



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del artículo
DISEÑO MECÁNICO Y LÓGICA DE CONTROL DE SISTEMAS HVAC PARA EDIFICIO ADMINISTRATIVO CON ENFOQUE EN EFICIENCIA ENERGÉTICA
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Jimmy Damián Vivanco Collaguazo
Tutor/a:
Mg. Wilmer Fabian Albarracin Guarochico

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabian Albarracin Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Diseño mecánico y lógica de control de sistemas HVAC para edificio administrativo con enfoque en eficiencia energética.**

Elaborado por: Jimmy Damian Vivanco Collaguazo, de C.I: 1724359185, estudiante de la Maestría: **ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 9 de marzo de 2024

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Jimmy Damian Vivanco Collaguazo con C.I: 1724359185, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Diseño mecánico y lógica de control de sistemas HVAC para edificio administrativo con enfoque en eficiencia energética**. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 9 de marzo de 2024

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	9
Contextualización del tema	9
Problema de investigación.....	10
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	11
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	12
1.1. Contextualización general del estado del arte	12
1.2. Proceso investigativo metodológico	14
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	15
1.1. Resumen	15
1.2. Abstract	15
1.3. Fundamentos teóricos aplicados	16
1.3.1. Consideraciones para el confort dentro de un edificio	16
1.3.2. Sistemas de climatización, ventilación mecánica y su gestión en el edificio	21
1.3.3. Proceso de diseño de sistemas HVAC	31
1.4. Desarrollo del proyecto.....	34
1.4.1. Modelado de Edificio Administrativo tipo	34
1.4.2. Dimensionamiento de sistemas HVAC.....	38
1.4.3. Diseño de sistemas HVAC	46
1.4.4. Datos eléctricos generales	64
1.4.5. Integración de sistemas HVAC a un control centralizado (BMS)	65
1.4.6. Lógica de control para sistemas HVAC con enfoque a la eficiencia energética.....	67
1.4.7. Propuesta típica de sistemas de aire acondicionado.....	72
1.5. Resultados.....	73
1.5.1. Análisis energético de sistemas HVAC propuestos	73
1.5.2. Comparativa energética sistemas HVAC propuestos vs tradicional	74
1.5.3. Presupuesto de implementación de sistemas HVAC propuestos	75
1.6. Validación de la propuesta.....	81

CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS	88

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los equipos de aire acondicionado	22
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de protocolo BACnet.....	31
Tabla 3. Número de ocupantes por piso.....	38
Tabla 4. Resumen de cálculo de cargas térmicas	43
Tabla 5. Cálculo de inyección de aire fresco	44
Tabla 6. Cálculo de caudal de extracción de baños	45
Tabla 7. Cálculo de caudal de extracción de estacionamientos	46
Tabla 8. Selección de equipos de aire acondicionado	46
Tabla 9. Cálculo de caída de presión de ventilador inyección de aire fresco	49
Tabla 10. Cálculo de caída de presión de ventilador extracción de baños.....	52
Tabla 11. Cálculo de caída de presión de ventilador extracción de estacionamientos.....	54
Tabla 12. Características de sensor de temperatura	56
Tabla 13. Características de sensor de CO2	57
Tabla 14. Características de sensor de presencia	58
Tabla 15. Características de sensor de flujo de aire	59
Tabla 16. Sensores de campo por nivel y sistema	59
Tabla 17. Resumen de cantidad de sensores de campo.....	61
Tabla 18. Especificaciones técnicas de Control Centralizado AC SMART 5	62
Tabla 19. Especificaciones técnicas de módulos de entradas y salidas.....	63
Tabla 20. Selección de módulos de expansión de entradas y salidas.....	64
Tabla 21. Datos de consumo energético de sistemas propuestos	64
Tabla 22. Datos de los validadores	81
Tabla 23. Criterios de evaluación.....	81
Tabla 24. Escala de evaluación por Mg. Daniel Montenegro	81
Tabla 25. Escala de evaluación por Ing. Gabriel Cortés	82
Tabla 26. Escala de evaluación por Ing. Rodrigo Cisneros.....	82

