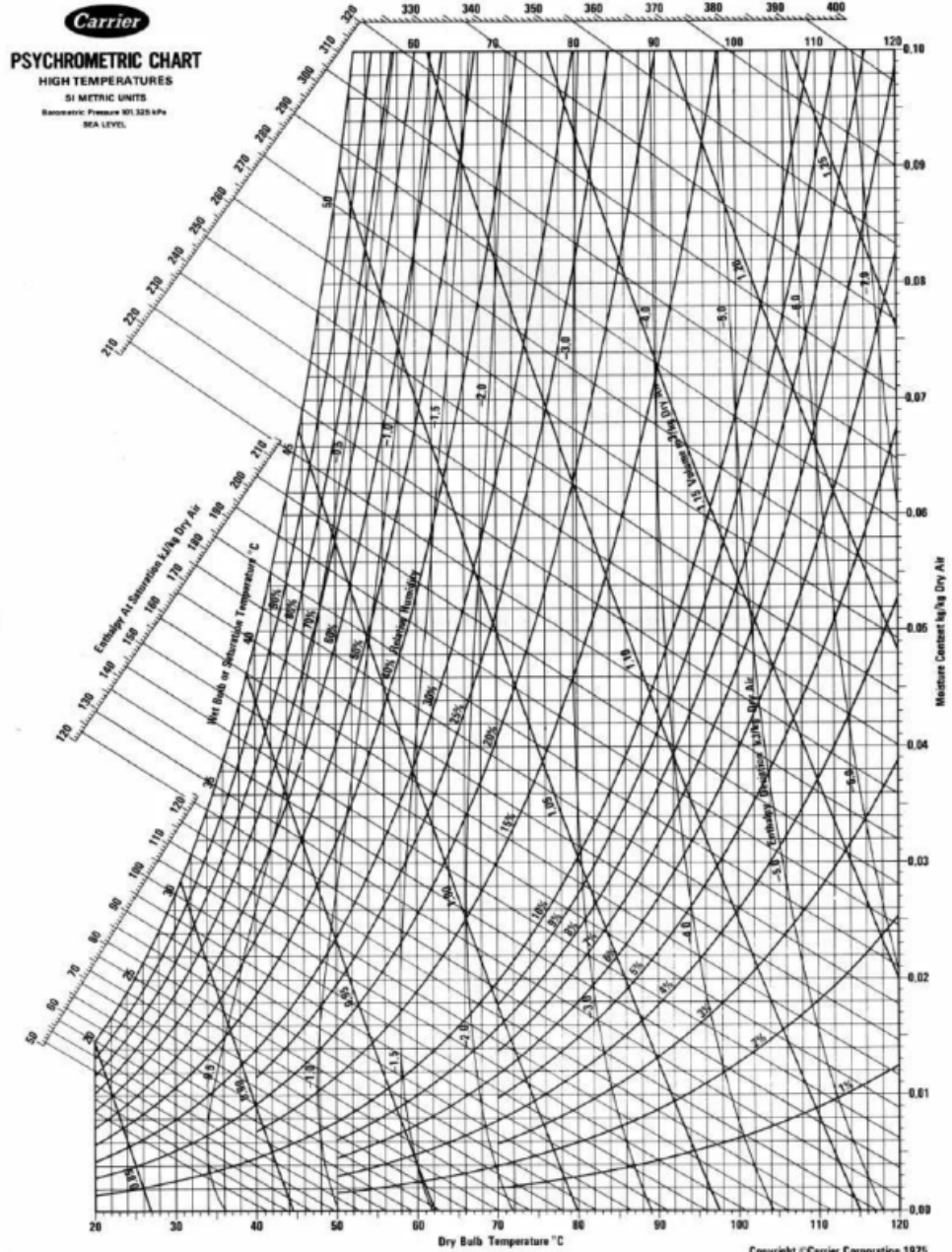



FIG. A.5. PSYCHROMETRIC CHART

ANEXO G

CATÁLOGO DE RESISTENCIAS CALEFACTORAS BAJO LA EMPRESA BrotoTermic.

AHBAT

GRUPO 2 - Resistencias para aire
2.7 - Baterías eléctricas con resistencias de aleta helicoidal



CAUS
(opcional)

