



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON MONITOREO Y
CONTROL AUTOMATIZADO PARA UN DATA CENTER DE UNA
INSTITUCIÓN FINANCIERA**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: WILSON GEOVANNY MOROCHO TENEZACA.

HENRY DANIEL QUITO LOJANO.

TUTOR: ING. JOHN IGNACIO CALLE SIGÜENCIA, PH.D.

Cuenca – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Wilson Geovanny Morocho Tenezaca con documento de identificación N° 0303013817 y Henry Daniel Quito Lojano con documento de identificación N° 0107088403; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

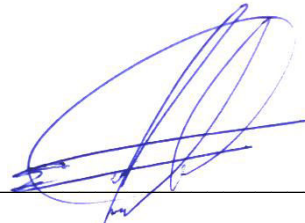
Cuenca, 27 de enero del 2023

Atentamente,



Wilson Geovanny Morocho Tenezaca

0303013817



Henry Daniel Quito Lojano

0107088403

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Wilson Geovanny Morocho Tenezaca con documento de identificación N° 0303013817 y Henry Daniel Quito Lojano con documento de identificación N° 0107088403, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de un sistema de climatización con monitoreo y control automatizado para un Data Center de una institución financiera”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de enero del 2023

Atentamente,

Wilson Geovanny Morocho Tenezaca

0303013817

Henry Daniel Quito Lojano

0107088403

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, John Ignacio Calle Sigüencia con documento de identificación N° 0102118213, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: : DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA UN DATA CENTER DE UNA INSTITUCIÓN FINANCIERA, realizado por Wilson Geovanny Morocho Tenezaca con documento de identificación N° 0303013817 y Henry Daniel Quito Lojano con documento de identificación N° 0107088403, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de enero del 2023

Atentamente,



Ing. John Ignacio Calle Sigüencia, Ph. D

0102118213

Dedicatoria

Wilson Geovanny Morocho Tenezaca

Quiero dedicar este trabajo de titulación a todas las personas que han sido un pilar fundamental en mi formación personal, como académica, a mis padres, a mi esposa y amigos ya que gracias a sus consejos y apoyo pude cumplir con este objetivo.

También quiero dedicar este logro a mi hija Madelyn, que fue mi mayor motivo de superación, todos mis logros son para ella.

Finalmente quiero dedicar a mis profesores, en especial al Ing. John Calle Siguencia, quien acepto ser nuestro tutor de trabajo de titulación ya que sin su apoyo nada de esto pudiera haber sido posible.

Henry Daniel Quito Lojano

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mi padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño.

Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio. También quiero dedicarle el resultado de mi trayectoria en la universidad a mi tía Isabel ya que sin ella no hubiera llegado a conseguir todos los logros de hoy, ella fue la persona que más estuvo al pendiente de mi en mi vida escolar gracias por todo y este logro es más tuyo que mío.

Agradecimientos

Wilson Geovanny Morocho Tenezaca

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres quienes fueron los pilares fundamentales para alcanzar esta meta, los que me sostuvieron en cada uno de los momentos difíciles en este largo proceso que aún tiene mucho por escribirse, en segundo lugar, a mi mujer Lourdes Bermeo y mi hija Madelyn Morocho quienes han estado presentes en todo momento para animarme a no desfallecer en el proceso, en tercer lugar, agradezco a cada uno de mis compañeros que me han brindado su ayuda incondicional.

Por último, agradezco al Ing. John Ignacio Calle Sigüencia por estar siempre dispuesto a solventar las dudas durante todo el desarrollo de este proyecto y mis años de estudio de la carrera, siempre con un buen trato y paciencia.

Henry Daniel Quito Lojano

Agradezco Dios por darme a la madre más maravillosa que cualquiera quisiera tener, porque con sus consejos, sabiduría y con su ejemplo de superación ha sabido guiarme en este largo trayecto, por lo que, siempre estaré en deuda con ella.

A mis compañeros con los que he compartido momentos maravillosos y que sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento ayudándome a superar cada una de las dificultades que se presentaban.

También, agradecer al Ing. John Ignacio Calle Sigüencia por toda la ayuda, sugerencias y paciencia brindada durante su tutoría.

Resumen

Este trabajo considera el diseño de un sistema de climatización con monitoreo y control de temperatura, teniendo en cuenta las dimensiones del recinto, la capacidad y distribución de los equipos, las condiciones atmosféricas del sitio de trabajo y los requerimientos específicos para el buen funcionamiento del Data Center de una institución financiera. El trabajo es una investigación aplicada, el proceso metodológico analizó las condiciones ambientales relacionando la temperatura de bulbo seco, punto de rocío, humedad relativa y la altitud de la ciudad, además, establece las cargas térmicas del Data Center, con base a los equipos tecnológicos dispuestos en un área de 16 m². Los resultados establecen una condición de operación de 23 °C y 60% de humedad relativa, con equipos de climatización de 17,4 kW/h. El costo total de la implementación del sistema de climatización que incorpora monitoreo en tiempo real para el Data Center de una institución financiera, es de \$84064.344, Además, se desarrolló un dispositivo de monitoreo que se interconecta con la plataforma de monitoreo creada en thinger.io, los datos recolectados son visualizados en tiempo real y almacenados en la base de datos con una periodicidad de 1 minuto, a la vez emite una alarma enviada al correo, cuando se superan los parámetros definidos de operación de temperatura y humedad del Data Center.

Palabras Claves: Sistema De Climatización, Diseño, Condiciones Atmosféricas, Cargas Térmicas, Monitoreo, Control De Temperatura, Costo De Implementación.

Abstract

This work considers the design of a climate control system with temperature monitoring and control, taking into account the dimensions of the enclosure, the capacity and distribution of the equipment, the atmospheric conditions of the work site, and the specific requirements for the proper functioning of the Data Center of a financial institution. The work is applied research, the methodological process analyzed the environmental conditions relating the dry bulb temperature, dew point, relative humidity and the altitude of the city, in addition, it establishes the thermal loads of the Data Center, based on the technological equipment arranged in an area of 16 square meters. The results establish an operating condition of 23 degrees Celsius and 60% relative humidity, with air conditioning equipment of 17,4 kW/h. The total cost of implementing the climate control system that incorporates real-time monitoring for the Data Center of a financial institution is \$84064.344. In addition, a monitoring device was developed that interconnects with the monitoring platform created on thinger.io, the collected data is displayed in real-time and stored in the database with a periodicity of 1 minute, at the same time it emits an alarm sent to the email, when the defined operation parameters of temperature and humidity of the Data Center are exceeded.

Keywords: Air Conditioning System, Design, Atmospheric Conditions, Thermal Loads, Monitoring, Temperature Control, Implementation Cost.

Índice de Contenido

| | |
|---|------|
| Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación..... | II |
| Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la universidad politécnica salesiana..... | III |
| Certificado de dirección del trabajo de titulación..... | IV |
| Dedicatoria..... | V |
| Agradecimientos..... | VI |
| Resumen..... | VII |
| Abstract..... | VIII |
| 1 problema de estudio..... | 1 |
| 1.1 antecedentes..... | 1 |
| 1.2 situación problemática..... | 2 |
| 1.3 problema general..... | 2 |
| 1.4 problema específicos..... | 2 |
| 2 objetivos..... | 3 |
| 2.1 objetivo general..... | 3 |
| 2.2 objetivo específico..... | 3 |
| 3 marco teórico..... | 4 |
| 3.1 centro de procesamiento de datos o data center (cdp)..... | 4 |
| 3.1.1 definición..... | 4 |
| 3.1.2 requerimientos de un <i>data center</i> | 5 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1.3 | tipo de data center | 7 |
| 3.1.4 | requerimientos de energía | 8 |
| 3.1.5 | enfriamiento. | 9 |
| 3.1.6 | planificación de espacio | 10 |
| 3.1.7 | manejo del cableado | 11 |
| 3.1.8 | importancia de la climatización de espacios cdp | 12 |
| 3.1.9 | montajes más comunes de aires acondicionados de precisión | 13 |
| 3.2 | sistemas de climatización | 18 |
| 3.2.1 | sistemas aire -aire | 19 |
| 3.2.2 | sistemas agua-agua..... | 22 |
| 3.2.3 | sistemas agua-aire | 24 |
| 3.2.4 | clasificación de la infraestructura de data center según normas ansi-tia 942 | 24 |
| 3.2.5 | aire acondicionado de precisión vs "confort" | 26 |
| 3.3 | determinación de condiciones atmosféricas y cargas..... | 28 |
| 3.3.1 | carta psicométrica del aire..... | 28 |
| 3.3.2 | temperatura de bulbo seco (tbs) | 28 |
| 3.3.3 | temperatura de bulbo húmedo (tbh) | 28 |
| 3.3.4 | humedad relativa | 29 |
| 3.3.5 | temperatura de punto de rocío..... | 29 |
| 3.3.6 | entalpía flujo de calor sensible..... | 30 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4 | sensores de temperatura y humedad..... | 31 |
| 3.5 | plataforma arduino | 31 |
| 4 | metodología | 33 |
| 4.1 | análisis de requerimientos para el cdp..... | 33 |
| 4.1.1 | condiciones ambientales (aire exterior)..... | 33 |
| 4.1.2 | equipos para operación de data center..... | 34 |
| 4.1.3 | distribución de espacio | 36 |
| 4.2 | cálculo de cargas térmicas y selección de equipos..... | 37 |
| 4.2.1 | criterios de selección de equipo climatizador | 37 |
| 4.2.2 | condiciones de temperatura y humedad | 39 |
| 4.2.3 | carga térmica | 40 |
| 4.2.4 | cálculo de la carga térmica para refrigeración..... | 44 |
| 4.2.5 | diseño de ventilación..... | 47 |
| 4.2.6 | selección de equipo de climatización comercial | 52 |
| 4.2.7 | configuración del sistema de climatización | 53 |
| 4.2.8 | altura de piso falso..... | 55 |
| 4.2.9 | selección de rejillas | 55 |
| 4.3 | diseño del sistema de monitoreo en tiempo real | 57 |
| 4.3.1 | diagrama de flujo..... | 57 |
| 4.3.2 | operación del dispositivo de monitoreo | 58 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.3 | dispositivo de monitoreo | 59 |
| 4.3.4 | plataforma de monitoreo | 60 |
| 4.4 | análisis de costos | 63 |
| 4.4.1 | inversión de activos fijos..... | 63 |
| 4.4.2 | costo monitoreo en tiempo real | 64 |
| 4.4.3 | costos de mano de obra e instalación | 65 |
| 5 | análisis de resultados | 66 |
| 5.1 | análisis de resultado del diseño de climatización..... | 66 |
| 5.2 | análisis de resultados del sistema de monitoreo..... | 66 |
| 5.2.1 | prueba 1. Monitoreo de la información recolectada..... | 67 |
| 5.2.2 | prueba 2. Alerta por correo electrónico | 68 |
| 5.3 | análisis de los resultados de los costos..... | 69 |
| 6 | conclusiones y recomendaciones..... | 70 |
| 6.1 | conclusiones | 70 |
| 6.2 | . Recomendaciones..... | 71 |
| 7 | bibliografía..... | 72 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Data center típico con sus equipos de computo..... | 5 |
| Figura 2 Rack de servidores en un data center..... | 7 |
| Figura 3 Elementos comunes de una torre de Data Center..... | 8 |
| Figura 4 Configuración de energía para data center..... | 9 |
| Figura 5 Configuración de gabinete para enfriamiento..... | 10 |
| Figura 6 Ocupación de los equipos del Data Center..... | 10 |
| Figura 7 Diagramación de espacio..... | 11 |
| Figura 8 Manejo de cableado para infraestructura de mediano y largo plazo..... | 12 |
| Figura 9 Representación del sistema de climatización en un centro de datos..... | 13 |
| Figura 10 Tipos de distribución de aire..... | 15 |
| Figura 11 Disposición de equipos dentro de un CPD. Sistema pasillo frío/caliente..... | 18 |
| Figura 12 Disposición del sistema de climatización con renovación de aire..... | 19 |
| Figura 13 Tipos comunes de sistemas de climatización aire-aire /agua..... | 22 |
| Figura 14 Capas internas de un filtro de aire acondicionado..... | 22 |
| Figura 15 Tipos comunes de sistemas de climatización agua - agua..... | 23 |
| Figura 16 a) Aire acondicionado de confort b) Sistema de climatización de precisión..... | 27 |
| Figura 17 Representación de un psicrómetro..... | 29 |
| Figura 18 Diagrama psicrométrico..... | 30 |
| Figura 19 Proceso de un proyecto electrónico..... | 32 |
| Figura 20 Carta psicrométrica. Condiciones del aire exterior de Cuenca..... | 34 |
| Figura 21 Dimensión de rack de servidor para datacenter..... | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 22 Distribución de espacio para data center | 37 |
| Figura 23 Carta psicrométrica. Condiciones del aire exterior e interior | 39 |
| Figura 24 Proceso del aire en el interior del data center. | 42 |
| Figura 25 Entalpia del aire exterior | 43 |
| Figura 26 Configuración de instalación de equipo APC INROW RD en el data center..... | 50 |
| Figura 27 Operación del equipo Stulz MiniSpace CCD 151A | 52 |
| Figura 28 Configuración de data center con equipos de climatización | 54 |
| Figura 29 Configuración de piso falso para data center | 55 |
| Figura 30 Rejilla perforada para piso del data center | 56 |
| Figura 31 Sistema de control Arduino | 57 |
| Figura 32 Proceso de visualización de la información recopilada por el sensor | 58 |
| Figura 33 Proceso de operación del dispositivo de monitoreo | 59 |
| Figura 34 Dispositivo de monitoreo | 59 |
| Figura 35 Conectividad con la plataforma de monitoreo de datos | 62 |
| Figura 36 Visualización de información en la aplicación Android y token para conexión | 63 |
| Figura 37 Visualización de información en la plataforma de monitoreo | 67 |
| Figura 38 Base de datos de temperatura | 68 |
| Figura 39 Mensaje de alerta en cuenta de correo electrónico | 69 |

Índice de tablas

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 1 Resumen de disponibilidad y tiempos de parada de los centros de datos..... | 26 |
| Tabla 2 Especificaciones técnicas del sensor DTH 11..... | 31 |
| Tabla 3 Condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca | 33 |
| Tabla 4 Especificaciones de rack y servidor PowerEdge R710..... | 35 |
| Tabla 5 Criterios de selección y ponderación | 37 |
| Tabla 6 Resultados de selección de equipo..... | 38 |
| Tabla 7 Parámetros psicrométricos para data center..... | 40 |
| Tabla 8 Carga ideal | 44 |
| Tabla 9 Carga por pérdidas | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 10 Especificaciones técnicas equipo APC INROW RD ACRD100..... | 48 |
| Tabla 11 Especificaciones técnicas equipo Stulz MiniSpace CCD 151A..... | 51 |
| Tabla 12 Selección de equipo de climatización | 53 |
| Tabla 13 Número de rejillas de piso | 56 |
| Tabla 14 Sistema Data Center..... | 63 |
| Tabla 15 Sistemas complementarios de Data Center | 64 |
| Tabla 16 Costos de mano de obra, transporte e instalación | 65 |
| Tabla 17 Comprobaciones operativas de los componentes..... | 60 |
| Tabla 18 Criterios para el análisis de plataforma de monitoreo..... | 61 |
| Tabla 19 Comprobaciones operativas de la plataforma | 62 |
| Tabla 20 Costos totales | 69 |

Introducción

Las instituciones financieras poseen centros de procesamiento y almacenamiento de datos dentro de su infraestructura para brindar un servicio seguro y de calidad a sus socios y cuenta ahorristas, por lo general están ubicados en una habitación cerrada la cual deberá tener un ambiente controlado, siendo necesario la implementación de un sistema de climatización.

Para generar un sistema confiable se requiere determinar las condiciones iniciales del centro de datos de la institución financiera para el cálculo de las cargas térmicas que se generan, luego se establece el diseño y la distribución de conductos para el flujo de aire caliente y refrigerado por los pasillos de la habitación, posteriormente se realizara la selección de equipos de climatización, controladores y sus componentes; finalmente se desarrollara la simulación del sistema de control de temperatura y humedad con el uso del software Arduino mediante el cual se podrá evidenciar el comportamiento de dichas variables en base al diseño del sistema de control.

1 Problema de estudio

1.1 Antecedentes

Desde siempre, la importancia de almacenar datos e información ha hecho que el hombre desarrolle sistemas para archivar conocimientos, que se transmiten en cada época; dichos sistemas han ido quedando obsoletos debido a la limitada capacidad de almacenamiento de información.

Actualmente, en la operación de las empresas con flujo de información, adquisición y almacenamiento de datos, es importante la incorporación de un Data Center para este trabajo. Los Data Center son servidores intercomunicados operando en condiciones ambientales precisas, requieren el control de la temperatura y humedad, debido a las operaciones efectuadas, generan un aumento de temperatura, si se supera un límite de temperatura, los equipos sufren averías en la

operación, para ello, es indispensable la instalación de un sistema de climatización automatizado (Pacio, 2014).

1.2 Situación problemática

Dado que en los Data Center se operan datos de forma masiva, se requiere un sistema de climatización controlado para garantizar la operación de los componentes, ya que al estar en un constante trabajo alcanzan temperaturas elevadas en sus servidores, es por esto que se requiere un correcto control de la temperatura y humedad, para garantizar parámetros eficientes que no generen fallas en los componentes del Data Center, como también paros repentinos que producen pérdidas para las instituciones financieras. También es necesario tener un monitoreo en tiempo real de lo que está sucediendo con los parámetros de temperatura y humedad en el interior del Data Center; esto garantiza que tanto el operador o encargado del mantenimiento del sistema de climatización obtengan información esencial para la verificación del óptimo funcionamiento de este.

1.3 Problema General

¿Es posible diseñar un sistema de climatización que incorpore monitoreo y control de temperatura y humedad, considerando las dimensiones del recinto, la capacidad y distribución de los equipos, las condiciones atmosféricas de la ciudad de Cuenca y los requerimientos específicos para el apropiado funcionamiento del sistema del Data Center de una institución financiera?

1.4 Problema Específicos

- ¿Es factible determinar las condiciones requeridas de temperatura y humedad que garantice el buen funcionamiento de un Data Center en una institución financiera considerando los requerimientos de la localidad de implementación?
- ¿Es posible diseñar un sistema de climatización con control automatizado que garantice el funcionamiento del climatizador en el rango de los parámetros definidos para un correcto

funcionamiento del Data Center e incorporarle un sistema de monitorio para la obtención de los parámetros de temperatura y humedad en tiempo real?

- ¿Es posible determinar el costo total de la implementación del sistema de monitoreo y control automatizado del climatizador para el Data Center de una institución financiera?

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de climatización que incorpore monitoreo y control de temperatura, considerando las dimensiones del recinto, la capacidad y distribución de los equipos, las condiciones atmosféricas del sitio de trabajo y los requerimientos específicos para el buen funcionamiento del sistema del Data Center de una institución financiera.

2.2 Objetivo Especifico

- Deducir las condiciones requeridas de temperatura y humedad que garantizan el buen funcionamiento de un Data Center en una institución financiera considerando los ambientes atmosféricos de la localidad de implementación.
- Diseñar un sistema control automatizado que garantizase el funcionamiento del climatizador en el rango de los parámetros definidos para un correcto funcionamiento del Data Center e incorporarle un sistema de monitorio para la obtención de los parámetros de temperatura y humedad en tiempo real.
- Calcular el costo total de la implementación del sistema de climatización que incorpora monitoreo y control automatizado para el Data Center de una institución financiera.