Índice de figuras

Figura 1. Formas de transmisión de calor.....	18
Figura 2. Aporte calorífico según actividad por persona.....	21
Figura 3. Ciclo de refrigeración de sistemas de aire acondicionado	22
Figura 4. Equipos de aire acondicionado de expansión directa comerciales	23
Figura 5. Equipo de aire acondicionado tipo paquete.....	24
Figura 6. Sistema de aire acondicionado tipo VRF.....	25
Figura 7. Ejemplos de ventiladores axiales.....	26
Figura 8. Ventiladores centrífugos.....	26
Figura 9. Ejemplos de ventiladores helicocentrífugos.....	27
Figura 10. Elementos que confirman la Unidad Manejadora de Aire	28
Figura 11. Sistema de control centralizado (BMS).....	28
Figura 12. Pirámide de automatización para la gestión del edificio administrativo	29
Figura 13. Diagrama unifilar de conexión de sistema de control centralizado	30
Figura 14. Capas del modelo OSI con su integración en la arquitectura BACnet	30
Figura 15. Diagrama de flujo de diseño mecánico de sistemas HVAC.....	32
Figura 16. Diagrama de flujo de diseño de control de sistemas HVAC.....	33
Figura 17. Modelado de edificio administrativo.....	34
Figura 18. Ubicación del edificio administrativo.....	35
Figura 19. Condiciones ambientales	35
Figura 20. Movimiento diario del sol	36
Figura 21. Orientación del edificio administrativo	37
Figura 22. Niveles del edificio administrativo.....	37
Figura 23. Datos de diseño para climatización	39
Figura 24. Selección de materiales de construcción.....	39
Figura 25. Selección de tipo de vidrio para construcción	40
Figura 26. Selección de puertas para edificio	40
Figura 27. Selección de tipo de edificio (oficinas)	41
Figura 28. Separación de áreas en planta baja o lobby	41
Figura 29. Separación de áreas en pisos tipo 1 al 9.....	42
Figura 30. Configuración parámetros de áreas para el cálculo de cargas térmicas	43
Figura 31. Esquema de distribución de los sistemas de climatización	47
Figura 32. Selección de equipos de aire acondicionado Piso 9 al 5.....	48
Figura 33. Selección de equipos de aire acondicionado Piso 4 a PB	49

Figura 34. Selección de ventilador de suministro de aire fresco	50
Figura 35. Especificaciones técnicas de ventilador de suministro de aire fresco	50
Figura 36. Clasificación de calidad de aire exterior	51
Figura 37. Aire interior en función del uso del edificio.....	51
Figura 38. Clasificación de nivel de filtrado del aire exterior para inyección	51
Figura 39. Filtros de aire en ventilación.....	52
Figura 40. Selección de ventilador de extracción de baños	53
Figura 41. Especificaciones técnicas de ventilador de extracción de baños	53
Figura 42. Selección de ventilador de extracción de estacionamientos.....	54
Figura 43. Especificaciones técnicas de ventilador de extracción de estacionamientos	55
Figura 44. Sensor de temperatura	56
Figura 45. Sensor de CO2	57
Figura 46. Sensor de presencia	58
Figura 47. Sensor de flujo de aire	59
Figura 48. Interconexión de sistemas en un control centralizado HVAC.....	61
Figura 49. Control Centralizado LG AC SMART 5	62
Figura 50. Módulos Entradas y Salidas del fabricante LG Electronics	63
Figura 51. Diagrama esquemático de integración de sistemas HVAC a BMS.....	66
Figura 52. Lógica de control de sistemas de aire acondicionado	68
Figura 53. Lógica de control para sistemas de inyección de aire fresco.....	69
Figura 54. Lógica de control de sistema de ventilación de estacionamientos	70
Figura 55. Lógica de control de sistema de ventilación de baños	71
Figura 56. Consumo energético mensual de sistemas HVAC propuestos	73
Figura 57. Costo energético mensual por operación de sistemas HVAC propuestos	74
Figura 58. Comparativa de consumo energético entre sistemas propuestos vs tradicional.....	74
Figura 59. Costo energético por sistema propuesto vs tradicional	75

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

La preocupación global por la calidad de aire interior (IAQ: Indoor Air Quality, del inglés) de edificios, oficinas y residencias ha sido incrementada exponencialmente debido a la cantidad de partículas y organismos que están presentes en este fluido. Por lo cual, las condiciones ambientales en lugares habitables son fundamentales para garantizar la salud y confort de las personas.