BATERÍAS ELÉCTRICAS CON RESISTENCIAS DE ALETA HELICOIDAL, MODELOS AHBAT

Características generales

- * Marco en chapa de Fe galvanizado. Opcionalmente y bajo pedido, chasis en acero inoxidable.
- * Grado de protección contra la humedad IP40
- * Nuevo sistema de caja de conexiones con apertura abatible sin desmontar la tapa.
- * Elementos calefactores tubulares blindados en acero inoxidable AISI 304 de Ø10 mm, resistencia aislada con óxido de magnesio electrofundido y comprimido por laminación.
- * Aleta de acero inoxidable AISI 430 de diámetro exterior Ø26 mm.
- * Racores engrampados de acero zincado de M14.
- * Borne roscado de M4 ó M6 según modelos.
- * Temperatura de aplicación: salida de aire 60 °C
- * Velocidad de paso de aire recomendada para 60 °C: $V_{aire} = 3 \text{ m/seg}$
- * Termostato kilon integrado de protección de 85 °C. Opcionalmente, con termostato de 110 °C
- * Posibilidad de acoplarse varios módulos.
- * 1 ó 2 etapas de potencia según modelos, tanto en monofásico como trifásico.
- * Elementos calefactores en tensión unitaria ~230 V para facilitar diferentes opciones de conexión.
- * Tensión normalizada: 3~230 V A, 3~400 V A

Bajo pedido, podemos suministrar otras dimensiones, potencias o voltajes, así como distintas opciones de resistencia con aleta helicoidal

Opciones:

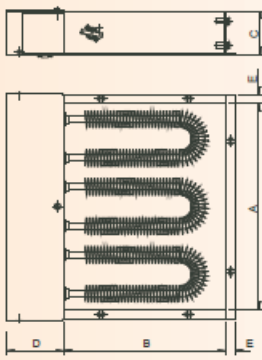
- Todo inoxidable.
- Aleta helicoidal:
 - * Para tubo Ø8mm: feje acero inox → Ø18, Ø24
feje Hierro → Ø23
 - * Para tubo Ø10mm: feje acero inox → Ø20, Ø25, Ø30
feje Hierro → Ø25, Ø30


Aplicaciones usuales

- * Calefacción de aire en circulación forzada para acondicionamiento de locales, circuitos cerrados de secado en estufas, bancos de carga, etc. En general, para cualquier aplicación de calentamiento de aire forzado.

Modelos normalizados

Código	Dimensiones en mm					Potencia	Nº varillas	Forma varillas	Nº etapas
	A	B	C	D	E				
AHBAT3	330	260	70	92	15	3000	3	U	1
AHBAT6	330	475	70	92	15	6000	3	U	1
AHBAT9	330	700	70	92	15	9000	3	U	1
AHBAT12	550	475	160	92	15	12000	3	M4	1
AHBAT15	550	585	160	92	15	15000	3	M4	1
AHBAT18	550	700	160	92	15	18000	3	M4	1
AHBAT24	550	475	160	92	15	24000	6	M4	2
AHBAT30	550	585	160	92	15	30000	6	M4	2
AHBAT36	550	700	160	92	15	36000	6	M4	2





ANEXO H

CATÁLOGO DE EQUIPOS DE REFRIGERACION TIPO PAQUE DE 5TON CON
DISTINTOS CAUDALES Y TEMPERATUAS DE EVAPORADOR, EMPRESA
TRANE, MODELO TRAE DE 60Hz.



Capacidades de Refrigeración

TRAE 60 Hz

Tab. VII-14 - Capacidad de Refrigeración - Solution Plus 050: DX 050 c/ TRAE 050 - 1 Circuito