3 Marco Teórico

Los *Data Center* de instituciones financieras son de crucial importancia ya que estos tienen que trabajar continuamente, al ser su función almacenar y procesar datos en tiempo real, por lo cual la existencia de un sistema de climatización y monitoreo es trascendental para evitar la elevación de la temperatura y la humedad ambiental dentro del *Data Center*, y así evitar paros inesperados debido a la variación de los parámetros de temperatura y humedad ocasionando recalentamiento en los servidores del *Data Center*. En este punto inicialmente se describe sobre los tipos de estructuras de los *Data Center* y el diseño de cada uno de ellos, posteriormente se da una descripción de los sistemas existentes para la climatización con una importante relevancia en los sistemas de precisión más usados en los data center y las condiciones atmosféricas necesarias para un correcto diseño. El control de temperatura y humedad son variables de gran interés por lo que se estudiarán algunos sensores y elementos para controlar estas variables.

3.1 Centro de procesamiento de datos o Data center (CDP)

3.1.1 Definición

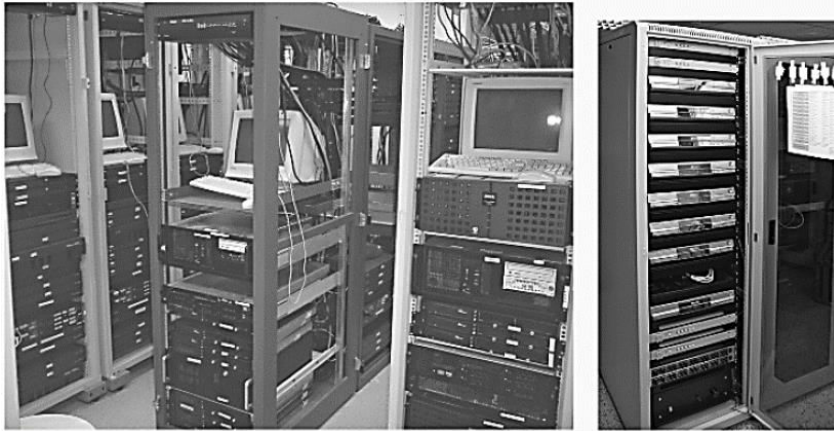
Un *Data Center* es aquel sitio, centro, instalación en el que se procesan datos a través de numerosos equipos de computación, recursos necesarios y la información pertinente de alguna institución u organización. Su función, es contener toda la red informática y el respectivo soporte para garantizar que sus servicios estén operativos de forma continua.

Según Navarrete (2014), los sistemas que albergan información en las empresas son de vital importancia por lo que un *data center* debe proporcionar seguridad, disponibilidad y sobre todo ser eficiente en el consumo de energía. El *Data Center* también llamado centro de procesamiento de datos (CPD) estructuralmente corresponde a un salón de grandes dimensiones el cual alberga varios aparatos electrónicos, por lo general es construido por grandes empresas,

quienes se encargan de darles el respectivo mantenimiento, así garantizan que la información necesaria para sus procedimientos sea siempre ejecutable (Medina, 2014).

Figura 1

Data center típico con sus equipos de computo



Nota: Wiley Administering Data Centers Servers Storage and Voice over IP

3.1.2 Requerimientos de un *Data Center*

Un *Data Center* presenta requerimientos en cuanto a su infraestructura en diferentes aspectos, entre ellos se tienen:

- Requerimientos Físicos

Corresponde a los componentes físicos para el funcionamiento adecuado, como por ejemplo los sistemas de acumulación de información, *CPU* (Unidad central de procesamiento por sus siglas en ingles), sistema de climatización, redes, breakers, monitoreo y control mediante paneles y demás equipos (Medina, 2014). Los *raks* y equipos de *hardware* autónomos se apoderan de, al menos, la mitad del área disponible dentro del centro de procesamiento de datos. La correcta distribución del centro se basa en el cálculo de área disponible y la que ocupan los dispositivos, esto permite:

- Movilidad correcta para el personal de mantenimiento y operación

- Apropiado flujo del calor generado por los equipos.
- La adecuada expansión en el área física con nuevos equipos a futuro.
- Requisitos del sistema de calentamiento, ventilación y aire acondicionado

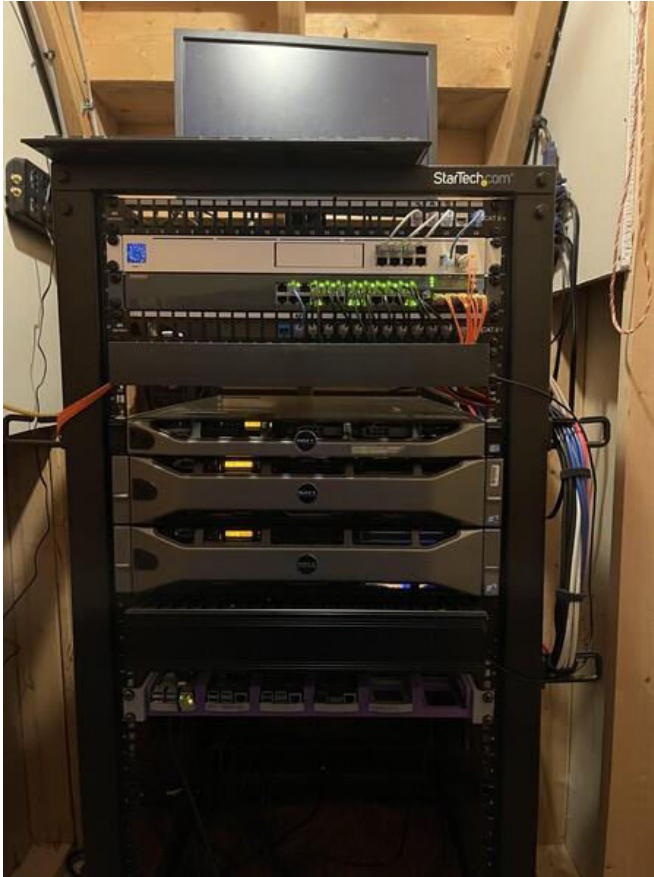
Acorde a Quimbita (2015), un sistema de climatización controla los rangos de temperatura y humedad, considerando que el flujo de aire tanto frío como caliente generan humedad y por lo tanto influyen en el correcto funcionamiento de los equipos. El excesivo calor dentro de un CPD (Centro de Procesamiento de Datos) afecta la duración y la productividad de los equipos, en este caso, existe el riesgo de incendio, siendo apropiado la necesidad de un sistema de control para la climatización del CPD.

- Racks o gabinetes

Un *rack* de servidores no es más que un grupo de servidores que mediante cableado están conectados y que comparten sus *hardware* con una unidad que tienen en común. La administración correcta del cableado depende en gran manera de los *racks* o gabinetes (figura 2) los cuales están diseñados para que se tenga un elevado control de cables tanto de manera vertical como horizontal; al gestionar un buen diseño y administración no solo se garantiza la organización del cableado, sino también el correcto flujo de aire entre los servidores al momento que el aire no encuentra obstáculos en su flujo (Brito, 2015).

Figura 2

Rack de servidores en un data center



Nota: Tomado de Brito, (2015)

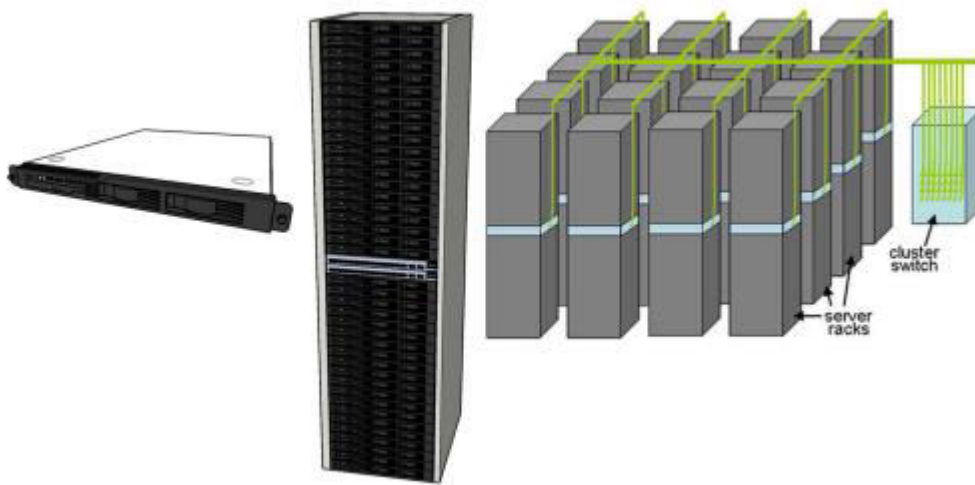
3.1.3 Tipo de Data Center

Los *Data Center* se dividen en dos categorías principales, los centros de datos corporativos (CDC) y centros de datos de Internet (IDC). En el caso de la investigación el *Data Center* es de tipo corporativo, es operado por corporaciones privadas, instituciones privadas o gubernamentales. Estos centros permiten el apoyo en el procesamiento de datos y servicios orientados a la Web para sus propias organizaciones, socios comerciales y clientes. Equipos, aplicaciones, soporte y mantenimiento para el centro de datos suelen contar con el apoyo interno de los Departamentos de

TI o socios contractuales (Chatterjee et al., (2014). En la figura 3, se observa los elementos típicos de una torre del *Data Center*.

Figura 3

Elementos comunes de una torre de Data Center



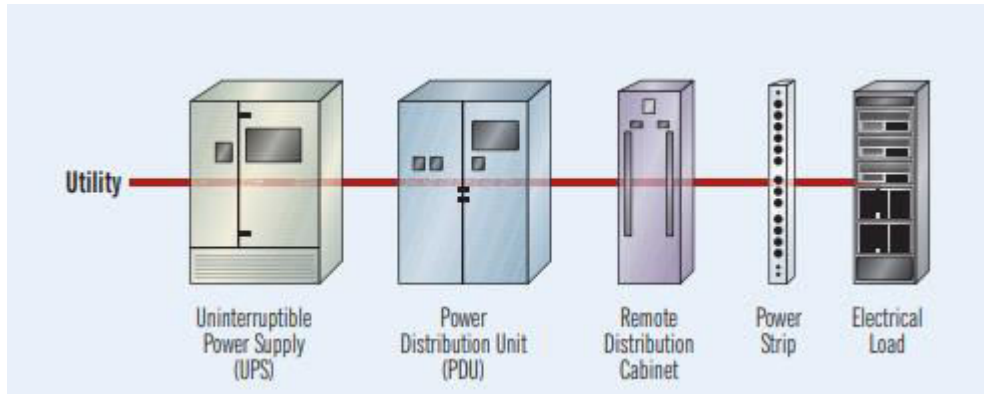
Nota: Imagen obtenida de Kostaras, (2018).

3.1.4 Requerimientos de energía

El requerimiento de energía se establece con base a una regla empírica, que se expresa en vatios por pie cuadrado, a la actualidad se ha cambiado por vatios por gabinete. Los *Data Center* TIER 3 o 4 están constantemente buscando formas de crear redundancia en la infraestructura. En especial, en los centros de datos que se requieren para operar todo el día, todos los días. Sin redundancia, los centros de datos tendrían que apagar los sistemas para realizar el mantenimiento de rutina (Wu et al., (2012), en la figura 4, se identifica la configuración típica de energía del *Data Center*.

Figura 4

Configuración de energía para data center



Nota: Imagen obtenida de Wu et al. (2012).

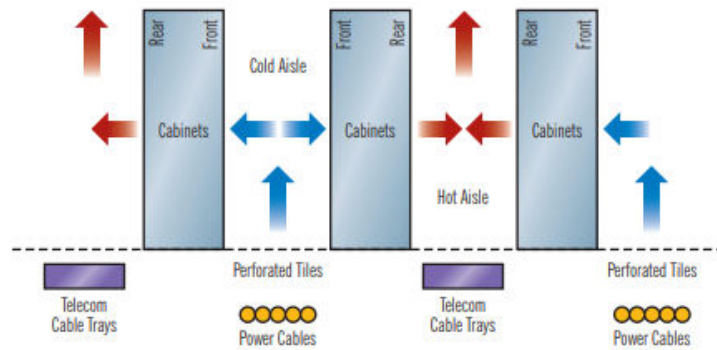
3.1.5 Enfriamiento.

Para este requerimiento, se recomienda adoptar los lineamientos de la norma ANSI/TIA-942. El primer paso para controlar el exceso de calor es configurar el diseño del gabinete con un pasillo caliente/frío. Acorde a la norma ANSI/TIA-942, cuando se utiliza un piso elevado para proporcionar refrigeración de equipos para el centro de datos, el pasillo debe tener un ancho mínimo de 3 pies. Típicamente, los pasillos fríos tienen cuatro pies de ancho para permitir dos pisos completamente perforados de azulejo frente a gabinetes con componentes activos. Los pasillos calientes, se construyen del ancho apropiado para permitir el paso sin restricciones del cableado de energía y para el acceso a datos. (Frachtenberg et al., (2012).

Además, la norma establece que el cableado de distribución de energía del centro de datos debe ubicarse debajo del pasillo frío y las bandejas de cables para el cableado de telecomunicaciones deben ubicarse debajo del pasillo caliente. En la figura 5, se observa estas recomendaciones.

Figura 5

Configuración de gabinete para enfriamiento



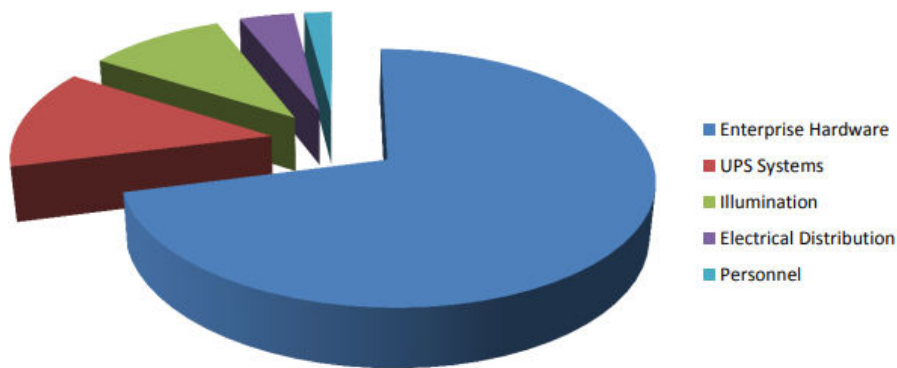
Nota: Imagen obtenida de Wu et al. (2012).

3.1.6 Planificación de espacio

El *Data Center* se diseña con base a los equipos de servidores, equipos de apoyo, tales como el sistema de climatización, equipos UPS y los generadores, especificándose un área mínima interna y externa. Muchos equipos se instalan externamente para la operación del centro de datos. En la figura 6, se reconoce la composición porcentual de la ocupación del espacio del *Data Center*, así como, en la figura 7 se muestra un plano de distribución de los gabinetes del *Data Center*.

Figura 6

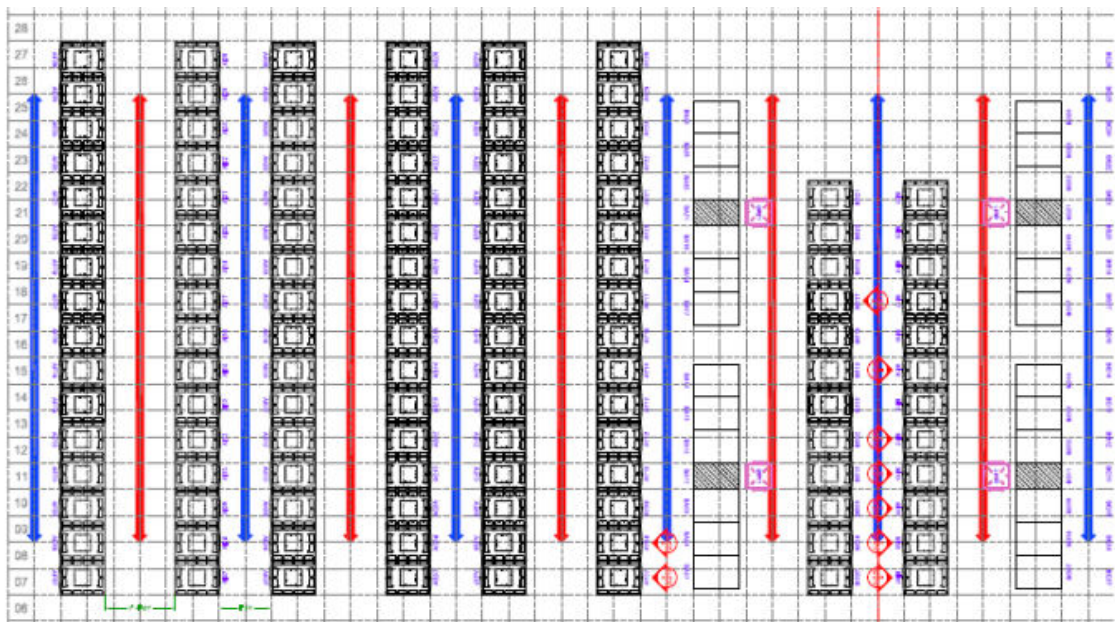
Ocupación de los equipos del Data Center



Nota: Imagen obtenida de Kostaras, (2018).

Figura 7

Diagramación de espacio



Nota: Imagen obtenida de Wu et al. (2012)

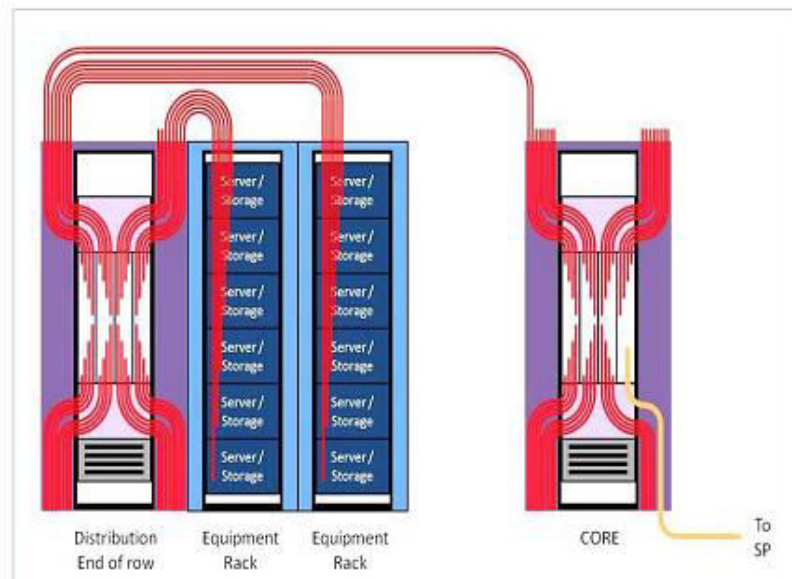
3.1.7 Manejo del cableado

Para la operación del Data Center, se identifica el flujo de aire y el tendido de cables durante la fase de diseño de un proyecto. Los tramos de cable deben cruzar patrones de flujo de aire en un ángulo de 90 grados, de tal manera, que no restrinjan el flujo de aire corriente abajo de su posición.

La ubicación del cable debajo del piso elevado le da al centro de datos una apariencia limpia y tradicional, es posible que se requiera acceso ocasional al cable para manejar movimientos, adiciones y cambios del cableado. Cuando se abren las baldosas del piso, para acceder a los datos o al cable de alimentación, la presión estática general del sistema disminuye. Como resultado, se reduce el volumen de suministro de aire en todo el centro de datos, lo que crea posibles problemas de sobrecalentamiento (Kostaras, 2018), este manejo se identifica en la figura 8.

Figura 8

Manejo de cableado para infraestructura de mediano y largo plazo



Nota: Imagen obtenida de Kostaras (2018).