Los sistemas de Aire Acondicionado y Ventilación Mecánica (HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning, del inglés) desempeñan un papel crucial para controlar y mantener los parámetros ambientales como la temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono (CO₂), partículas y organismos suspendidos en el aire, que están directamente relacionados con el confort, aquel estado de ánimo que expresa satisfacción con el ambiente térmico (ASHRAE 55, 2017), y calidad de aire interior de lugares residenciales, comerciales u ocio.

Durante los últimos años, se ha generado un gran interés en enfocar todos los esfuerzos en mejorar la eficiencia energética de los sistemas HVAC. Esto se debe a la creciente conciencia ambiental y a la necesidad de moderar el consumo de energía de estos dispositivos, para reducir el impacto ambiental y los costos de operación de dichos sistemas sin alterar los beneficios de los mismos.

En la actualidad, los fabricantes de equipos HVAC incorporan tecnologías y componentes que buscan maximizar el aprovechamiento de la energía durante su operación, como son compresores y motores de velocidad variable, sensores y lógicas de control avanzado. Sin embargo, se requiere dimensionar, seleccionar, gestionar y controlar de forma adecuada todos los sistemas HVAC para obtener la optimización energética deseada.

La implementación de un sistema de gestión centralizado, permite monitorear y controlar todos los componentes del sistema HVAC desde un único punto de control. Para ello, es imprescindible hacer uso de sensores de temperatura, humedad, CO₂ y de movimiento, ya que los datos recolectados son enviados al controlador mediante un protocolo de comunicación y finalmente este ejecute la secuencia de control de los sistemas HVAC en el edificio, residencia o lugar comercial.

Problema de investigación

Debido al aumento poblacional y desarrollo mundial, la demanda de energía ha incrementado considerablemente en los últimos años. Según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019) en su artículo, *Consumo eléctrico por habitante continúa creciendo en Ecuador*, menciona que el consumo de electricidad per cápita experimentó un aumento del 2% entre 2018 y 2019, elevándose de 1.488 kWh a 1.517 kWh por habitante. Es importante mencionar que en el ámbito comercial y de servicios públicos, tanto la electricidad como el diésel fueron los recursos energéticos más demandados en 2019, con una participación del 60,2% y 31,3%, respectivamente. Por último, en el sector residencial, la principal fuente de consumo energético fue el Gas Licuado de Petróleo (GLP), contribuyendo con un 52,1% del total, seguido por la electricidad con un 37,4%.

El aumento progresivo en la demanda de energía causa que la utilización de recursos no renovables provoque un deterioro en la capa de ozono y cambios climáticos drásticos. Por tal motivo, las nuevas investigaciones se enfocan en el desarrollo de tecnologías y estrategias que permitan mejorar la eficiencia y la economía del consumo, como también se busca generar nuevas fuentes de energía como, por ejemplo: la radiación solar y energía eólica. Sin embargo, la transición a fuentes de energía renovables tomará algunos años. Es por esta razón, que mientras tanto, se debe enfocar todos los esfuerzos en priorizar la eficiencia energética para la reducción de consumo de energía.

Es importante recalcar que el cambio climático ocasiona temperaturas extremas, eventos climáticos intensos, cambios en la calidad del aire y variabilidad en la humedad, afectando negativamente el confort de las personas. Esto provoca el uso desmesurado de equipos de climatización y ventilación debido a que las estrategias de control comúnmente usadas en los sistemas HVAC son sencillas, donde el usuario manipula el funcionamiento según las necesidades que se requieren en ese momento.

En la gran mayoría de casos, los edificios son los responsables de más del 30% del consumo energético mundial, donde el 50% del total de la energía es utilizada por los sistemas HVAC (ABB, 2021). Es por ello que, es imprescindible brindar soluciones de aire acondicionado y ventilación mecánica acorde a los lineamientos y normativas vigentes para el dimensionamiento y diseño de estos sistemas junto al planteamiento de filosofías de control orientadas a la optimización y reducción de consumo energético.

Objetivo general

Diseñar sistemas HVAC y lógica de control de funcionamiento para un edificio administrativo tipo con enfoque en eficiencia energética.