Caudal de Aire (m ³ /h) TEAE	Temperatura de Entrada de Aire en el Condensador (°C)												Temperatura de Entrada de Aire en el Condensador (°C)																								
	25,5						35,0						40,5						46,0																		
	Temperatura de Entrada de Aire en el Evaporador - (BU) (°C)												Temperatura de Entrada de Aire en el Evaporador - (BU) (°C)																								
BS	16,0		19,5		23		16,0		19,5		23,0		16,0		19,5		23,0		16		19,5		23,0														
(°C)	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens	Cap. Total	Cap. Sens													
	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW	KW													
2000	24,0	12,6	9,5	4,8	14,1	7,7	4,9	15,0	6,7	5,1	12,2	9,3	5,3	13,7	7,5	5,5	15,2	5,0	5,7	11,9	9,2	5,9	13,3	7,3	6,1	14,7	5,4	6,3	11,5	9,0	6,5	12,8	7,1	6,8	14,2	5,2	7,0
	27,0	12,6	11,0	4,8	14,1	9,1	4,9	15,5	7,2	5,1	12,3	10,8	5,3	13,7	9,0	5,5	15,2	7,1	5,7	11,9	10,7	5,9	13,2	8,8	6,1	14,7	6,9	6,3	11,5	10,5	6,6	12,8	8,6	6,8	14,2	6,7	7,0
	29,5	12,8	12,4	4,8	14,0	10,6	4,9	15,0	8,7	5,1	12,4	12,2	5,3	13,6	10,5	5,5	15,2	8,5	5,6	12,1	12,0	5,9	13,2	10,3	6,1	14,7	8,3	6,3	11,7	11,7	6,6	12,8	10,1	6,8	14,2	8,1	7,0
	32,0	13,3	13,3	4,8	14,1	12,1	4,9	15,6	10,2	5,1	13,0	13,0	5,4	13,7	11,9	5,5	15,2	10,0	5,6	12,6	12,7	6,0	13,3	11,7	6,1	14,7	9,8	6,3	12,3	12,3	6,7	12,8	11,5	6,8	14,2	9,6	7,0
2000	24,0	13,3	10,7	4,8	14,7	8,3	5,0	16,4	5,9	5,2	12,9	10,5	5,4	14,3	8,1	5,5	15,9	5,8	5,7	12,4	10,3	6,0	13,9	8,0	6,2	15,4	5,0	6,4	12,0	10,1	6,6	13,4	7,8	6,9	14,8	5,4	7,1
	27,0	13,3	12,5	4,8	14,7	10,2	5,0	16,4	7,8	5,2	13,0	12,3	5,4	14,3	10,0	5,5	15,9	7,6	5,7	12,6	12,1	6,0	13,8	9,8	6,2	15,3	7,4	6,4	12,2	11,8	6,7	13,4	9,6	6,9	14,8	7,2	7,1
	29,5	13,8	13,0	4,9	14,7	12,1	5,0	16,4	9,7	5,2	13,4	13,4	5,4	14,3	11,9	5,5	15,9	9,5	5,7	13,1	13,1	6,1	13,8	11,7	6,2	15,3	9,3	6,4	12,7	12,7	6,7	13,4	11,5	6,9	14,8	9,1	7,1
	32,0	14,5	14,5	5,0	14,8	13,8	5,0	16,4	11,5	5,2	14,1	14,1	5,5	14,4	13,6	5,8	15,9	11,3	5,7	13,8	13,8	6,2	14,0	13,4	6,2	15,3	11,1	6,4	13,4	13,4	6,9	13,5	13,1	6,9	14,7	10,9	7,1
3400	24,0	13,8	12,1	4,9	15,3	9,1	5,1	17,0	6,2	5,2	13,4	11,9	5,4	14,9	8,9	5,8	16,5	6,0	5,8	13,0	11,6	6,0	14,4	9,7	6,2	15,9	5,0	6,4	12,5	11,4	6,7	13,8	8,5	6,9	15,3	6,6	7,2
	27,0	14,1	14,0	4,9	15,3	11,5	5,1	17,0	8,5	5,2	13,7	13,7	5,5	14,8	11,3	5,8	16,5	8,3	5,8	13,3	13,3	6,1	14,3	11,1	6,2	15,9	8,1	6,4	12,9	12,9	6,8	13,8	10,9	6,9	15,2	7,9	7,2
	29,5	14,9	14,0	5,0	15,4	13,7	5,1	17,0	10,8	5,2	14,5	14,5	5,6	14,9	13,5	5,8	16,5	10,6	5,8	14,1	14,1	6,2	14,4	13,3	6,2	15,9	10,4	6,4	13,7	13,7	6,9	13,9	13,1	6,9	15,2	10,2	7,2

Notas:

- (1) TEAE - Temperatura de entrada de aire en el evaporador
- (2) BS - Bulbo Seco
- (3) BH - Bulbo Húmedo
- (4) Capacidades son brutas y no incluyen el efecto del calor del motor del evaporador. Para obtener capacidades líquidas restar este efecto.
- (5) Calor generado por el motor del evaporador puede obtenerse de manera aproximada por la fórmula: BHP x 0,88 = Mkal/h
- (6) Capacidades basadas en 18 m equivalente de la línea de succión y 10 m desnivel máx. entre las unidades evaporadora y condensadora.
- (7) Capacidades total bruta e sensible: Mkal/h
- (8) KW = Consumo eléctrico de compresor + motor del condensador. No incluye motor del evaporador.
- (9) Para operación con R407C, debes corregir los valores de la despenfo utilizando los siguientes factores:
Cap. Total => 0,96

ANEXO I

CATALOGO DE FILTROS DE LA EMPRESA TRANE IDEALES PARA EL CUARTO DE HOSPITALIZACIÓN. SE UTILIZARA EL MERV 15.

Filtros Finos					
Eficiencia Nominal (partículas delgadas)	Norma EN779	Norma NBR6401	Norma Ashrae 52.2		
20%	F - 5	F - 1	MERV 7		
24%			MERV 8		
25%			MERV 9		
29%					
30%					
39%					
40%			MERV 10		
45%					
50%			F - 6	F - 2	MERV 11
55%					MERV 12
59%					
60%					
65%					
69%	MERV 13				
70%					
75%					
79%	F - 7	MERV 14			
80%					
89%	F - 8	F - 3	MERV 15		
90%			MERV 16		
94%			F - 9		
95%					
> 95%					