3.1.8 Importancia de la climatización de espacios CDP

La climatización de los espacios CDP, son necesarios para la operación idónea de los componentes electrónicos de los procesadores. Los parámetros de temperatura y humedad deben controlarse utilizando microprocesadores, para el funcionamiento de los sistemas electrónicos. Acorde a las normas y especificaciones de los Data Center se establecen los rangos de temperatura y humedad, a la vez, los límites se establecen entre el $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (grados centígrados) y $\pm 2\%$ HR (humedad relativa) durante el tiempo esperado (Brito, 2015), en la figura 9, se identifica la operación del sistema de climatización para el *Data Center*.

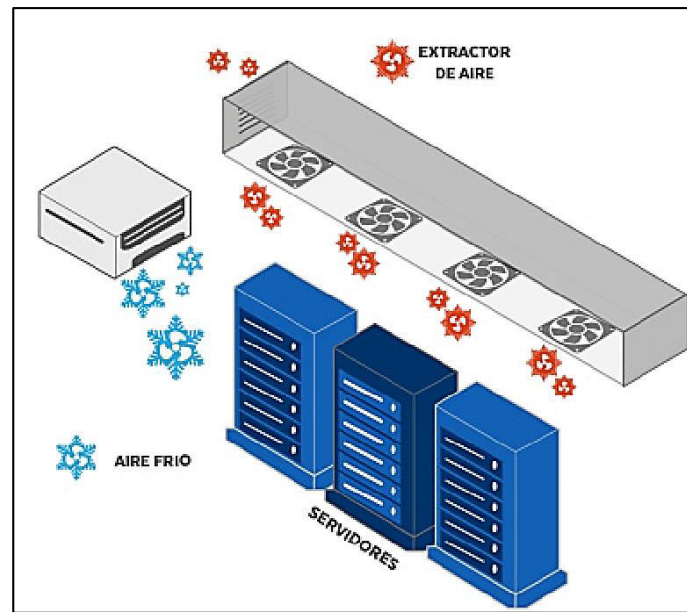
- Importancia de un centro con humedad controlada

Si en un *Data center* el nivel de humedad llega a niveles muy elevados, pueden presentarse inconvenientes como vapor de agua en los componentes electrónicos. En caso de que el entorno esté demasiado seco, al tocar con un dedo la electricidad estática puede llegar a alterar los

componentes y dañar los datos de forma irreparable. Además, los equipos de almacenamiento pueden oxidarse, llegando a generar problemas con la alteración de señales o peor aún la pérdida de información.

Figura 9

Representación del sistema de climatización en un centro de datos



Nota: Imagen tomada de Suarez et al., (2019)

3.1.9 Montajes más comunes de aires acondicionados de precisión

- Montajes de piso

Aquellos dispositivos que son sensibles y con un rendimiento elevado requieren una temperatura ambiente muy precisa y confiable. El nivel humedad y ventilación son necesarias para un rendimiento óptimo. El montaje de piso efectiviza el consumo de energía y hay una gran variedad de tamaños para cumplir con todos los requisitos de la industria corrosiva; Poseen capacidades que varían desde 2 hasta las 60 toneladas para sistemas de compresores, y desde 2 hasta 70 toneladas para aquellos sistemas agua-agua (Suarez et al., (2019).

- Montaje en techo

Los sistemas de suspensión de techo tienen características de mayor confiabilidad, facilidad de mantenimiento y ahorro de energía. Con capacidades de 1 a 20 toneladas, montadas a gas los techos se pueden configurar para aplicaciones de escape tubulares. Dependiendo de las necesidades de cada centro la temperatura y la humedad se pueden configurar de diferentes maneras. Todos sus componentes están ubicados de forma que se acceden a ellos de la forma más rápida, su instalación resulta rápida y su funcionamiento silencioso y simple a la hora de realizar un mantenimiento (Suarez et al., (2019).

- Montaje en pared interior

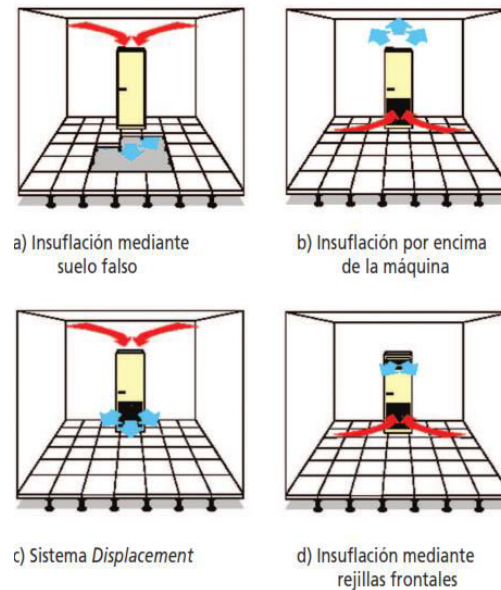
Su diseño se centra en controlar temperatura y humedad en los CDP pequeños y medianos y se pueden instalar en áreas donde las personas y los sistemas electrónicos sensibles están en el mismo espacio (Suarez et al., (2019).

- Sistemas In Row

Este tipo de montajes proporciona refrigeración local y está diseñado para su instalación en centros de datos con carriles fríos y calientes para aumentar la eficiencia y capacidad moviendo el refrigerante cerca de la carga que produce calor como se muestra en la figura 10 (Suarez et al., (2019).

Figura 10

Tipos de distribución de aire



Nota: Imagen tomada de Suarez et al., (2019)

- Puesta en marcha de los equipos de reserva

Estos equipos suelen ponerse en marcha por los siguientes motivos:

- Cuando algún equipo activo entra en falla.
- Esfuerzo adicional.
- Rotación periódica ya sea de forma manual o automática.
- Mantenimientos preventivos o correctivos.
- Energía en equipos de refrigeración y flujo de aire

La energía consumida por ventiladores internos o bombas de aire también se convierten en calor por diferentes factores, como es el rozamiento y a pesar de que son parte del equipo de climatización le agregan una carga térmica al ambiente interno. Un centro de datos consume grandes cantidades de energía y la mayor parte de esta energía se transforma en calor, si este calor no se elimina las temperaturas del centro de datos aumentarán produciendo un sobrecalentamiento

y mal funcionamiento en los equipos. Una bomba de agua helada usada dentro de un sistema de climatización pequeño podría generar una carga pequeña capaz de ser ignorada, pero para recintos grandes los sistemas pueden considerarse dentro del 2 % del calor sensible, por lo cual es obligatorio sumarla a la carga total de refrigeración.

Los ordenadores están diseñados para funcionar dentro de temperaturas recomendadas, siendo necesario un sistema de enfriamiento para mantener el nivel de temperatura extrayendo el calor generado. Cada vez que se consume una unidad de energía eléctrica ésta se transforma en una unidad de calor, significando que el refrigerante necesita más o menos de una unidad de energía para extraerlo. Por tanto, mientras más se gaste en electricidad igual será el gasto en refrigeración, por lo tanto, el sistema de refrigeración debe ser muy eficiente (Suarez et al., (2019).

Para mejorar la eficiencia del sistema de climatización, se recomienda:

- Emplear aire acondicionado llamado de precisión, especializados en los rangos de temperatura y humedad en un punto fijo.
- Sistemas de aire Closely Coupled Cooling que refrigeran áreas concisas como habitaciones o pasillos, racks en distancias cortas para evitar mezclar aire frío y caliente en pequeñas distancias.
- Realizar un sobredimensionamiento de las cargas tomando en cuenta cargas a futuro.
- Al disponer de diferentes sistemas de climatización realizar una coordinación por medio de sistemas de control para la refrigeración y la humidificación o deshumidificación dependiendo del caso.

Unas de las formas de tener un flujo de aire optimo y disminuir el consumo energético son:

- Pequeñas rutas de aire.

- Respetar los rangos de temperatura del fabricante de equipos TI (Tecnología de la información por sus siglas en inglés).
- Estructurar de la mejor manera el cableado para que el flujo pueda llegar a los racks.
- Pisos falsos o elevados.
- Pasillos de aire frío /caliente.
- Un análisis infrarrojo de temperatura del CPD.
- Cargas eléctricas de sistemas de refrigeración

Algunos sistemas se clasifican dependiendo si son enfriados por agua o si son sistemas de expansión directa. El primero considerado el más eficiente y, por regla general, el 70 % de la carga máxima soportada total puede considerarse consumo de energía. Los sistemas de expansión directa son requeridos para soportar cerca del 100% de la carga máxima total (Suarez et al., (2019).

- Método pasillo frío caliente

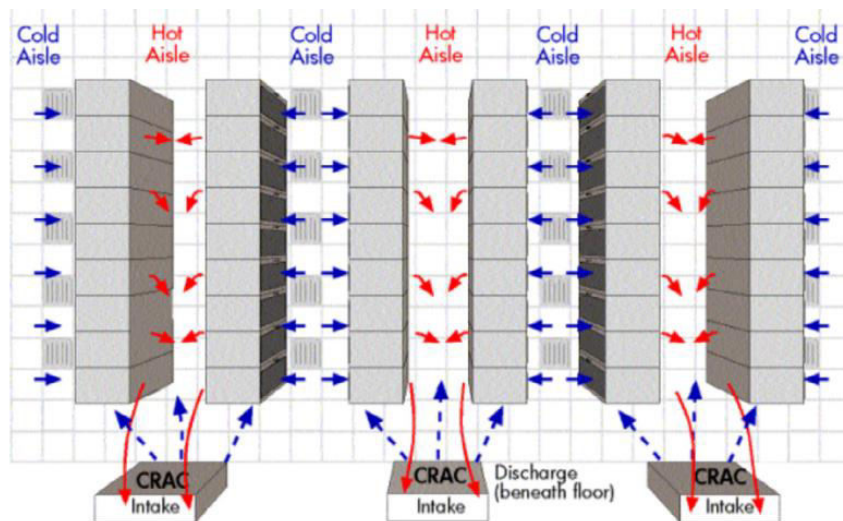
Algunos equipos que son usados para almacenar información y los dispositivos multimedia a medida que la tecnología avanza van disminuyendo su tamaño y aumentando su potencia, se busca usar muchos más dispositivos en áreas cada vez más pequeñas, y así es como se llega a concentrar una cantidad de calor increíble. Para que la circulación del aire sea más fácil, los industriales han adoptado un procedimiento al cual conocen como pasada en caliente/pasada en frío.

Al usar la configuración de pasillo caliente/pasillo frío, los *racks* de equipos se colocan en hileras alternas de pasillos fríos y calientes; al estar en los pasillos fríos, los *racks* de equipos se ubican uno frente al otro; en la hilera caliente están frente contra frente. Los paneles perforados en el que se conoce como piso falso permitirán que el aire más fresco llegue a la parte delantera de los equipos; el aire a baja temperatura rodea los equipos y se expulsa por la parte trasera hacia el

pasillo caliente, al no existir placas con perforaciones se evita que se lleguen a topar el aire a baja temperatura con el caliente. En la figura 11 se muestra el método pasillo frío caliente que está dentro de la norma estándar *TIA-942*, siendo este un sistema que no llega a ser perfecto; algunos equipos extraen aire fresco de los lados y empujan aire caliente desde la parte superior (Suarez et al., (2019)).

Figura 11

Disposición de equipos dentro de un CPD. Sistema pasillo frío/caliente



Nota: Imagen obtenida de Suarez et al., (2019).

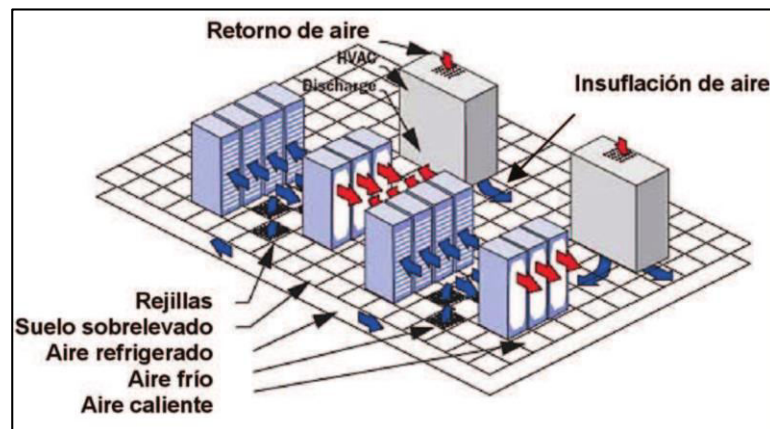
3.2 Sistemas de climatización

La climatización busca el tratamiento del aire siguiendo un procedimiento dentro de un centro o ambiente cerrado, con la finalidad de que los equipos en su interior se mantengan dentro de los estándares que estos requieren tanto en limpieza, temperatura, porcentaje de humedad moviendo el aire en su interior para que cumplan con una función establecida. Un sistema de climatización difiere de otro por las instalaciones y los medios que utiliza para el enfriamiento y deshumidificación del entorno, y se clasifica por la forma en que el sistema usa o entrega la energía

primaria (Navarro, 2014), en la figura 12, se identifica la disposición de los sistemas de climatización.

Figura 12

Disposición del sistema de climatización con renovación de aire



Nota: Imagen tomada de Nuno et al. (2006)

3.2.1 Sistemas aire -aire

Este tipo de sistemas se caracterizan por ingresar solamente aire a los centros o recintos donde están instalados; poseen algunas variantes cuyas características son explicadas a continuación.

- Sistemas de única zona también llamados unizonas.

Dentro de los sistemas aire -aire son considerados los más simples, su forma de trabajar consiste en acondicionar primero y posteriormente distribuyen el aire de forma constante por medio de conductos a un grupo de centros o salones. Por esta forma de trabajar no se pueden controlar de forma individual cada uno de los salones (Muñoz, 2015). En la figura 13, se identifica este tipo de sistema.

Algunos de los componentes necesarios son el ventilador el cual moviliza el aire, ductos o canales por los cuales el aire viaja y al final dispositivos que cumplen el papel de distribuidores de

aire. Otro elemento necesario es el serpentín el cual enfría y quita la humedad del aire, utiliza agua a bajas temperaturas o algún refrigerante para su funcionamiento. Existe también un serpentín el cual recalienta el aire de forma parcial en el momento que éste se enfría, controlando así el nivel de humedad dentro del centro sobre todo en la época de invierno. Una forma de controlar el nivel de humedad es reconduciendo el aire para que no transite por el serpentín que enfría, si bien, este método es funcional no dan un buen control sobre la humedad como el serpentín de que calienta el aire (Muñoz, 2015).

- Sistemas de múltiples zonas (multizonas).

Este tipo de sistema utiliza la llamada unidad de control, la cual consiste en tener de forma paralela el serpentín de frío y el serpentín que añade calor. En esta unidad se usan unas compuertas dependiendo de cada zona ubicadas entre ambas partes tanto fría como caliente. Se instalan los ductos por separado que salen de cada una de las zonas, al llegar al centro se mezclan en diferentes proporciones el aire frío con el caliente dependiendo de lo que el centro necesite.

El sistema de múltiples zonas brinda un gran control de la temperatura en el recinto, así pues, existen problemas como el desvío de aire que ya esté mezclado en los serpentines, por lo cual el control puede llegar a ser defectuoso en aquellas aplicaciones de una gran cantidad de aire tomado de los exteriores. Es por esta razón que se recomienda que cada unidad maneje entre 12 y máximo 14 centros o zonas (Muñoz, 2015).

- Sistemas de ductos dobles.

Este sistema usa conductos de aire separados tanto para el aire frío cuanto para el caliente con cabezales que salen de su respectivo serpentín dentro de cada unidad, que por lo general son diseñados como sistemas de alta velocidad de aire. La flexibilidad de este sistema es elevada

debido a que se dispone de aire caliente o de aire frío en cualquier momento y en gran proporción facilitando la variabilidad en el manejo de las cargas con márgenes muy amplios.

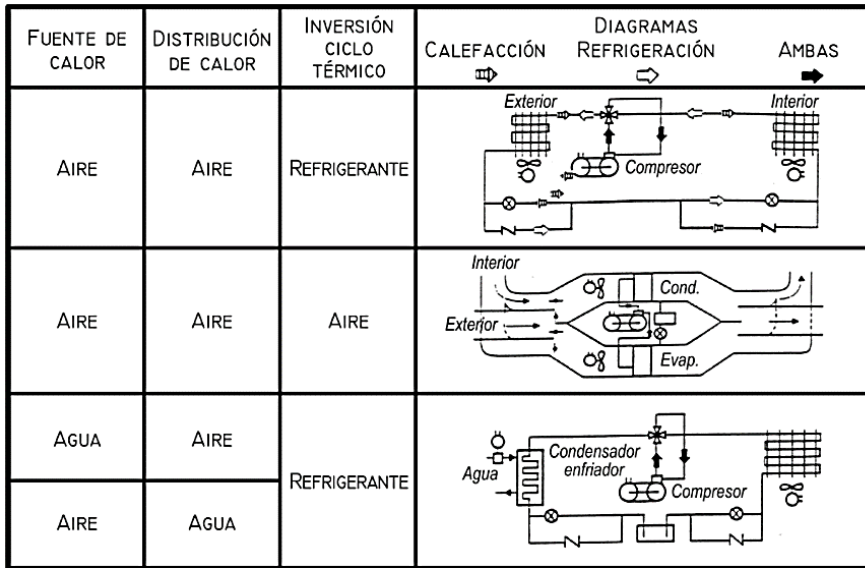
- Sistemas que manejan volúmenes de aire variables.

En lo que a este sistema respecta se maneja un solo conducto que parte de la unidad que maneja la distribución de aire, de forma parecida a los sistemas que manejan una sola zona. Con la particularidad de que la cantidad de aire que es entregado a cada centro varía de acuerdo a la necesidad. El sistema utiliza un termostato que está instalado en la habitación o centro el cual hará que la compuerta trabaje regulando la entrada de aire dependiendo de la carga. El desarrollo de terminales con mejoras que les dan la capacidad de regular de gran manera el volumen que entra de aire. A la vez, controlar un adecuado flujo o circulación dentro del local les permite a los sistemas con volumen variable extenderse en el rango de aplicaciones con cargas muy variables (Muñoz, 2015). En la figura 13, se identifica los diferentes tipos de distribución de aire para estos sistemas.

- Aire filtrado en los *Data Center*.

Los componentes electrónicos cuando están expuestos al polvo pueden sufrir daños y pérdidas de información. El polvo en pequeñas moléculas llega a los componentes de forma magnética y al no existir una correcta extracción del calor, los componentes funcionan a mayores temperaturas a las necesarias hasta que el equipo falla. Para evitar todos estos contratiempos se recomienda una buena filtración del aire tanto frío como caliente que circula dentro del *Data Center*, la figura 14, muestra las capas del filtro de un sistema de aire acondicionado.