Objetivos específicos

- Establecer las condiciones ambientales de confort de los ocupantes del Edificio Administrativo tipo para determinar la carga térmica y necesidades de ventilación tomando en cuenta la ubicación geográfica, cantidad de ocupantes y áreas habitables.
- Seleccionar y diseñar equipamiento de sistemas HVAC para el desarrollo de diagramas y planos de implementación de sistemas propuestos
- Diseño de lógica de control y funcionamiento de sistemas HVAC propuestos con enfoque a la eficiencia energética
- Comparar el diseño eficiente con un sistema HVAC tradicional.
- Desarrollar un presupuesto referencial de implementación del sistema HVAC propuesto.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

La implementación de un sistema HVAC eficiente en un edificio establece una conexión directa y beneficiosa con la sociedad en múltiples aspectos. Este diseño no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono y conservar recursos, sino que también genera ahorros económicos para los usuarios al disminuir los costos operativos asociados con la climatización.

La mejora en la calidad de vida es evidente a través de ambientes interiores más saludables y confortables, impactando positivamente en la salud y el bienestar de los ocupantes. Además, la eficiencia en la climatización contribuye a la productividad laboral, beneficiando tanto a las empresas como a la sociedad en general.

Este diseño eficiente asegura el cumplimiento de regulaciones ambientales y fomenta prácticas constructivas responsables, mientras impulsa la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector de la construcción y la ingeniería. En última instancia, un sistema HVAC eficiente no solo optimiza el entorno construido, sino que también aporta beneficios directos y significativos a la sociedad, promoviendo un enfoque sostenible y mejorando la calidad de vida de sus integrantes.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Es común identificar a personas que describen complicaciones de salud durante su estadía dentro de un lugar. Estas experiencias han aumentado a lo largo de la última década, donde la mayoría de los casos han sido asociados al Síndrome del Edificio Enfermo.

Cascales (2009) en su trabajo de investigación *Determinación del Síndrome del Edificio Enfermo*, asegura que el término SEE se refiere a situaciones en las cuales las personas que ocupan un edificio experimentan dificultades respiratorias, problemas de salud, absentismo y baja producción laboral. Estos síntomas o efectos son asociados a varias causas vinculadas al ambiente del edificio, abarcando aspectos físicos, químicos y microbiológicos, que, en resumen, hacen referencia a la temperatura, humedad, ventilación natural, ruido, iluminación, etc. Por ende, es importante recalcar que la mayoría de los ocupantes de estos edificios experimentan estas dificultades a lo largo de las horas de trabajo y al abandonar las instalaciones presentan una mejora de sus síntomas.

La armonización apropiada entre la estrategia de confort térmico seleccionada y la estrategia energética inherente al edificio requiere un equilibrio comprometido y la implementación eficaz de gestión. Desarrollar estrategias integradas que mejoren tanto la eficiencia energética como el confort térmico contribuye significativamente a la calidad de vida de los ocupantes en los edificios, beneficiando su salud, desempeño y productividad. Además, esto conlleva a considerables ahorros de energía y reducciones en las emisiones.

Según la normativa ASHRAE 55 (2017) en su estándar *Condiciones ambientales térmicas para ocupación humana*, considera necesario controlar los parámetros y/o variables que se interrelacionan con la comodidad de los ocupantes, como son: la temperatura, la humedad y la calidad de aire.

De acuerdo con Díaz y Barreneche (2011), las variables anteriormente mencionadas son afectadas por condiciones exteriores e interiores, las cuales se detallan a continuación:

Climáticas

- Radiación solar
- Temperaturas
- Vientos
- Humedad Atmosférica
- Nubosidad
- Precipitaciones

Edificios

- Orientación
- Distribución interior
- Materiales adecuados
- Número de ocupantes

Es por ello que, a través de los años, los seres humanos hemos desarrollado técnicas e innovaciones que logren satisfacer las necesidades del diario con el objetivo de mejorar la calidad de vida y el confort dentro de las áreas donde ejecutamos nuestras actividades.

La introducción e intervención de los sistemas HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), o traducido al español “Calentamiento, Ventilación y Aire Acondicionado”, en lugares residenciales y comerciales, han sido clave para controlar y mantener la temperatura, humedad y calidad de aire interior deseada por el usuario.

El control de la humedad relativa permite mantener el porcentaje dentro de 30% y 65%, ya que, si por algún motivo este porcentaje desciende por debajo de los límites, las vías respiratorias se secan, dando una sensación de frío. Por otro lado, si la humedad aumenta de forma desproporcionada, esta produce que se dificulte la evaporación de sudor generando una sensación de calor.