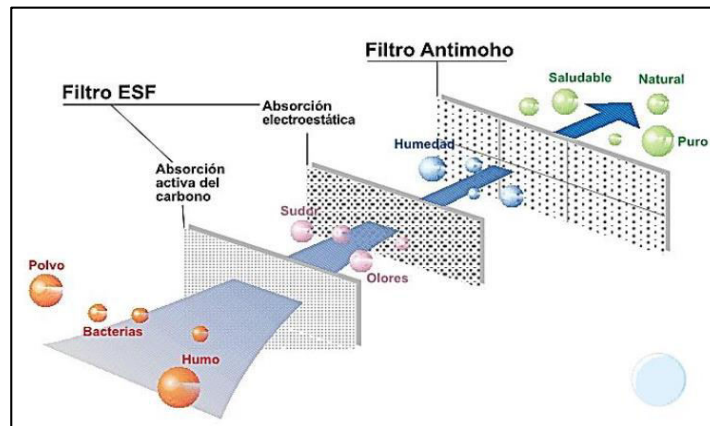
Figura 13
Tipos comunes de sistemas de climatización aire-aire /agua



Nota: Imagen adaptada de ASHRAE (2011, pág. 95)

Figura 14

Capas internas de un filtro de aire acondicionado



Nota: Imagen tomada de Medina, (2014)

3.2.2 Sistemas agua-agua

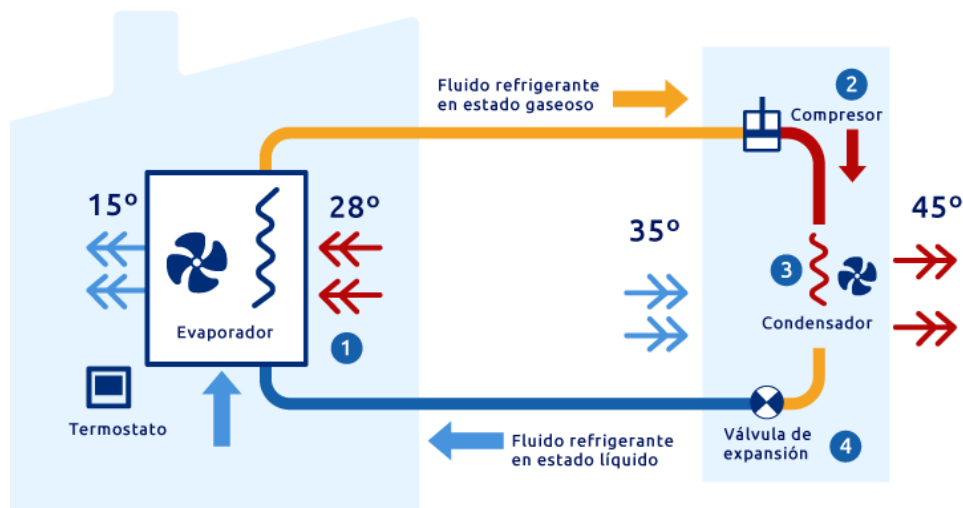
También llamados hidrónicos se encargan de distribuir agua a temperatura baja o elevada hasta cada uno de los centros o locales desde una planta central. Estos sistemas no transportan aire desde la central; el aire que es de ventilación entra por la terminal o alguna pared exterior.

Los de uso comercial son mucho más económicos y ocupan menos espacio que los sistemas aire-aire. El agua al tener un valor de calor específico mucho mayor al del aire en densidad necesita de menos recirculación para transferir el mismo calor que lo haría el aire; gracias a este factor los conductos del sistema agua-agua son de menos calibre que los conductos usados en el sistema aire-aire.

Algunas desventajas del sistema agua-agua es que al necesitar gran cantidad de unidades de serpentín y de ventilador necesitarán también mayor trabajo y eso eleva el costo al momento de realizar los mantenimientos. Otra es que el control del nivel de humedad es bastante limitado y el control de la cantidad de aire en la ventilación no es muy preciso (Muñoz, 2015). En la figura 15, se identifica los diferentes sistemas agua-agua.

Figura 15

sistemas de climatización agua – agua



Nota: Imagen adaptada de ASHRAE (2011, pág. 97)

3.2.3 Sistemas agua-aire

Este sistema funciona de manera que distribuye aire acondicionado y agua ya sea a elevada o baja temperatura a los centros de manera individual calentó o enfriando el mismo. La unión de las fortalezas de los sistemas individuales aire-aire y agua-agua hacen de este sistema una gran opción; el agua es la encargada de transportar la mayor parte de la energía mientras que el aire es utilizado solo para ventilación. La configuración de este sistema se identifica en la figura 13.

El uso de los dos sistemas individuales para conformar el agua-aire se usa con frecuencia en edificaciones de altura con oficinas o algo por el estilo y el costo para iniciar podría ser alto. En comparación el uso de un sistema aire-aire con el uso del sistema mediante inducción éste solo usa $\frac{1}{4}$ del aire que el otro sistema usaría, por lo que no se recomienda su uso cuando hay aire externo con climas templados mucho menos en climas fríos (Muñoz, 2015).

3.2.4 Clasificación de la infraestructura de data center según normas ANSI-TIA 942

Los CPD están clasificados de acuerdo con la infraestructura mediante la norma ANSI/TIA (American National Standards Institute-Telecommunications Industry Association)-942, la cual surgió de la necesidad de unificar criterios de usuarios de la industria. Dentro de este estándar existe el anexo sobre grados de disponibilidad *TIER* (Nivel) en función de los niveles de disponibilidad que se quieren alcanzar y puede ser de hasta el 99.995%, los cuales son:

3.2.4.1 CDP nivel Básico (TIER I)

Dentro de su funcionamiento se pueden admitir interrupciones planeadas o no planeadas, el nivel básico está compuesto por sistemas de distribución de energía, aire acondicionado y en algunos casos generadores eléctricos o sistemas de energía de emergencia en base a baterías. Sin elementos duplicados tanto en la refrigeración como en la distribución de la electricidad. En el

caso de requerir algún tipo de mantenimiento es necesario paralizar sus actividades (Quimbita, 2015).

3.2.4.2 CDP con componentes redundantes (TIER II)

Este nivel admite menos número de paros, existen ya elementos repetidos o redundantes es decir N+1 en diseño. Todos los elementos poseen una sola línea de alimentación eléctrica y de aire acondicionado. En el caso de requerir algún tipo de mantenimiento al igual que en el primer caso es necesario paralizar sus actividades (Quimbita, 2015).

3.2.4.3 Data Center con mantenimiento concurrente (TIER III)

En este tercer nivel el mantenimiento se lleva a cabo sin paralización de actividades, tiene la capacidad necesaria con la distribución correcta como para realizar actividades de mantenimiento en una línea mientras se da servicio en otra. Se planifica: reparaciones, cambio de componentes, mantenimiento preventivo, se realiza pruebas en los sistemas y subsistemas. En este sistema es necesario instalar un doble conjunto de tuberías (Quimbita, 2015).

3.2.4.4 Data Center tolerante a fallos (TIER IV)

Se realiza mantenimiento, reparaciones o pruebas sin interrupciones en el servicio y es capaz de trabajar de manera continua ante un evento inesperado. Este nivel exige doble línea para la distribución de alimentación y doble línea para la climatización por lo que varios componentes son redundantes.

El CDP estará disponible en un 99,995 % durante todo el año, entendiéndose no se garantizará su funcionamiento por al menos 26 minutos en un año. Según el nivel anterior corresponde a un centro de datos *Tier III* que garantiza un funcionamiento del 99,982% entonces no estará disponible hasta unos 95 minutos en el año. En cambio, en el nivel IV existe la probabilidad de que ocurra un accidente importante cada 5 años. En cuanto a la disponibilidad del nivel IV, se refiere a los

servicios típicos del centro de datos: conectividad, almacenamiento, energía, refrigeración, entre otros (Quimbita, 2015). Dentro de la tabla 1 se presenta un resumen de todos los niveles Tier con sus respectivos porcentajes admisibles de disponibilidad y parada.

Tabla 1

Resumen de disponibilidad y tiempos de parada de los centros de datos

| Tier | % disponibilidad | % de parada | Parada por año |
|----------|------------------|-------------|-----------------|
| Tier I | 99.671 | % 0.329 | % 28.82 horas |
| Tier II | 99.741 | % 0.251 | % 22.68 horas |
| Tier III | 99.982 | % 0.018 | % 1.57 horas |
| Tier IV | 99.995 | % 0.005 | % 52.56 minutos |

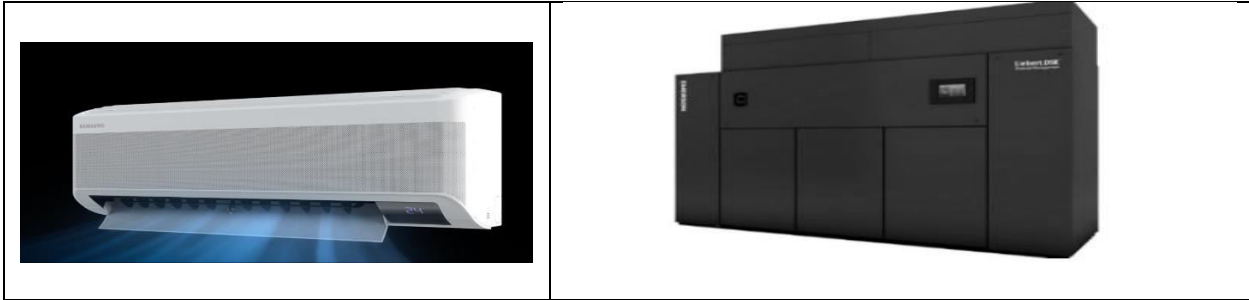
Nota: Elaboración propia

3.2.5 Aire acondicionado de precisión vs "confort"

Un CPD por pequeño que sea no debe adaptarse a un sistema de aire acondicionado de confort, al ser un salón lleno de computadoras y no de gente carece de humedad generada por el humano. En un correcto diseño del sistema de climatización de un CDP debe considerarse la capacidad de eliminar la humedad y el calor sin humedad generado por los computadores, *raks* y demás equipos de cómputo. Los acondicionadores de aire de ventana, como suelen llamarse y los sistemas en edificios sea de oficinas o departamentos, tienen un diseño con tasas de enfriamiento razonables; un 70 % de todo el trabajo realizado por el sistema común o de confort se centra en eliminar calor, mientras que entre 30% y el 40 % restante es la eliminación de humedad, suficiente para una sala abarrotada con tráfico entrante y saliente moderado. En la figura 16, se evidencian los dos tipos de sistemas de climatización.

Figura 16

a) Aire acondicionado de confort b) Sistema de climatización de precisión



Nota: Imágenes tomadas de Suarez et al., (2019)

En el caso de los aires acondicionados de precisión tienen un enfriamiento mucho más sensible a la tasa de enfriamiento total; entre el 85 y el 95 % del trabajo del sistema correcto se dedica a la refrigeración eficaz del aire y solo entre el 5 y el 15 % a la deshumidificación según explica (Nuno et al., (2006).

Dos aspectos son importantes para enfriar un CPD:

- a) Para iguales resultados entre sistema de climatización de precisión y uno de confort se requiere mayor capacidad de este último.
- b) Con un sistema normal la humedad estará por debajo de los rangos aceptables, esto significa que puede generar un ambiente extremadamente seco por lo que se requerirá sistemas de deshumidificación adicionales.

Con un sistema de precisión no existe tal problema porque no aspira mucha humedad, en cambio, incorpora un sistema que entrega humedad manteniendo la humedad relativa requerida por los fabricantes de CPD (Nuno et al., (2006).

3.3 Determinación de condiciones atmosféricas y cargas

3.3.1 Carta psicométrica del aire

Una carta psicométrica es la representación gráfica para la relación de las propiedades físicas del aire, identifica las siguientes propiedades: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, punto de rocío, relación de humedad, calor total o entalpia y volumen específico. Al identificar dos de estas propiedades, las demás pueden ser obtenidas de la carta, ésta describe la psicometría del aire la cual trata a éste como la mezcla de dos gases que no reaccionan entre sí y que se comportan como dos gases ideales, los cuales serían aire seco y vapor de agua. Para entender de mejor manera la carta de psicometría y realizar una correcta lectura de las propiedades utilizadas para un diseño, es necesario entender cada una de las propiedades relacionadas a la carta psicrométrica.

3.3.2 Temperatura de bulbo seco (Tbs)

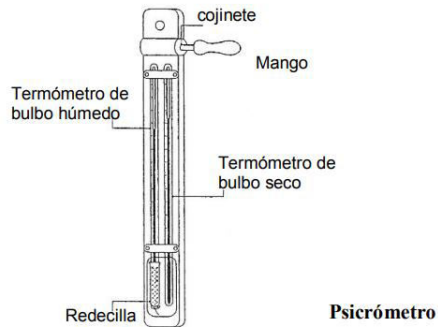
Es aquella temperatura a la cual se encuentra una substancia en este caso una masa de aire húmedo, es decir, la temperatura que muestre un termómetro cuyo bulbo no está humedecido. Las temperaturas medidas por un bulbo seco se mostrarán en líneas verticales con origen en el fondo de la carta.

3.3.3 Temperatura de bulbo húmedo (Tbh)

Esta temperatura en cambio es la que indica aquel termómetro cuyo bulbo esté humedecido o esté en contacto con un paño húmedo como se muestra en la figura 17, mientras más seco esté el aire más humedad se evaporará del trapo reduciendo la medida del termómetro. Si el aire está saturado de humedad los dos termómetros medirían la misma temperatura, en el caso opuesto, si el aire carece totalmente de humedad la medición de temperatura de bulbo húmedo estaría por debajo que la de bulbo seco.

Figura 17

Representación de un psicrómetro



Nota: Tomado de A. A. (2018)

3.3.4 Humedad relativa

Esta humedad es la relación de la cantidad de humedad o vapor de agua en una muestra específica de aire que tiene un determinado estado y la máxima cantidad de vapor de agua o humedad que el mismo aire o muestra puede contener. Una muestra de aire saturada de humedad significa un 100 % de humedad relativa, mientras que un 0 % nos indicará aire totalmente seco o sin humedad.

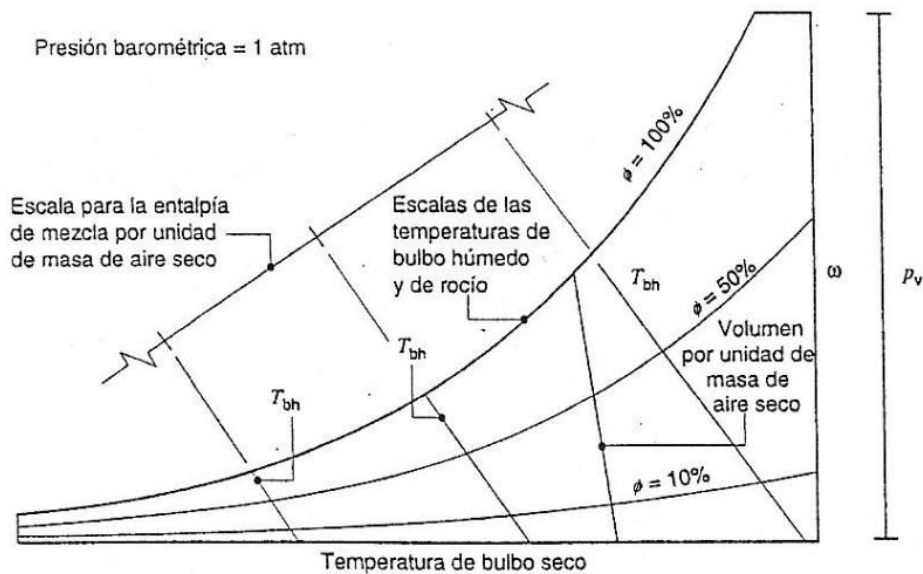
3.3.5 Temperatura de punto de rocío

Al considerar una muestra de aire con humedad sin estar totalmente saturada, la temperatura del punto de rocío indica cuando el aire debe ser enfriado antes de que su humedad se condense. Al enfriar la muestra de aire con humedad, manteniendo de forma constante su contenido de humedad y la presión total, su presión parcial también será constante, de esta forma el vapor se enfriará y en algún momento dejará de ser vapor sobrecalentado y llegará a ser saturado, con lo cual, al seguir restándole calor al aire con esta humedad, se producirá la condensación del líquido, conocido como rocío y a la temperatura que corresponda como punto de rocío

3.3.6 Entalpía Flujo de calor sensible

Representado con la letra (H) es aquel calor que es transferido de una superficie mediante conducción a una atmosfera cercana y posteriormente mediante convección a lo que se conoce como atmosfera mayor. Inicialmente el aire circundante a una superficie se empieza a calentar por lo que se torna más ligero elevándose mediante el proceso conocido como turbulencia convectiva. Posterior a esto al pasar viento sobre una superficie con rugosidades se generan pequeños remolinos los cuales transportan aire caliente y húmedo hacia la atmosfera en cambio la atmosfera regresa aire más frio y seco en dirección a la superficie, proceso que se lo conoce como turbulencia mecánica, siendo la turbulencia superficial el proceso más colaborativo en la transferencia de calor sensible de una superficie a la atmosfera (Marín, 2013). En la carta generalmente los valores de la entalpía se encuentran en la parte superior izquierda de la línea de saturación, también se encuentra en varios casos líneas de entalpía constante, las cuales están inclinadas para la parte inferior derecha y relativamente cerca de las líneas de la temperatura de bulbo húmedo.

Figura 18
Diagrama psicrométrico



Nota: Adaptado de Cengel y Yunus, 2012, p. 345

3.4 Sensores de temperatura y humedad

Los sensores son dispositivos que permiten cuantificar una variable física utilizando una propiedad apropiada, enviado una señal para la acción, dicha señal es analógica o digital, dependiendo del tipo de sensor. Un ejemplo, es el sensor DHT 11, es un sensor digital de temperatura y humedad de bajo costo y fácil uso, su funcionamiento se basa en un sensor capacitivo y un termistor para la medición del medio ambiente. Este sensor opera con las plataformas Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu, de fácil manejo tanto en software y hardware. Para la comunicación de datos hacia el microcontrolador emplea un cable único, con una distancia máxima de 20m, en la tabla 2, se identifica las especificaciones del sensor DTH 11.

Tabla 2
Especificaciones técnicas del sensor DTH 11

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Voltaje de Operación | 3V - 5V DC |
| Rango de medición de temperatura: | 0 a 50 °C |
| Precisión de medición de temperatura: | : ±1.0 °C |
| Resolución Temperatura: | 0.1°C |
| Rango de medición de humedad. | 20% a 90% RH. |
| Precisión de medición de humedad | 1% RH. |
| Resolución Humedad: | 1% RH |
| Tiempo de sensado | 1 s |
| Interfaz digital: | Single-bus (bidireccional) |

Nota: Tomado de Arduino, 2017, p. 57

3.5 Plataforma Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar diseñado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. Esta plataforma es una herramienta importante para el manejo de microcontroladores y circuitos electrónicos sencillos y

complejos, que facilitan procesos de comunicación con tecnología bluetooth, Wi-Fi, GMS, entre otros. Las etapas para el desarrollo de un proyecto electrónico se identifican en la figura 19. Una tarjeta utilizada en esta plataforma es la NodeMCU basada en ESP8266 que puede conectar objetos y permitir la transferencia de datos utilizando el protocolo Wi-Fi.

Figura 19

Proceso de un proyecto electrónico



4 METODOLOGÍA

4.1 Análisis de requerimientos para el CDP

4.1.1 Condiciones ambientales (Aire Exterior)

Los datos históricos meteorológicos de Cuenca con una altitud de 2550 msnm se tabulan en la Tabla 3, acorde a la información obtenida, la temperatura promedio de Cuenca para el año 2021, es de 12,6°C y la humedad relativa de 85%.

Tabla 3

Condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 13 | 13.1 | 13 | 12.8 | 12.5 | 11.3 | 10.9 | 11.1 | 12.2 | 13 | 13.5 | 13.1 |
| Temperatura mín. (°C) | 10.1 | 10.3 | 10.2 | 10 | 9.6 | 8.5 | 7.9 | 7.6 | 8.3 | 9.5 | 10.1 | 10.1 |
| Temperatura máx. (°C) | 16.7 | 16.8 | 16.6 | 16.4 | 16 | 14.9 | 14.6 | 15.3 | 16.6 | 17.2 | 17.6 | 16.9 |
| Precipitación (mm) | 158 | 184 | 190 | 168 | 110 | 89 | 84 | 63 | 69 | 138 | 181 | 180 |
| Humedad(%) | 85% | 86% | 86% | 86% | 86% | 87% | 86% | 83% | 79% | 82% | 82% | 85% |
| Días lluviosos (días) | 18 | 18 | 20 | 20 | 18 | 15 | 14 | 11 | 12 | 17 | 17 | 18 |
| Horas de sol (horas) | 4.6 | 4.2 | 4.4 | 4.5 | 4.4 | 3.8 | 3.7 | 4.6 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 4.8 |

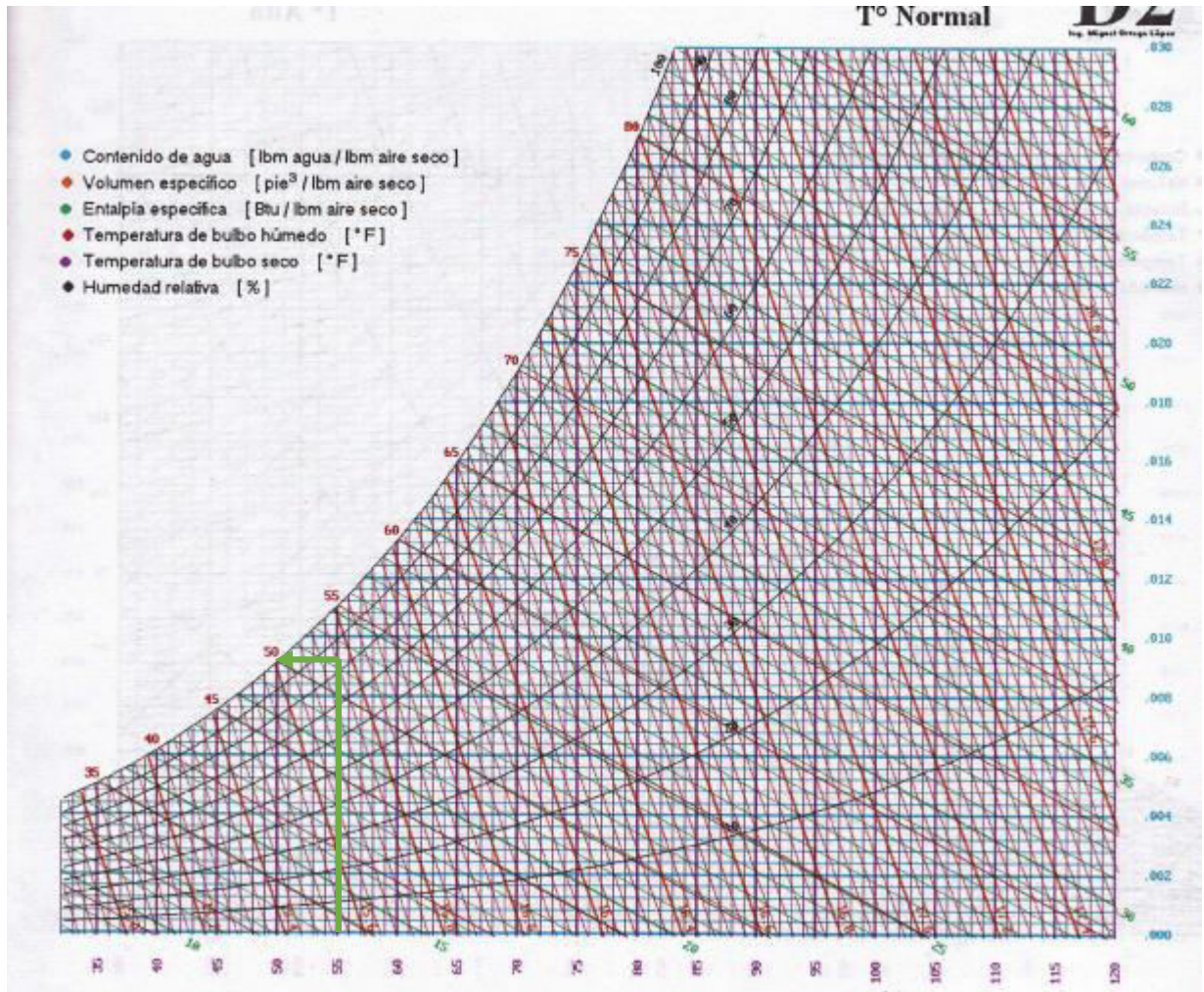
Nota: Climate-Data.ORG, (2022)

La información del aire exterior se ingresa en la carta psicrométrica, identificando los parámetros en la carta, los datos se identifican con la línea verde, en la figura 20.

El sistema de climatización va a operar en la ciudad de Cuenca, con base a la carta psicrométrica y las recomendaciones de la ASHRAE, los parámetros de operación son temperaturas de $> 65^{\circ}\text{F}$ Tbs y $< 59.0^{\circ}\text{F}$ Tbs y $> 41,9^{\circ}\text{F}$ Tpr y $> 65\%$ HR.

Figura 20

Carta psicrométrica. Condiciones del aire exterior de Cuenca.



Nota: Ortega y Peña (2001)

4.1.2 Equipos para operación de Data Center

Acorde a la necesidad de servicio para data center, acorde a la norma, se establece un nivel TIER II, los racks de servidores, para el manejo de la operación y funciones establecidas, se especifican en la tabla 4.

Tabla 4

Especificaciones de rack y servidor PowerEdge R710

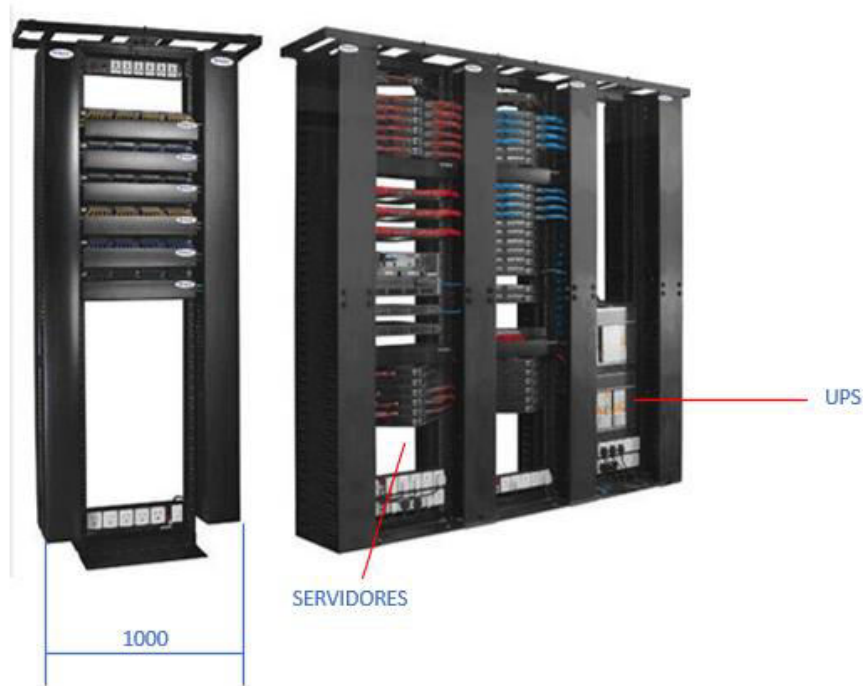
| Rack de servidor | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|
| Tipo | Ancho | 1000 mm |
| 4 torres | Altura | 1000 a 2000 mm |
| | Profundidad | 900 mm |
| | Potencia instalable en rack | 10 kW |
| Cantidad servidores | Mínimo: 50 | Máxima: 100 |
| Servidor | | |
| | Altura | 45 mm |
| | Profundidad máxima | 750 mm |
| Potencia | 870 W | 2,968.6 BTU/h |
| Eficiencia | 85%–89% at 115 VAC, | 87%–90% at 230 VAC |

Nota: Dell, 2021

Para la instalación de los servidores se utilizan armarios de 42 U, la distribución de los servidores y las Notas UPC, están acorde a la normativa ASHRAE (2011), con la finalidad disponer de pasillos fríos y calientes, se muestran en la figura 21.

Figura 21

Dimensión de rack de servidor para datacenter



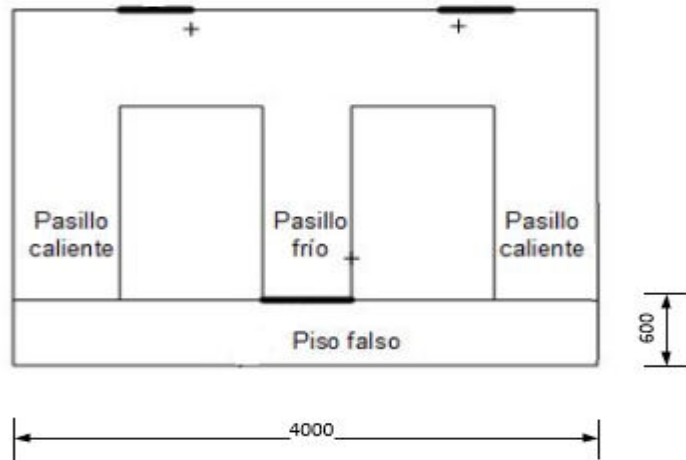
Nota: Elaboración propia

4.1.3 Distribución de espacio

El sistema de climatización requiere la determinación del espacio físico, por ello, se establece las dimensiones de la data center de 16 m², en la figura 22 (medidas en milímetros), acorde a los tipos de gabinetes para los rack de servidores, a la vez, las paredes del espacio dispondrán de aislamiento para eliminar la ganancia de calor.

Figura 22

Distribución de espacio para data center



Nota: Elaboración propia

4.2 Cálculo de cargas térmicas y selección de equipos

4.2.1 Criterios de selección de equipo climatizador

La recopilación bibliográfica establece los tipos de sistemas de climatización, se utiliza un criterio cualitativo para la selección correspondiente, acorde a las condiciones interiores de *Data Center*. La ponderación y los criterios se detallan en la tabla 5.

Tabla 5

Criterios de selección y ponderación

| Criterios | Ponderación |
|----------------------------|-------------|
| Eficiencia | 40% |
| Facilidad de mantenimiento | 20% |
| Facilidad de montaje | 20% |
| Costo | 20% |

Nota: Elaboración propia

Los sistemas de aire acondicionado fueron descritos en capítulos anteriores, para la calificación se utiliza el criterio de Likert, considerando, lo siguiente:

- Totalmente en desacuerdo (valor: 1)
- En desacuerdo (valor: 2)
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo (valor: 3)
- De acuerdo (valor: 4)
- Totalmente de acuerdo (valor: 5)

En la tabla 5, se identifican los resultados de la selección del equipo de aire acondicionado, acorde a la ponderación aplicada.

Tabla 6

Resultados de selección de equipo

| Criterios | Aire-Aire | | Aire-Agua | | Agua-Agua | |
|----------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | Valor | V. Ponderado | Valor | V. Ponderado | Valor | V. Ponderado |
| Eficiencia | 5 | 2 | 4 | 1,6 | 4 | 1,6 |
| Facilidad de mantenimiento | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Facilidad de montaje | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| Costo | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| | | 4,6 | | 4,2 | | 3,8 |

Nota: Elaboración propia

Acorde a los resultados expuestos en la tabla 5, el sistema de aire acondicionado seleccionado es el sistema aire-aire.

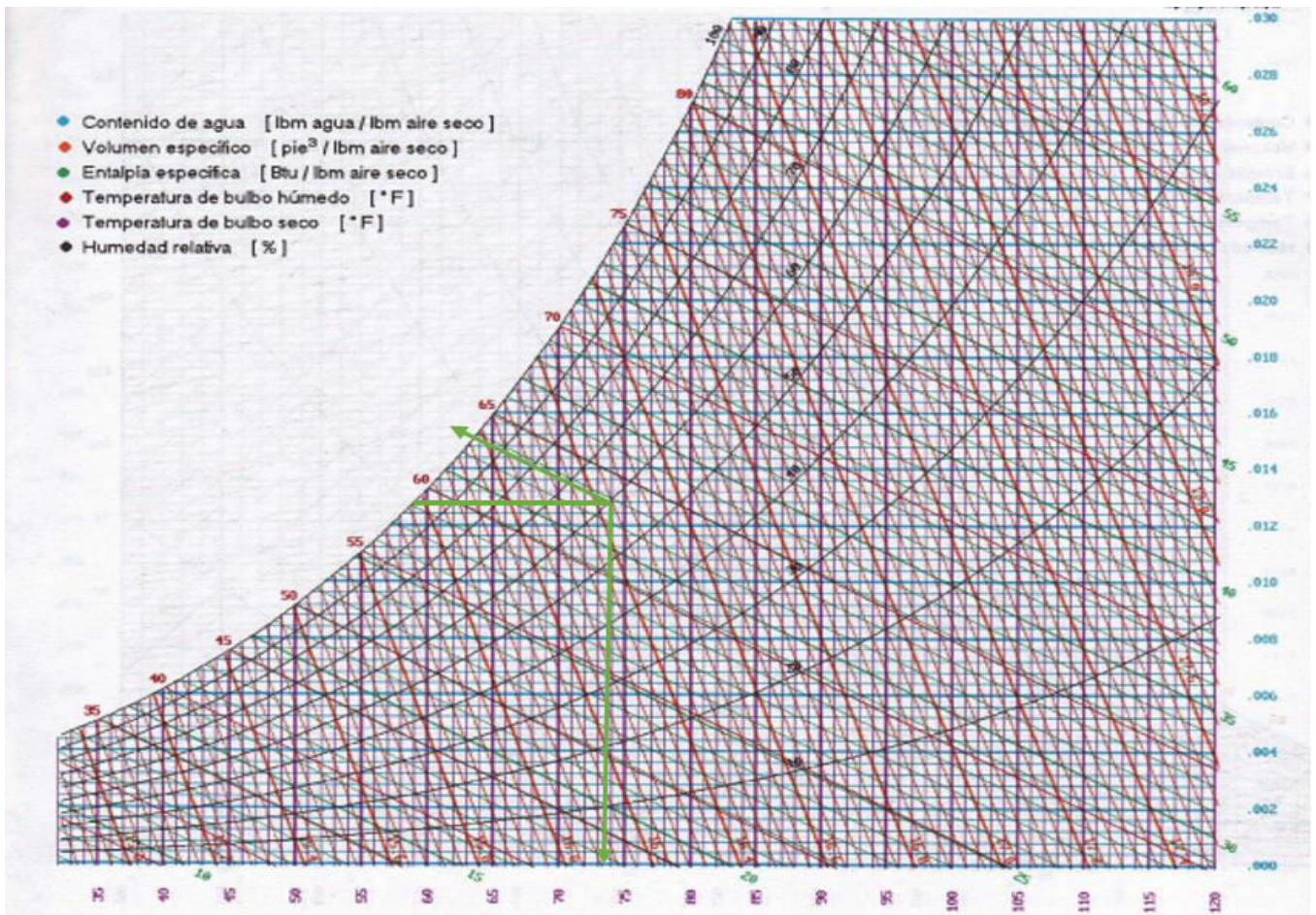
4.2.2 Condiciones de temperatura y humedad

El sistema de climatización tiene como rangos de temperatura de 17 °C a 27 °C, con una humedad relativa del 60%, como recomendable. (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2011).

Por medio de la carta psicrométrica, se establece la condición de interior de aire, acorde a lo establecido por la ASHRAE. La información se ingresa en la carta psicrométrica, identificando los puntos acordes a la línea roja, en la figura 23.

Figura 23

Carta psicrométrica. Condiciones del aire exterior e interior



Nota: Ortega y Peña (2001)

Los datos de los parámetros del aire acorde a la carta psicrométrica a 2550 msnm se muestran en la tabla 7, considerando tres opciones de temperatura de bulbo seco para la temperatura del aire interior. La temperatura más apropiada es de 23 °C y una humedad relativa máxima del 60%.

Tabla 7

Parámetros psicrométricos para data center

| Parámetro | Aire Exterior | Aire interior | | |
|---------------|---------------|---------------|-------|-------|
| Tbs [°C] | 12,6 | 23 | 24 | 25 |
| Tbh [°C] | 11,03 | 17,2 | 18,07 | 18,94 |
| Tpr [°C] | 10,2 | 14,8 | 15,8 | 16,7 |
| HR [%] | 85 | 60 | | |
| Altitud [m] | 2550 | 2550 | | |
| Presión [hPa] | 742,1 | 742,1 | | |

Nota: Carta psicrométrica. Altitud 2550 msnm, datos disponibles en:

<https://www.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos/psicrometricos.html>

En este caso, acorde al análisis de temperatura y humedad relativa, se establece una temperatura de bulbo seco de 23°C, así se mantendrá un punto de roció inferior a 15°C.

4.2.3 Carga térmica

La carga térmica está relacionada con los factores internos o externos que generan calor. El sistema de climatización debe extraer calor desde el data center hacia el equipo de climatización, dado el cambio de temperatura, el aire sufre un proceso de calentamiento sensible. Por ello, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_{ideal} + Q_{pérdidas}$$

4.2.3.1 Carga ideal

Para el cálculo de la carga ideal, se consideran las condiciones del aire del espacio exterior y espacio interior. Para el cálculo de la carga ideal se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_{ideal} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \dot{m} \cdot (h_{1'} - h_1)$$

$$Q_2 = \dot{m} \cdot (w_2 - w_{1'}) \cdot h_{wl}$$

Donde:

\dot{m} : flujo másico de aire

d : densidad de aire con las condiciones iniciales de temperatura y humedad

$h_{1'}$ y h_1 : Entalpía por unidad de masa

w_2 y w_1 : humedad absoluta (kg agua/kg aire)

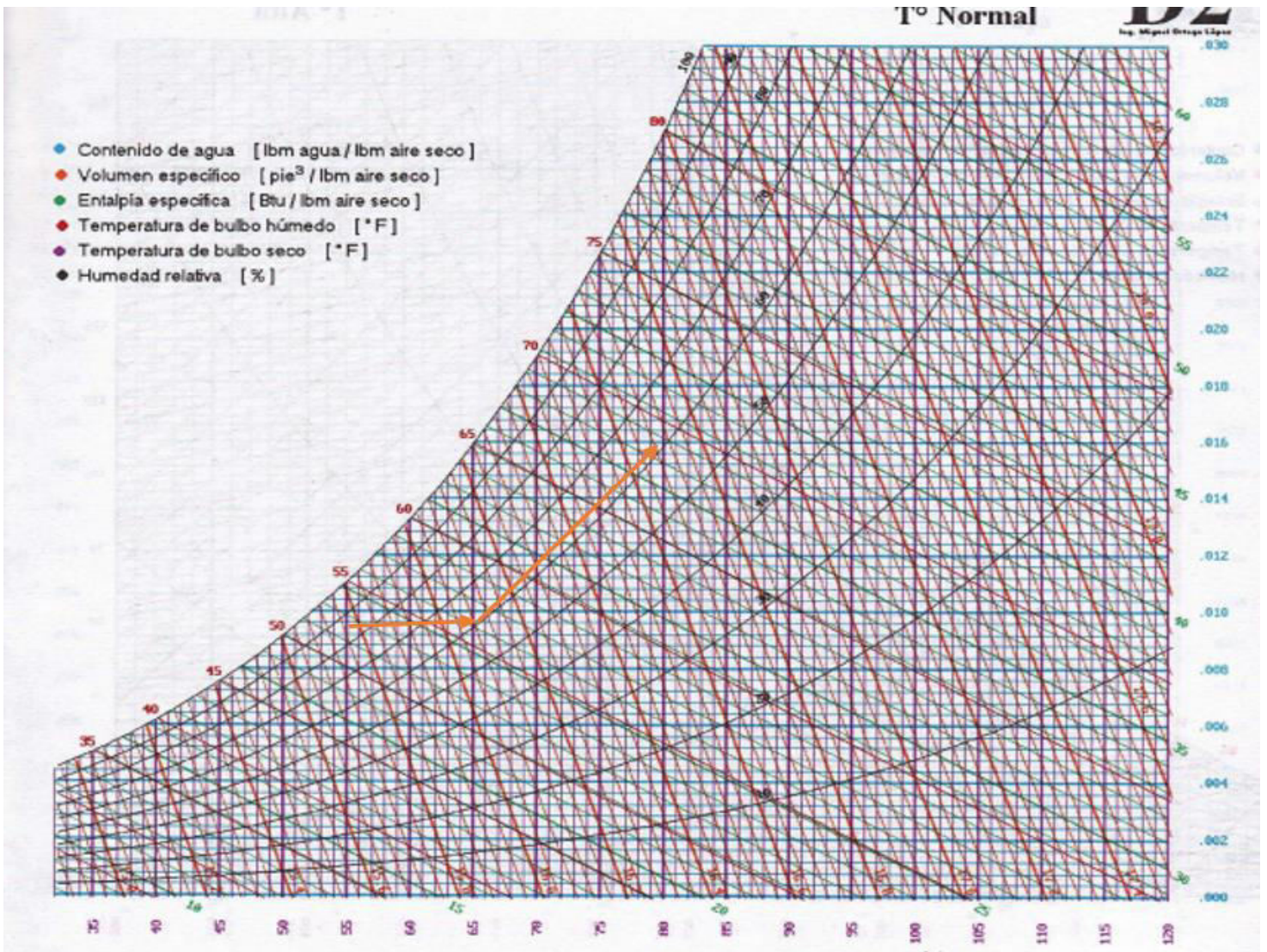
h_{wl} : entalpía del agua

Los datos de entalpía se obtienen para el punto 1, 1' y 2, acorde a la ubicación en la carta psicrométrica, como se observa en la figura 24. El aire pasa por un proceso de calentamiento sensible y humidificación, como se idéntica en la figura 24.