El confort de temperatura depende de las condiciones climáticas exteriores y la percepción de cada ocupante. Debido a que para cada persona la temperatura para garantizar su comodidad depende de la actividad que se realiza y la vestimenta usada. En general, se plantea que la temperatura de confort es 24,5°C y varía en un rango de 23°C y 26°C (ASHRAE 55, 2017).

Por otro lado, la calidad de aire interior se ve influenciada en primera instancia por el diseño arquitectónico (ventilación por ventanas o balcones), donde de forma natural existe un movimiento y circulación de aire adecuada en las instalaciones. Sin embargo, existen casos donde se debe hacer uso de ventilación mecánica forzada para el suministro de aire filtrado, cuando la arquitectura o diseño del edificio no permite hacerlo de forma natural.

Por tal razón, en el presente proyecto se dimensionó y diseño los sistemas HVAC para que acondicione el aire para que este se caliente, se enfríe y se renueve según la actividad y necesidad de los ocupantes, garantizando así el control del funcionamiento de los sistemas, dando como resultado un uso óptimo y eficiente de energía.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Para llevar a cabo el DISEÑO MECÁNICO Y LÓGICA DE CONTROL DE SISTEMAS HVAC DE UN EDIFICIO ADMINISTRATIVO CON ENFOQUE EN EFICIENCIA ENERGÉTICA, en primera instancia se requiere hacer uso de la investigación bibliográfica para la revisión y recopilación de conceptos, referencias, normativas y manuales de fabricantes para el planteamiento, dimensionamiento e implementación de los sistemas HVAC.

El enfoque de investigación para el presente proyecto es cuantitativo, lo que implica que el proceso de diseño se realizará de forma secuencial y lineal. Se iniciará con el modelado de un edificio administrativo, se determinará la carga térmica y requerimientos de confort de ocupantes, luego se dimensionará y seleccionará los sistemas HVAC para posteriormente proporcionar una lógica de control para el funcionamiento de estos y, finalmente, se comparará la propuesta con un caso típico real.

Por ende, no es posible eludir pasos para llegar al objetivo del proyecto.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

1.1. Resumen

El aumento en la demanda de energía a nivel global ha generado una mayor dependencia de recursos no renovables, lo que contribuye al deterioro ambiental y al cambio climático, lo cual implica enfatizar en la necesidad de concentrar los esfuerzos en el aprovechamiento de la energía.

Actualmente, los edificios representan una parte considerable del consumo energético mundial, y los sistemas HVAC son responsables de una proporción significativa de este consumo, razón por la cual en el presente proyecto se subraya la importancia de implementar soluciones eficientes que cumplan con las normativas vigentes y promuevan la eficiencia energética.

Los sistemas HVAC desempeñan un papel crucial para garantizar el confort y calidad del aire en espacios habitables, y aunque, se han implementado avances tecnológicos en componentes de equipamiento para maximizar la eficiencia energética de estos dispositivos durante su funcionamiento, es esencial monitorearlos y gestionarlos de manera adecuada para alcanzar los niveles deseados de optimización energética. Por tal motivo, en el presente proyecto se brinda una propuesta de diseño HVAC con la implementación de un control centralizado y sensores clave para esta aplicación.

a. Palabras clave:

HVAC, eficiencia energética, confort, control centralizado, carga térmica.

1.2. Abstract

The increase in global energy demand has generated a greater dependence on non-renewable resources, this adds to the deterioration of the environment and exacerbates climate change, which implies emphasizing the need to focus efforts on energy efficiency.

Buildings currently account for a considerable share of global energy consumption, and HVAC systems are responsible for a significant proportion of this consumption, which is why this project stresses the importance of implementing efficient solutions that comply with current regulations and promote energy efficiency.

HVAC systems play a crucial role in ensuring comfort and air quality in living spaces, and although technological advances in equipment components have been implemented to maximize the energy efficiency of these devices during operation, it is essential to monitor and manage them properly to achieve the desired levels of energy optimization. For this reason, this project provides an HVAC design proposal with the implementation of a centralized control and important sensors for this application.

a. Keywords

HVAC, energy efficiency, comfort, centralized control, thermal load.

1.3. Fundamentos teóricos aplicados

La propuesta de un sistema HVAC para un edificio administrativo se desarrolla de forma secuencial, iniciando con el análisis ocupacional de instalaciones, cálculos de cargas térmicas, inyección y extracción de aire según el tipo de zona, selección de equipos y sensores. Posteriormente se procede a implementar el diseño mecánico, diagrama de conexión esquemático y lógica de control para un control centralizado con el objetivo de automatizar, gestionar y monitorear, con enfoque a la eficiencia energética, el estado y funcionamiento de los dispositivos mediante el uso del protocolo de comunicación BACnet.