Para un cálculo exacto, se emplea un recurso informático, con los datos de altitud, temperatura de bulbo seco, humedad relativa o temperatura de bulbo húmedo. En el caso de la data center, los parámetros del aire exterior son: $T_{bs} = 12,6$ °C y $HR = 85\%$, con esta información, se obtiene el valor de la entalpía en el punto 1, en la figura 25, se muestra el proceso de obtención del parámetro de la entalpía. Bajo este proceso se obtiene el resto de los parámetros.

Figura 24

Proceso del aire en el interior del data center.



Nota: Ortega y Peña (2001)

Figura 25

Entalpia del aire exterior

Introducir temperatura y altitud:

Temperatura: °C
Altitud: m

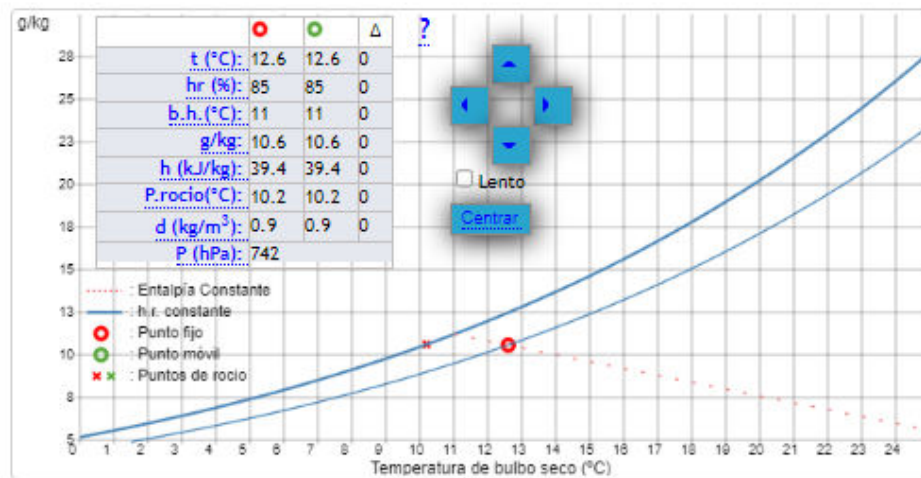
Introducir el parámetro conocido:

Temperatura Bulbo Húmedo

Humedad Relativa

Valor:

Diagrama psicrométrico interactivo:



Nota: Carta psicrométrica. Altitud 2550 msnm., obtenido de:

<https://www.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos/psicrometricos.html>

Los resultados de la entalpía se tabulan en la Tabla 8.

Tabla 8

Carga ideal

| Aire (Carta psicrométrica) | | | |
|----------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| (flujo volumétrico) $m.$ | 3000 [m ³ /h] | humedad (w_1) | 0,0707 [kg agua/kg aire] |
| entalpia (h_1) | 48,7 [kJ/kg] | w_2 | 0,08746 [kg agua/kg aire] |
| h_1 | 39,4 [kJ/kg] | h_{wl} | 83,74 [kJ/kg] |
| (densidad) d | 0,87 [kg/m ³] | $m_w.$ | 2,7 [kg/h] |

4.2.4 Cálculo de la carga térmica para refrigeración

Es indispensable conocer las cargas térmicas para el diseño del sistema de climatización por lo cual para el diseño se emplea la fórmula:

$$Q_r = Q_s + Q_i$$

Donde.

Q_s es la carga térmica sensible (Btu/h); (W);

Q_i es la carga térmica latente (Btu/h); (W).

$$Q_r = Q_s + 0$$

$$Q_r = Q_s$$

Para obtener la carga térmica sensible tenemos que considerar la carga sensible Q_s es conformada por todas las cargas térmicas que producen una variación en la temperatura del aire y está representada por la siguiente formula.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Donde.

Q_{sr} es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W);

Q_{str} es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W);

Q_{st} es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W);

Q_{si} es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);

Q_{sai} es la carga sensible debida a aportaciones internas (W).

$$\begin{aligned} Q_s &= Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai} \\ Q_s &= 0 + Q_{str} + 0 + 0 + Q_{sai} \\ Q_s &= Q_{str} + Q_{sai} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la carga sensible por transmisión y radiación de las paredes y techos tenemos que aplicar la siguiente formula.

$$Q_{str} = K * S * (T_{ec} - T_i)$$

Donde

Q_{str} es la carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W .

K es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmisión térmica, expresado en W/m^2C , para nuestro estudio es $0.56 W/m^2C$

S es la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m^2 , para nuestro estudio es $16 m^2$

T_i es la temperatura interior de diseño del local ($^{\circ}C$), la temperatura es $18^{\circ}C$

T_{ec} es la temperatura exterior de cálculo al otro lado del local ($^{\circ}C$), la temperatura es $21^{\circ}C$

$$Q_{str} = K * S * (T_{ec} - T_i)$$

$$Q_{str} = 0.56 \frac{W}{m^2^{\circ}C} * 16m^2 * (21^{\circ}C - 18^{\circ}C)$$

$$Q_{str} = 26.88W$$

De W a Btu

$$Q_{str} = 91.74Btu/hr$$

Para el cálculo de es la carga sensible debida a aportaciones internas se considera que Q_{sai} representa la sumatoria de todas las cargas que alteren la temperatura en el interior del recinto.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

Donde

Q_{sil} es el valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W); para nuestro estudio la consideraremos como 0.

Q_{sp} es la ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W); para nuestro estudio la consideraremos como 0.

Q_{se} es la ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc. (W). Donde $870W$ por servidor.

Numero de servidores 40.

$$Q_{sai} = 0 + 0 + Q_{se}$$

$$Q_{sai} = Q_{se} * 40$$

$$Q_{sai} = 870W * 40$$

$$Q_{sai} = 34800W$$

De W a Btu

$$Q_{sai} = 118772.4Btu/hr$$

Acorde a los cálculos efectuados, la carga térmica total resulta de la sumatoria de todas las cargas que se generan dentro del data center, el resultado es el siguiente:

$$Q_s = Q_{str} + Q_{sai}$$

$$Q_s = 26.88W + 34000W$$

$$Q_s = 34826.88W$$

$$Q_s = 118864.14Btu/hr$$

$$Q_r = Q_s$$

$$Q_r = 34826.88W \quad 0 \quad Q_r = 118864.14Btu/hr$$

Acorde a las capacidades comerciales en el mercado, se requiere dos equipos de: 17.5 KW / 59.710 BTU/H.

4.2.5 Diseño de ventilación

4.2.5.1 Sistema 1. Sistema de hilera para enfriamiento por aire (Indoor)

Este sistema de refrigeración modular en hilera para salas de equipos informáticos ofrece enfriamiento eficiente, previsible y económico, acorde al espacio de data center, bajo esta perspectiva, se identifican los equipos APC InRow RD, producen grandes volúmenes de flujo de aire para eliminar los puntos calientes en los entornos muy concentrados de un data center. El modelo APC Inrow RD ACRD100, se detalla en la tabla 10. Las principales ventajas del sistema son:

- Mayor eficiencia energética
- Mayor capacidad de refrigeración o enfriamiento
- Ampliable para alta densidad de carga de calor
- Mínima necesidad de humidificación
- Bajo costo de mantenimiento
- Protocolo de arranque y operación inicial

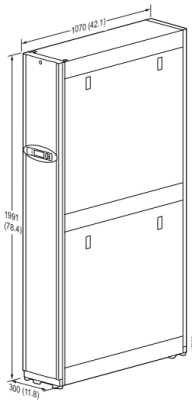
El equipo APC Inrow RD ACRD100 consta de un sistema de condensación externo, es decir, se requiere un espacio adicional para la instalación del condensador que opera con circulación de aire. Este sistema permite la contención del pasillo caliente, evitando el cruce entre los flujos de aire caliente y frío, asegurando eliminar la carga térmica generada por los equipos informáticos instalados en el Data Center.

Los sistemas en hilera se colocan alineados con los armarios rack, utilizando un equipo para cada pasillo caliente, esta configuración reduce el calentamiento sensible producto de la operación de los equipos informáticos. En la figura 26, se identifica la configuración de instalación para los equipos INROW RD.

Tabla 9

Especificaciones técnicas equipo APC INROW RD ACRD100

| Equipo | Características |
|--------|---|
| | Marca APC by SCHNEIDER ELECTRIC |
| | Tipo INROW RD |
| | Sistema Expansión directa enfriado por aire |

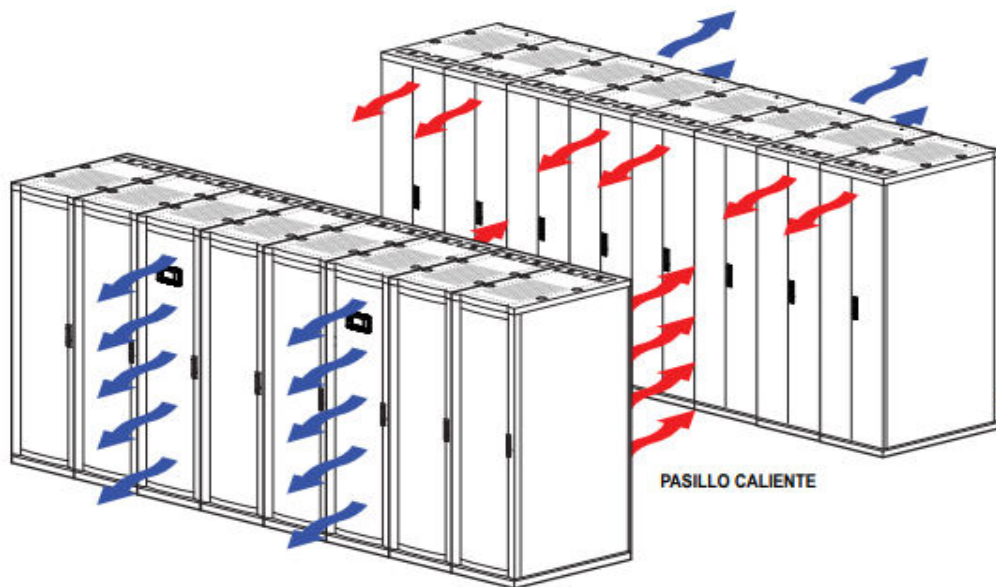


| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Modelo | ACRD100 |
| Capacidad nominal | 32000 Btu/h (9,4 KW) |
| Tipo rack | 42 U |
| Expulsión de calor | Aire |
| Humidificador | No |
| Flujo de aire | 566,34 l/s |
| Peso | 183 kg |
| Dimensiones | 199,1 – 30 – 1070 [cm] |
| Temperatura de Aire de suministro | 20,8 °C |
| Temperatura de trabajo | 23 ° C |
| Intervalo de cambio de filtro de aire | Filtro lavable |
| Alimentación eléctrica | 200-240 V/1 Fase/60 Hz |
| Factor corrección | 0,826 |
| # ventiladores | 6 |
| Área del evaporador | 0,32 m ² |
| Potencia del motor | 4,6 KW |
| Flujo de aire en el condensador | 950-2200 CFM |
| Condensador | Equipo externo |
| Tipo refrigerante | 410 A |

Nota: SCHNEIDER ELECTRIC,2021

Figura 26

Configuración de instalación de equipo APC INROW RD en el data center



Nota: Schneider Electric; 2022

4.2.5.2 Sistema 2. Suministro de aire bajo piso


Este equipo dispone de un intercambiador de calor externo y un módulo de ventiladores. La instalación del módulo de ventiladores bajo el piso elevado ayuda a reducir las pérdidas de presión y mejora la eficiencia energética. Bajo estas características se identifica el equipo Attom W-017DA , los detalles técnicos se enlistan en la tabla 11. Este equipo permite el trabajo con piso falso acorde a las necesidades del Data Center. Las ventajas del equipo son las siguientes:

- Máxima eficiencia en su capacidad de enfriamiento.
- Gran potencial de ahorro gracias a la opción de Free Cooling Dinámico Indirecto.
- Mayor capacidad de enfriamiento por un mínimo de espacio físico.
- Mejor eficiencia en la conducción del aire

- Diseño compacto para facilitar el transporte y su instalación.
- Enfriamiento de forma confiable, preciso, silencioso y excepcionalmente económico.
- Diseñado para una operación continua, sin tiempo de inactividad durante muchos años.
- Uso de la tecnología EC para una mayor eficiencia.
- Oportunidad de probar su unidad en nuestro centro de Pruebas.
- Reducción de costos de operación debido a las condiciones de suministro del aire conforme a las directrices del ASHRAE

Tabla 10

Especificaciones técnicas del equipo ATTOM W-017DA

| Equipo | Características | |
|--|-----------------------------------|---------------------------|
|  | Marca | Atomm |
| | Tipo | Indoor |
| | Configuración | Frontal |
| | Modelo | W-017DA |
| | Capacidad nominal | 42000 Btu/h (17,5 KW) |
| | Tipo rack | 42 U |
| | Expulsión de calor | Aire |
| | Humidificador | si |
| | Flujo de aire | 5000 m ³ /h |
| | Peso | 300 kg |
| | Dimensiones | 75 – 70 – 190 [cm] |
| | Temperatura de Aire de suministro | de 17 °C |
| | Temperatura de trabajo | de 22, 1 ° C |
| | Tipo de filtro | G4 |
| | Alimentación eléctrica | 208–360 V/3 Fase/50-60 Hz |
| | Factor de potencia | corrección 0,85 |
| | # ventiladores | 1 |
| | Modelo Condensador | KSF24 |
| | # unidades | 1 |



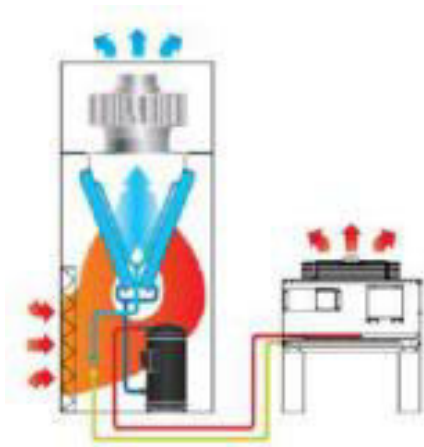
Nota: Atomm; 2022

La operación del equipo Attom W-017DA , se muestra en la figura 27.

Figura

27

Operación del equipo Attom W-017DA



Nota: Atomm, 2022

4.2.6 Selección de equipo de climatización comercial

La tabla 12 identifica los resultados de la selección del equipo de aire acondicionado comercial, acorde a la ponderación detalla en la tabla 4.

Tabla 11

Selección de equipo de climatización

| Criterios | Sistema 1 | | Sistema 2 | |
|----------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | Valor | V. Ponderado | Valor | V. Ponderado |
| Eficiencia | 3 | 1,2 | 5 | 2 |
| Facilidad de mantenimiento | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Facilidad de montaje | 5 | 1 | 4 | 0,8 |
| Costo | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 |
| TOTAL | | 4,0 | | 4,4 |

Nota: Elaboración propia

Acorde a los criterios aplicados, se elige el equipo Attom W-017DA, que permite el suministro de aire bajo piso.

4.2.7 Configuración del sistema de climatización

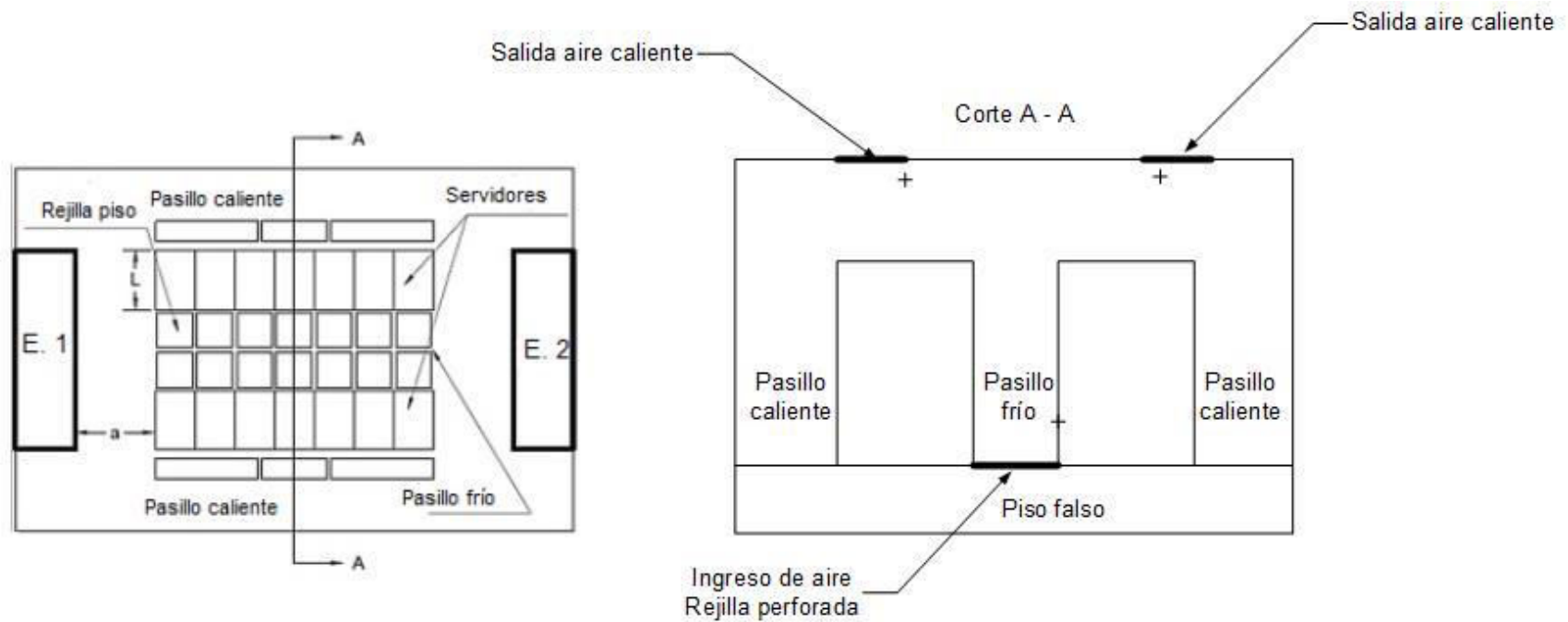
El equipo seleccionado Attom W-017DA, presenta las siguientes características:

- Sistema Todo Aire
- Unidad climatizadora interior
- Sistema de baja velocidad

Dada la configuración para la instalación de piso falso, el sistema puede operar con un pasillo frío central, es decir, el aire frío ingresa por la zona inferior y el aire caliente se absorbe por la parte superior de la unidad de climatización empleando el ventilador del evaporador. En la figura 28, se observa la configuración del data center con los equipos de climatización.