1.3.1. Consideraciones para el confort dentro de un edificio

Para el respectivo cálculo de condiciones óptimas de un edificio para el confort de los ocupantes, es imprescindible desarrollar los conceptos básicos para un entendimiento de los temas que serán tratados en el desarrollo del proyecto.

Calor

Se trata del intercambio de energía entre elementos que están en contacto debido a disparidades o diferencias de temperatura, de modo que, se llega a un estado de equilibrio térmico caracterizado por un valor de temperatura específico (Castelán R., Neri L., 2014).

Temperatura

Como se mencionó anteriormente, la temperatura es la variable que mide el estado del equilibrio térmico entre dos sistemas. Un claro ejemplo es cuando sentimos que hace mucho frío, significa que la temperatura del medio ambiente es baja y no queremos que el calor de nuestro cuerpo pase al exterior. La magnitud de medición para la temperatura según el Sistema Internacional de Unidades es Celsius (°C).

Calor específico

Es la energía térmica requerida para aumentar la temperatura de un kilogramo de una sustancia en un grado Kelvin (o Celsius). Se expresa en unidades de Joule por kilogramo por grado Kelvin (o en kilocalorías por kilogramo por grado Celsius) y se representa con el símbolo "Ce" (Díaz V., Barrenche R., 2011).

Calor sensible

Para cambiar la temperatura de una sustancia a presión constante, se requiere agregar o quitar una cantidad definida de energía térmica, conocida como calor sensible.

Tenemos que:

$$Q_s = C_e \times P \times (t_1 - t_2) [1]$$

Unidades

$$[Kcal] = [Kcal/Kg \times ^\circ C] \times [Kg] \times [^\circ C]$$

Donde:

Q_s = Cantidad de calor sensible agregado o sustraído a una sustancia

C_e = Es el calor específico de la sustancia

P = Es el peso de la sustancia en [Kg]

$(t_1 - t_2)$ = Salto térmico que sufre la sustancia en [$^\circ C$]

Calor latente

El calor latente es la cantidad de calor que un cuerpo absorbe o libera durante un cambio de fase del estado de la materia sin cambiar su temperatura.

Tenemos que:

$$Q_l = C_{lv} \times P \times (t_1 - t_2) [2]$$

Donde:

Q_l = Cantidad de calor sensible

C_{lv} = Calor latente según el cambio físico de la sustancia [W / kg] , [kcal / kg]

P = Peso de la sustancia en [kg]

Transmisión de calor

En síntesis, la transferencia de calor es el movimiento de calor desde una fuente con mayor temperatura hacia otra con menor temperatura, hasta que estas alcanzan un equilibrio térmico, conforme lo explica la segunda ley de la termodinámica.

Para realizar el acondicionamiento de aire, es imprescindible determinar y cuantificar el proceso de transmisión de calor que se genera desde el exterior hacia el interior del edificio.

Existen tres métodos determinados para la transmisión de calor, como son: convección, conducción y radiación.

Figura 1.

Formas de transmisión de calor



Nota. Adaptado de Transmisión de calor, por Enciclopedia Concepto 2013 (<https://concepto.de/transferencia-de-calor/>)

- Convección: Paso del calor dentro de la masa de un fluido, el cual es transportado por el movimiento hacia otras moléculas del mismo.
- Conducción: Proceso por el cual el calor se transmite a través de un medio sólido. Las partículas más calientes transfieren energía térmica a las partículas más frías mediante colisiones.
- Radiación: La transferencia de calor no requiere de un medio físico o material para propagarse desde la fuente de energía.