Figura 28

Configuración de data center con equipos de climatización



Nota: Data Center dispone de dos unidades de aire acondicionado (E1 - E2). El equipo E2 es equipo de reserva. El sistema dispone de un pasillo frío y dos pasillos calientes.

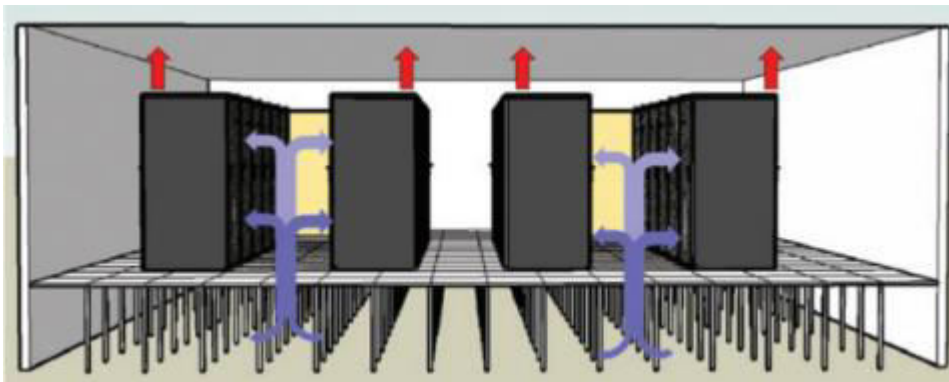
4.2.8 Altura de piso falso

Las dimensiones del conducto, se sujetan a las condiciones de salida del equipo de suministro de aire, así como a la configuración del piso falso (figura 29). La altura del piso falso sigue como regla empírica: entre más alto mejor.

La densidad del *Data Center* es de 1 kW/m², para ello, necesita aproximadamente 300,000 m³ de aire y una altura de piso falso de al menos 500 mm.

Figura 29

Configuración de piso falso para data center



Nota: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2011

4.2.9 Selección de rejillas

Los datos de trabajo del sistema de climatización son los siguientes:

- Altura del espacio: 3 metros
- Altura de zona ocupada: 2 metros
- Velocidad de aire: 3000 m³/h
- Tipo de techo: Cielo falso
- Tipo de piso: Piso falso
- Velocidad de aire de entrada: 3-4 m/s

La cantidad de difusores o rejillas depende del caudal máximo manejado por cada uno, en la tabla 13, se muestra los valores establecidos acorde al catálogo del fabricante.

Tabla 12

Número de rejillas de piso

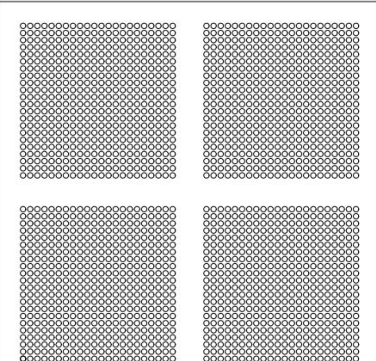
| Parámetro | Valor |
|------------------------|------------------------|
| Caudal máximo | 3000 m ³ /h |
| Modelo difusor rejilla | DSA_HV |
| Caudal máximo | 500 m ³ /h |
| Dimensiones | 600 x 600 |
| # difusores | 5 |

Nota: Elaboración propia

Las características de la rejilla perforada, que se instalaran en el piso falso, se identifican en la figura 30. Los datos de operación para la rejilla facilitan la instalación de 5 rejillas en el pasillo frio de la data center.

Figura 30

Rejilla perforada para piso del data center

| | Airflow Performance | | Slide Damper | |
|---|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | Static Pressure (Pa) | Air Volume (L/s) | Air Volume w/ damper open (L/s) | Air Volume w/ damper closed (L/s) |
|  | 5 | 175 | 120 | 5 |
| | 10 | 205 | 140 | 10 |
| | 12.5 | 225 | 160 | 15 |
| | 15 | 245 | 165 | 20 |
| | 20 | 270 | 175 | 25 |
| | 25 | 330 | 230 | 30 |

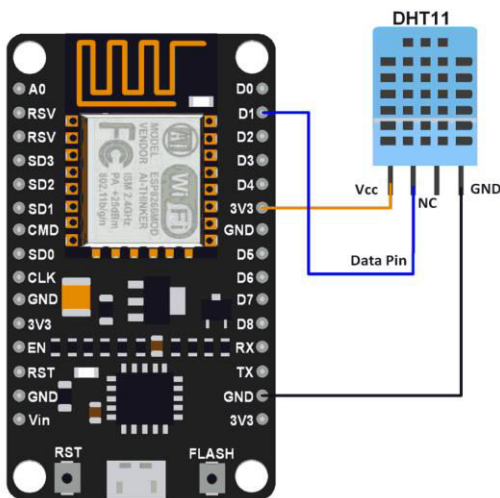
Nota: APC, 2022

4.3 Diseño del sistema de monitoreo en tiempo real

Acorde a los requerimientos de operación del sistema de aire acondicionado seleccionado, este sistema dispone de un control de temperatura y humedad. Para complementar la medición de temperatura y humedad, se diseña un dispositivo de control utilizando una tarjeta de control Arduino y el sensor de humedad y temperatura. En la figura 31, se muestra el circuito de conexión entre los componentes.

Figura 31

sistema de control nodeMCU.

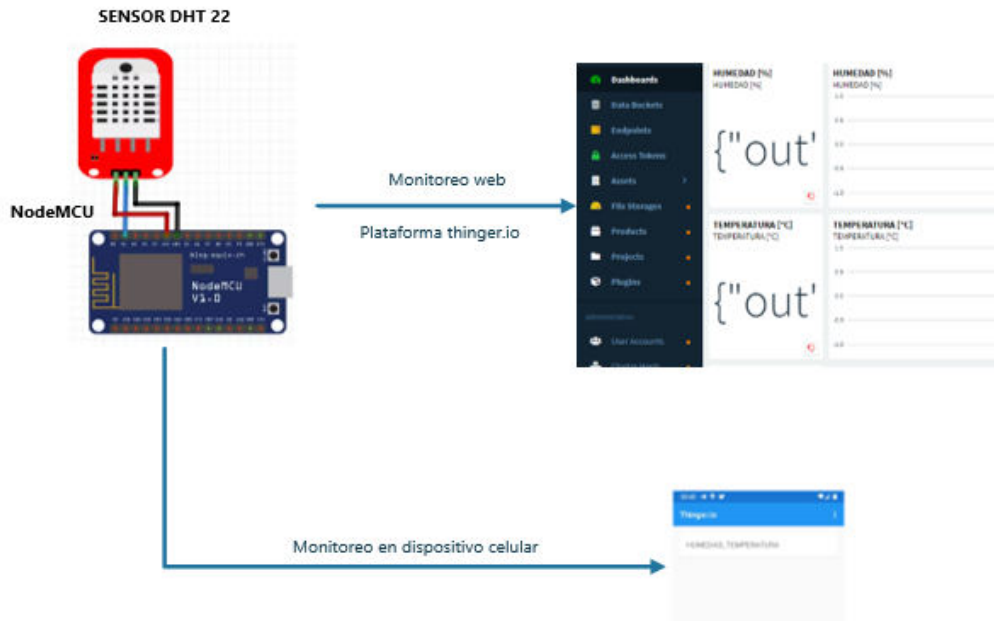


4.3.1 Diagrama de flujo

El proceso de operación del sistema está basado en Arduino, una vez configurado el dispositivo se enlazará con una plataforma de seguimiento, denominada thinger.io, esta plataforma registrará y almacenará los datos enviados por el sensor de temperatura y humedad. El diagrama de flujo del proceso se muestra en la figura 32.

Figura 32

Proceso de visualización de la información recopilada por el sensor

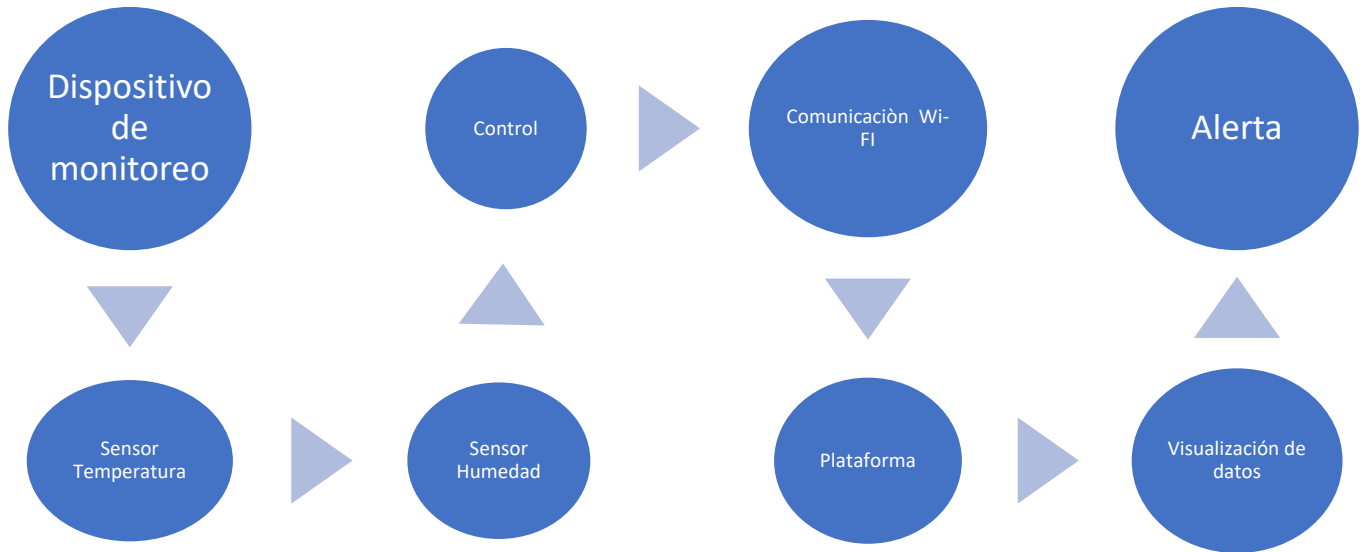


4.3.2 Operación del dispositivo de monitoreo

Para el monitoreo de los parámetros de temperatura y humedad, se dispone de un sensor de temperatura y humedad, capaz de detectar las variables, estas mediciones son recibidas por una tarjeta basada en Arduino con un protocolo de comunicación Wi-fi, transmite la información a una plataforma basada en web, para la visualización y almacenamiento de la información recolectada por el sensor. En la figura 33, se identifica el proceso de operación del dispositivo de monitoreo.

Figura 33

Proceso de operación del dispositivo de monitoreo

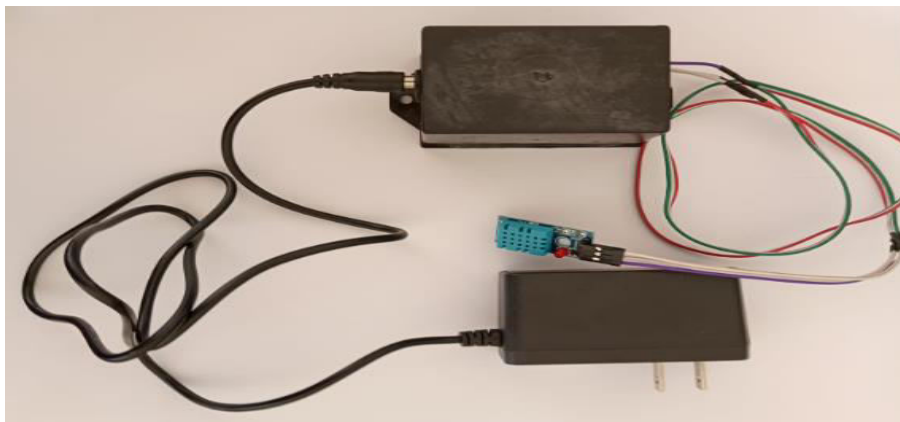


4.3.3 Dispositivo de monitoreo

En la figura 34, se muestra los componentes del dispositivo de monitoreo, el suministro de voltaje se realiza con una fuente de 5V conectada al suministro de red eléctrica de 110 V. La tarjeta Node MCU Arduino, conecta el sensor de temperatura y humedad con la plataforma de monitoreo.

Figura 34

Dispositivo de monitoreo



Nota: Prototipo de sistema de monitoreo.

4.3.3.1 Prueba 1. Funcionamiento de los componentes

Los módulos del dispositivo del monitoreo se interconectan entre sí, para la medición de temperatura y humedad, los datos recolectados son enviados a la plataforma de seguimiento por comunicación Wi-fi. Para evidenciar la eficiencia de los dispositivos incorporados, se efectúan pruebas de operación para el encendido y apagado, en la tabla 17, se muestra los resultados de la comprobación.

Tabla 1134

Comprobaciones operativas de los componentes

| Elemento | Comprobación ON | Comprobación OFF |
|------------------------------------|-----------------|------------------|
| Sensor de temperatura y humedad | 100% | 100% |
| Fuente de voltaje | 100% | 100% |
| Comunicación Arduino | 100% | 100% |

Nota: comprobación de funcionamiento de prototipo.

4.3.4 Plataforma de monitoreo

Existen en el mercado, diferentes plataformas para el almacenamiento y visualización de los datos. En la tabla 18, se analiza la adaptabilidad de las plataformas para el trabajo propuesto del monitoreo de las variables de temperatura y humedad.

Tabla 15

Criterios para el análisis de plataforma de monitoreo

| Parámetro | ThingsSpeak | Thingier.io |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Aplicación móvil | SI | SI |
| Monitoreo Web | SI | SI |
| Datos (tiempo real) | SI | SI |
| Multiplataforma | NO | SI |
| Escalabilidad | SI | SI |
| Almacenamiento de bases de datos | SI | SI |
| Seguridad | NO | NO |

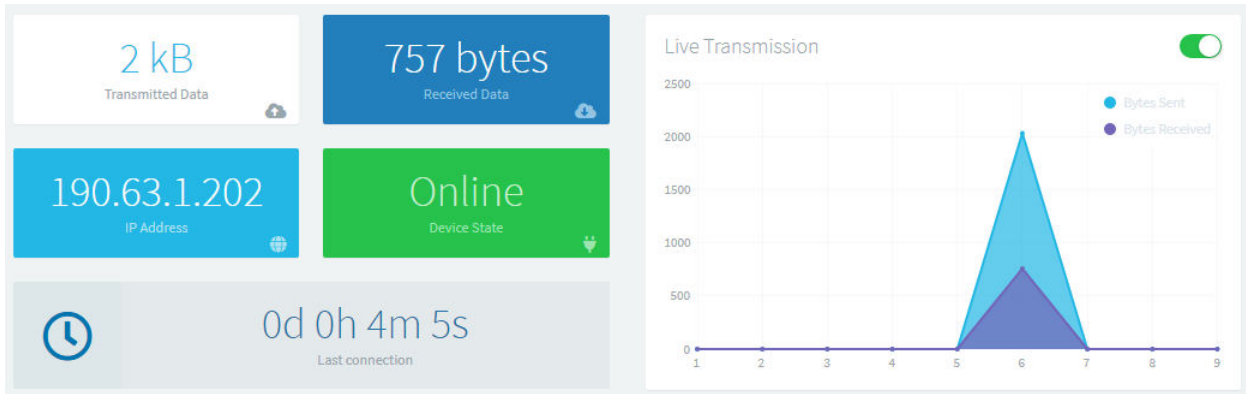
El proceso de visualización de datos del sensor se obtiene en tiempo real por medio de la web o en un dispositivo celular Android. Los datos son recopilados y almacenados en una base de datos disponible en la plataforma de monitoreo.

4.3.4.1 Prueba 2. Operación de plataforma de monitoreo

La plataforma para recepción, visualización y almacenamiento de la información es thingier.io. Se desarrolló la configuración del panel de control, base de datos y la presentación de la información acorde a la información recolectada por el sensor de temperatura y humedad. En la figura 35, se muestra la recepción de la información.

Figura 35

Conectividad con la plataforma de monitoreo de datos



Los resultados de la operación de la plataforma de monitoreo, se evidencia en la tabla 16, se basa en los ítems disponibles de la plataforma thinger.io, es importante identificar la conectividad y la operación de la tarjeta para la transmisión de datos.

Tabla 1146

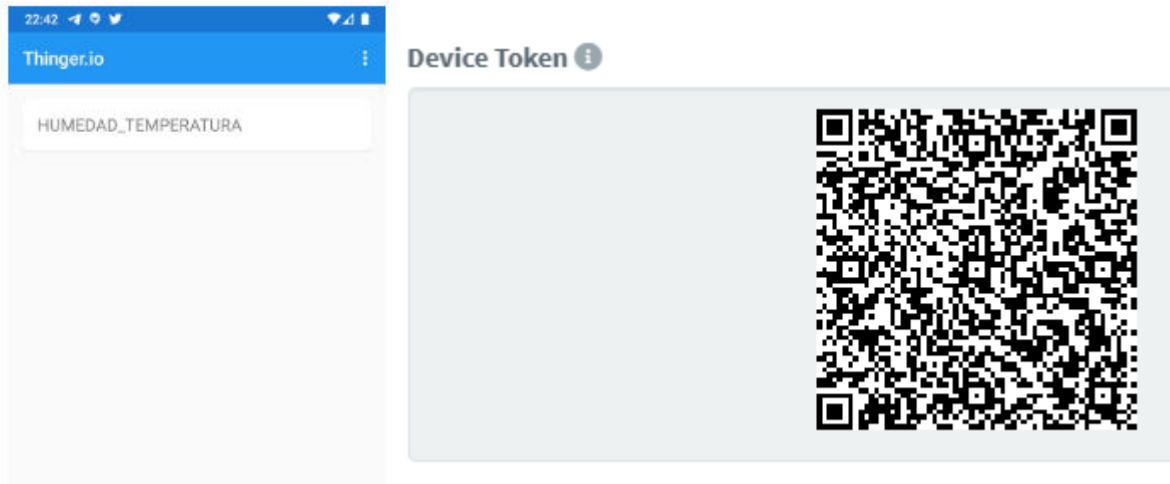
Comprobaciones operativas de la plataforma

| Indicador | % | Observaciones |
|--|----------|--|
| Funcionamiento de ingreso al servidor | 100 | Funcionamiento apropiado |
| Conectividad | 100 | Funcionamiento sin interrupciones |
| Funcionamiento de interfase | 100 | Funcionamiento apropiado |
| Funcionamiento de almacenamiento | 100 | Funcionamiento apropiado, registra todos los datos en el intervalo propuesto |
| Funcionamiento token- Aplicación móvil | 95 | Requiere actualización de la visualización de datos |
| Envío de alerta | 100 | Aviso de alerta al correo electrónico |

Para el uso de la aplicación en Android, se descargó la aplicación thinger.io desde la plataforma Play Store.

Figura 36

Visualización de información en la aplicación Android y token para conexión



4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

4.4.1 Inversión de activos fijos

La inversión de activos fijos corresponde al equipamiento del *Data Center* tanto para la instalación, operación y seguridad del espacio, acorde a la información recolectada, en la tabla 17, se detalla el costo de los sistemas a instalar para el *Data Center*.

Tabla 1157

Sistema Data Center

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | V. UNITARIO | V TOTAL |
|---|----------|-------------|---------|
| SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN | 2 | 16361.5 | 32723 |
| SISTEMA DE DETECCION Y EXTINCION DE INCENDIOS | 1 | 11837.2 | 11837.2 |
| SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA (UPS) DE 10KVA | 1 | 3357.2 | 3357.2 |
| | | TOTAL | 47917.4 |

En la tabla 18, se detallan los sistemas complementarios de *Data Center*, estos sistemas permiten la implementación del piso de data center como piso de acceso elevado, acorde a la norma TIA – 942, la pintura del piso y la distribución del aire, facilitando las mayores condiciones de enfriado en el datacenter. Además, se detallan los costos de la acometida eléctrica y el panel de control para la operación de los sistemas implementados.

Tabla 1168

Sistemas complementarios de Data Center

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | V. UNITARIO | V TOTAL |
|--|----------|-------------|---------|
| SISTEMA DE PISO DE ACCESO ELEVADO | 16 | 233.5 | 3736 |
| PANEL DE PISO DE ACCESO ELEVADO – PERFORADO AL 56% | 3 | 335 | 1005 |
| MALLA DE ALTA FRECUENCIA | 16 | 58.7 | 939.2 |
| PINTURA ANTIESTÁTICA | 16 | 28.11 | 449.76 |
| RAMPA DE ACCESO | 1 | 763 | 763 |
| PUERTA DE SEGURIDAD CORTA FUEGO | 1 | 2320.5 | 2320.5 |
| TABLERO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN | 1 | 2701.24 | 2701.24 |
| ACOMETIDAS – TABLERO ELÉCTRICO DEL DATA CENTER | 3 | 263.5 | 790.5 |
| ACOMETIDAS – ALIMENTACIÓN DENTRO DEL DATA CENTER | 1 | 4952.1 | 4952.1 |
| | | TOTAL | 17657.3 |

4.4.2 Costo monitoreo en tiempo real

Para determinar los costos de monitoreo tenemos que considerar el valor de los componentes que integran el sistema, como también se considera el tiempo implementado para la realizar la programación del sistema estos costos se pueden observar en la tabla 18.

Tabla 1179

Costos de monitoreo en tiempo real

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | V. UNITARIO | V TOTAL |
|-------------------------------|----------|-------------|---------|
| NODEMCU 8266 | 1 | 15 | 15 |
| DH11 | 1 | 5 | 5 |
| PROGRAMACION DEL NODEMCU 8266 | 1 | 100 | 100 |
| IMPRECION EN 3D | 1 | 20 | 20 |
| | | TOTAL | 140 |

4.4.3 Costos de mano de obra e instalación

Para la operación de los sistemas, se requiere la adaptación del espacio para el data center, así como la instalación de piso, suministro eléctrico, climatización y accesos, además, se requiere el transporte de los equipos desde la ciudad de Quito al sitio de ubicación de data center. Los costos de mano de obra e instalación se detallan en la tabla 20.

Tabla 20

Costos de mano de obra, transporte e instalación

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | V. UNITARIO | V TOTAL |
|---|----------|-------------|---------|
| PISO DE ACCESO | 16 | 15 | 240 |
| SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN | 2 | 2742 | 5484 |
| SISTEMA DE DETECCION Y EXTINCION DE INCENDIOS | 1 | 1080 | 1080 |
| TRANSPORTE – LOGISTICA | 1 | 2413.75 | 2413.75 |
| | | TOTAL | 9217.75 |

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de resultado del diseño de climatización.

El sistema de climatización debe garantizar la operación de *Data Center*, de un espacio físico de 16 m², como primer paso, se eligió el tipo de sistema aire -aire, basado en los criterios de eficiencia, costo, facilidad de montaje y mantenimiento. Para la operación del sistema, se determinaron las cargas térmicas para el aire interior y las cargas por pérdida, como se detallan en las tablas 8 y 9 respectivamente, la carga térmica estima un valor de 8,9 kW corresponde a un equipo comercial de 17.5Kw que nos daría 59710 Btu/h, por lo cual se requiere dos equipos con las mismas especificaciones, con esta referencia se busca el tipo de sistema aire – aire apropiado, para ello, se identificaron dos sistemas: enfriamiento por hilera en el pasillo caliente y suministro de aire bajo piso, utilizando los criterios anteriores, se elige el enfriamiento bajo piso con el equipo comercial ATTOM W-017DA, que incluye un control digital, para el control de temperatura, humedad y limpieza de aire. Para complementar la operación de *Data Center*, se requiere un sistema de detección y extinción de incendio y un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).

5.2 Análisis de resultados del sistema de monitoreo

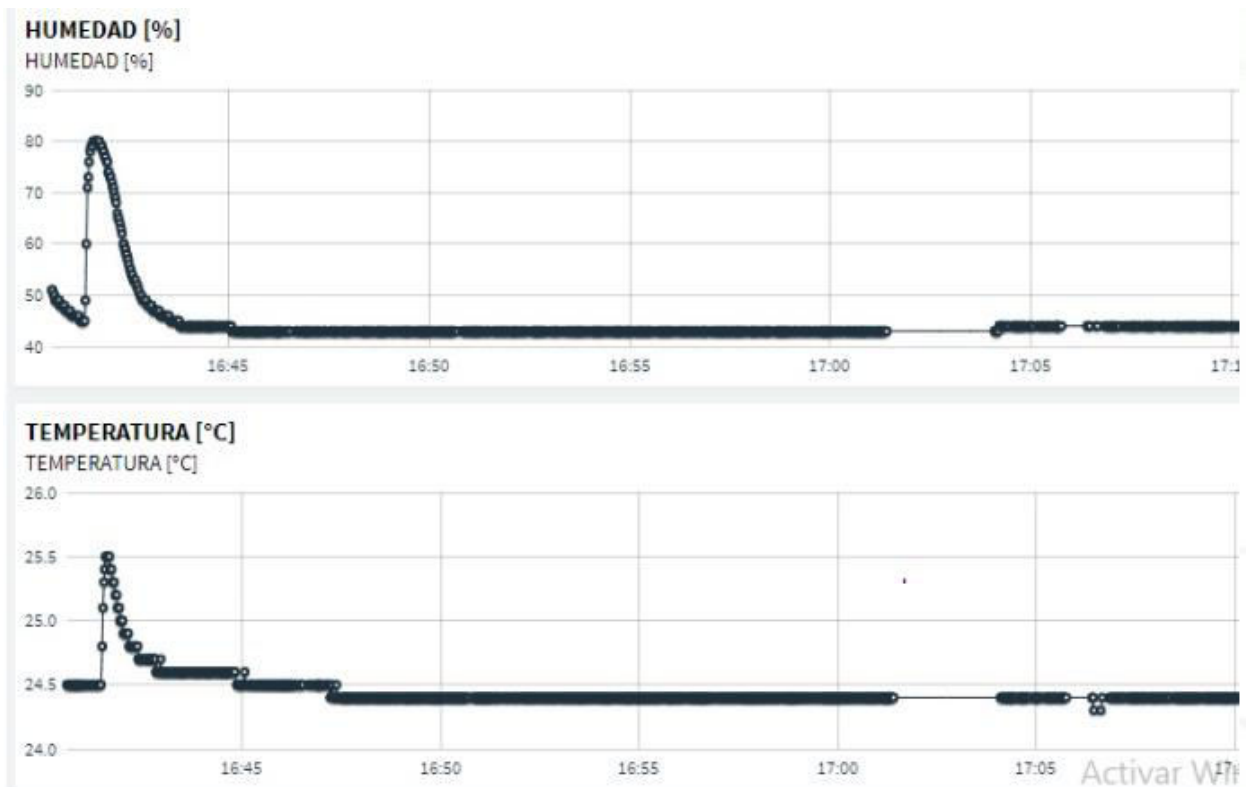
Para el monitoreo de la temperatura en tiempo real, se desarrolló un dispositivo con sensor de temperatura y humedad con microprocesador MCU Node bajo plataforma Arduino interconectado por wi-fi a la plataforma *thinger.io*, los datos recopilados se detallan en la prueba 1 (sección 5.2.1), para alertar los cambios de temperatura por encima del valor de referencia, se envía un mensaje de correo al usuario encargado de la supervisión como se detalla en la prueba 2 (sección 5.2.2).

5.2.1 Prueba 1. Monitoreo de la información recolectada

El monitoreo corresponde a la visualización y operación de la interfase en la plataforma thinger.io, en la figura 37, se identifica los datos recibidos del sensor y la variabilidad de la información en tiempo real, esta visualización se realiza utilizando la página web de la plataforma, empleando un identificador de usuario y contraseña. Por razones de escalas de valores se utilizan dos pantallas de visualización

Figura 37

Visualización de información en la plataforma de monitoreo



La información recibida, se almacena en una base de datos, acorde a la limitación de la plataforma. El tiempo de registro corresponde a un minuto, es decir, un dato de temperatura y humedad se almacena en la base de datos cada minuto. En la figura 38, se observa una sección de la base de datos, con registro de fecha, hora y tipo de dato almacenado.

Figura 38

Base de datos de temperatura

| Bucket Data | |
|----------------------|--------------------|
| Date | Value |
| 24/11/2022, 11:49:57 | 23 |
| 24/11/2022, 11:48:57 | 23 |
| 24/11/2022, 11:47:57 | 22.899999618530273 |
| 24/11/2022, 11:46:57 | 22.899999618530273 |
| 24/11/2022, 11:45:57 | 22.899999618530273 |
| 24/11/2022, 11:44:57 | 22.899999618530273 |
| 24/11/2022, 11:43:58 | 22.799999237060547 |
| 24/11/2022, 11:42:57 | 22.600000381469727 |
| 22/11/2022, 7:14:09 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:12:56 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:11:02 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:08:44 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:06:47 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:05:45 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:03:51 | 20.799999237060547 |
| 22/11/2022, 7:02:02 | 20.700000762939453 |

Los datos enviados por el sensor se visualizan en tiempo real por medio de la conectividad de la plataforma por vía web o aplicación Android.

5.2.2 Prueba 2. Alerta por correo electrónico

Los datos recolectados son enviados hacia la plataforma de monitoreo, cada dato se registra con una periodicidad de 1 minuto, con tiempo máximo de registro de 3 meses, para los datos

receptados. Si el registro recepta un valor de temperatura fuera de parámetro envía un mensaje de alerta al correo electrónico registrado, indicando hora y el registro correspondiente. En la figura 39, se muestra el mensaje enviado.

Figura 39

Mensaje de alerta en cuenta de correo electrónico



5.3 Análisis de los resultados de los costos

Los costos totales de la implementación del sistema de climatización para el *Data Center*, se detalla en la tabla 20, el valor total es de 84064.344 dólares.

Tabla 18

Costos totales

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|--|-----------------|
| SISTEMAS DEL DATCENTER | 47917.4 |
| SISTEMAS COMPLEMENTARIOS | 17657.3 |
| MANO DE OBRA, INSTALACIÓN Y TRANSPORTE | 9217.75 |
| ACCESORIOS | 125 |
| DISPOSITIVO DE MONITOREO | 140 |
| | IVA 9006,894 |
| | TOTAL 84064,344 |

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para garantizar un diseño adecuado del sistema de climatización de un CDP hay que tener en cuenta dimensiones del recinto, la capacidad y distribución de los equipos, las condiciones atmosféricas del sitio de trabajo y los requerimientos específicos para el buen funcionamiento del sistema. Es imprescindible conocer la cargas térmicas que emanan los equipos de cómputo que se alojaran en el interior de los racks, las características de operación de los mismos, y la posibilidad de crecimiento del CDP para garantizar una vida útil a largo plazo del sistema.

Considerando el CDP de una institución financiera se ha diseñado un sistema de climatización que incorpora monitoreo y control de temperatura, partiendo del análisis de las cargas térmicas y los cálculos correspondientes, se ha determinado que es necesario un sistema de climatización que tenga la capacidad de operación adecuada en este caso se requieren dos equipo de 17,4 kW/h para garantizar el buen funcionamiento de los equipos. Se ha seleccionado el equipo comercial ATTOM W-017DA, que incluye un control digital para el control de temperatura, humedad y limpieza de aire, así como un sistema de ductería de aire apropiado para el manejo del caudal de aire de 5.000 m³/h, utilizando 5 rejillas perforadas de dimensiones adecuadas.

El dispositivo de monitoreo en tiempo real desarrollado con un NodeMCU 8266 y un sensor DHT11, ha demostrado ser eficiente en la recolección y visualización en tiempo real de los parámetros de humedad y temperatura en un Data Center. La conexión con la plataforma de Thingier.io permite un fácil acceso a los datos recolectados y su almacenamiento en una base de datos con una periodicidad de 1 minuto. Además, se implementó un sistema de alarmas que envía un correo electrónico en caso de superar los límites de operación de humedad y temperatura

predefinidos. Este dispositivo proporciona una herramienta valiosa para el monitoreo y control de los parámetros ambientales en un Data Center, asegurando un correcto funcionamiento de los equipos y una mayor eficiencia energética.

El costo total de la implementación del sistema de climatización que incorpora monitoreo y control automatizado para el Data Center de una institución financiera que incluye cuatro racks que pueden alojar hasta 10 equipos cada uno es de \$84064.344. Aunque este costo es elevado, se ha considerado todos los componentes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo del Data Center, tales como el sistema de climatización, ductería de aire, sistemas complementarios como la alimentación ininterrumpida, rejillas de flujo de aire, mano de obra, instalaciones y el sistema de monitoreo en tiempo real. Además, se ha considerado que el sistema de monitoreo y control automatizado garantizará una mayor eficiencia energética y una mayor seguridad en el Data Center. Es importante destacar que la inversión en este sistema se verá reflejada en un ahorro a largo plazo y en una mayor confiabilidad en el funcionamiento del Data Center. En resumen, el sistema de climatización y monitoreo en tiempo real es una inversión necesaria para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del Data Center de una institución financiera

6.2 Recomendaciones

Incorporar el dispositivo de monitoreo con el control del sistema de climatización para comparar los datos medidos por ambos controles para optimizar el monitoreo utilizando teléfono inteligente.

Analizar la información de monitoreo obtenida para identificar los cambios de temperatura y humedad en un día de operación.

7 Bibliografía

- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. (2011). *Thermal Guidelines for Data Processing Environments*. USA: ASHRAE. Obtenido de <https://www.ashrae.org>
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. (2011). *Thermal Guidelines for Data Processing Environments*. USA: ASHRAE.
- Anton, R., Jonsson, H., & Palm, B. (2002). Modeling of air conditioning systems for cooling of data centers. *ITherm 2002. Eighth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (Cat. No.02CH37258)*, 1-7. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1012504>
- Brito, F. (2015). *Mejores prácticas, implementación y ordenamiento de servidores de racks en data center de CNEL EP*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil], Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil . Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/10175/1/PTG-558-Brito%20Reyes%20Fernando%20Xavier.pdf>
- Chatterjee, T., Ojha, V. K., Adhikari, M., Banerjee, S., Biswas, U., & Snášel, V. (2014). Design and implementation of an improved datacenter broker policy to improve the QoS of a cloud. *Proceedings of the Fifth International Conference on Innovations*. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-08156-4_28
- climate-Data.ORG. (2022). *Climate-Data.ORG*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/americadel-sur/ecuador/provincia-del-azuay/cuenca-875185/>

- Frachtenberg, E., Lee, D., Magarelli, M., Mulay, V., & Park, J. (2012). Thermal design in the open compute datacenter. *13th InterSociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems IEEE*, 530-538. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6231476>
- Jiménez, C. (2017). *Transferencia de calor* . Instituto tecnológico de Costa Rica . Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10176/Trasferencia%20de%20calor.pdf?se>
- Kostas, L. (2018). *Data Centre Design & Implementation*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/dam/global/hr_hr/assets/ciscoconnect/2013/pdfs/Datacenter_design_implementation_trends_a_ROI_approach_Lambros_Kostas_Business_Manager_South_East_Europe.pdf
- Marín, I. (2013). *Desarrollo de un modelo de "Footprint" de los flujos de calor sensible y radiación neta en la vegetación* . [Tesis de doctorado, Universidad Piloto de Colombia], Repositorio del colegio de postgrados . Retrieved from http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/2035/3/Marin_Sosa_MI_DC_Hidrociencias_2013.pdf
- Medina, W. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de climatización para el data center de la corporación CENACE*. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador], Repositorio Institucional UIDE. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/869>
- Muñoz, E. (2015). *Diseño de sistemas mecánicos de climatización y cámaras frías para zonas críticas en hospitales y clínicas*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede

- Cuenca], Repositorio Institucional . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10232/1/UPS-CT005381.pdf>
- Navarrete, C. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura, humedad y acceso en el data Center de la empresa Medicamenta Ecuatoriana S.A en la ciudad de Quito*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica equinoccial], Repositorio Institucional UTE. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5774/1/56658_1.pdf
- Navarro, J. (2014). *Sistemas de climatización, economía y ambiente*. [Trabajo de conferencia, Academia Panamericana de Ingeniería], Repositorio Institucional . Obtenido de http://www.academiapanamericanaingenieria.org/Organizacion/NB_2014/Trabajos/Honduras-Jorge_Gallo_Navarro-Trabajo.pdf
- Nuno, P., Rivas, J., & Ares, E. (2006). Climatización en los centros de proceso de datos. *Enfoques*, 13-21. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/28125446>
- Ortega, J., & Peña, A. (2001). *Cartas psicrométricas*. Quito: EPN.
- Pacio, G. (2014). *Data centers hoy*. Alfaomega. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=43xNDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT17&dq=Pacio,+G.+\(2014\).+Data+centers+hoy.+Alfaomega.&ots=yHHQWRnQIL&sig=z2yyFUnbgHFbA_LDF6Bb0ubyvPY#v=onepage&q=Pacio%2C%20G.%20\(2014\).%20Data%20centers%20hoy.%20Alfaomega.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=43xNDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT17&dq=Pacio,+G.+(2014).+Data+centers+hoy.+Alfaomega.&ots=yHHQWRnQIL&sig=z2yyFUnbgHFbA_LDF6Bb0ubyvPY#v=onepage&q=Pacio%2C%20G.%20(2014).%20Data%20centers%20hoy.%20Alfaomega.&f=false)
- Quadri, N. (2001). *Sistemas de aires acondicionados*. Buenos aires , Argentina: Alsina. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J-iWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA62&dq=sistemas+aire+aire&ots=n5cNphscdt&sig=YLrL_SPo4G3tO3QM3gxutXw1rBE#v=onepage&q&f=true

- Quimbita, O. (2015). *Diseño de un data center para la empresa ELIPE S.A de acuerdo a las especificaciones técnicas de la normativa TIA-942*. [tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK], Repositorio Institucional SEK. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1479/1/Diseño%20Data%20center.pdf>
- Sadhasivam, S., Nagaveni, N., & Vasanth Ram, R. (2009). *Design and Implementation of an efficient Two-level Scheduler for Cloud Computing Environment*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Vasanth-Ram-Rajarithnam-2/publication/224149006_Design_and_Implementation_of_an_Efficient_Two-Level_Scheduler_for_Cloud_Computing_Environment/links/53eed4510cf26b9b7dcddb6e/Design-and-Implementation-of-an-Efficient-Tw
- Suarez, I., Escobar, A., & Harold, V. (2019). Unidades de climatización para centros de datos. *Revisra Vinculos: Ciencia,Tecnologia y Sociedad*, 16(1), 128-147. doi:<https://doi.org/10.14483/2322939X.15273>
- Wu, K., Xiao, J., & Ni, L. M. (2012). Rethinking the architecture design of data center networks. *Frontiers of Computer Science*, 6(5), 596-603. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11704-012-1155-6>