Principales aportes de cargas térmicas en un edificio

García (2015) afirma que “para el cálculo de cargas térmicas se requiere información detallada sobre la localización del edificio, industria o vivienda que será objeto de estudio, zona climática del sector, materiales de iluminación, ocupantes y fuentes externas de calor” (p. 25). Por ende, para obtener resultados reales y precisos es importante identificar las principales fuentes que aportan carga calorífica al proyecto, las cuales se detallan a continuación:

- Aporte calorífico por conducción en techos

Para calcular la transferencia de calor en techos expuestos a la radiación solar, se emplea la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times C_{LTD} \text{ [3]}$$

$$C_{LTDcorr} = [(C_{LTD} + LM) \times K + (78 - TR) + (T0 - 85)] \times F$$

Donde:

Q = Calor Sensible [Btu/h]

U = Coeficiente de transferencia de calor [Btu/h] x [ft²] x [°F]

A = Área útil de techo [ft²]

C_{LTD} = Carga de enfriamiento de diferencial de temperatura para techos [°F]

$C_{LTDcorr}$ = Carga de enfriamiento de diferencial de temperatura corregida

LM = Corrección mensual de latitud de techos

K = Factor de ajuste

$(78 - TR)$ = Corrección de temperatura interior [°F]

$(T0 - 85)$ = Corrección de temperatura exterior [°F]

F = Factor de ventilación

- Aporte calorífico por conducción a través de paredes

La transferencia de calor de paredes expuestas al sol, se calcula a partir de la ecuación:

$$Q = U \times A \times C_{LTD} \text{ [4]}$$

Donde:

Q = Calor Sensible [Btu/h]

U = Coeficiente de transferencia de calor [Btu/h] x [ft²] x [°F]

A = Área útil de techo [ft²]

C_{LTD} = Carga de enfriamiento de diferencial de temperatura para paredes [°F]

- Aporte calorífico por conducción y radiación por ventanas

Para este tipo de transferencia hay que tener en consideración la orientación del edificio tipo y área de vidrio usado para las ventanas. Y se calcula de la siguiente manera:

$$Q = U \times A \times C_{LTD} \text{ [5]}$$

$$Q = A \times SC \times SH_{GF} \times C_{LF} \text{ [6]}$$

Donde:

Q = Calor Sensible [Btu/h]

U = Coeficiente de transferencia de calor [Btu/h] x [ft²] x [°F]

A = Área útil de techo [ft²]

SC = Coeficiente de sombreado por combinación del tipo de vidrio y su sombreado

SH_{GF} = Ganancia máxima de calor por orientación de superficie

C_{LF} = Factor de carga de enfriamiento para vidrios

- Aporte calorífico por iluminación

Se requiere determinar la cantidad de luces, su eficiencia y sus horarios de funcionamiento para realizar el cálculo de ganancia de calor.

$$Q_s = 3,41 \times q_i \times Fa \times Fs \times C_{LF} \text{ [7]}$$

Donde:

Q_s = Carga de calor sensible (BTU/h)

3,41 = Factor de conversión de BTU/h a Watt

q_i = Potencia total en Watts de luces

Fa = Factor de uso

Fs = Valores del factor de previsión especial para luces fluorescentes

C_{LF} = Factor de carga de enfriamiento para iluminación.

- Aporte calorífico por personas

Para determinar la transferencia de calor se debe tener claro la cantidad de personas, horas de ocupación y actividades que se realizan en las instalaciones. Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_s = q_s / \text{personas} \times \# \text{de personas} \times C_{LF} \text{ [8]}$$

$$Q_l = q_l / \text{personas} \times \# \text{de personas} \text{ [9]}$$

Donde:

Q_s = Calor sensible (BTU/h)

$q_s / \text{personas}$ = Aporte de calor sensible instantánea por persona (BTU/h x persona)

C_{LF} = Factor de cálculo de calor sensible por personas

Q_l = Aporte de calor latente (BTU/h)

$q_i/\text{personas}$ = Aporte de calor instantánea por persona (BTU/h x persona)

Figura 2.

Aporte calorífico según actividad por persona

Level of Activity	Typical Application	Heat Gain / Person btuh	
		SHG (qs)	LHG (ql)
Seated at rest	Theater	245	105
Seated, light work	Office	245	155
Moderate office work	Office	250	200
Standing, walking slowly	Retail Sales	250	250
Light bench work	Factory	275	475
Dancing	Nightclub	305	545
Heavy work	Factory	580	870

Nota. Adaptado de emisión de calor por actividad, por ASHRAE Handbook, 2011 (<https://concepto.de/transferecia-de-calor/>)

Calidad de aire

Para garantizar una buena calidad de aire en el interior de áreas habitables es fundamental disponer de ventilación, sea natural o mecánica. Esto se debe a que la mayoría de las personas pasan más del 80% de su tiempo en espacios interiores.

Los principales parámetros que se debe controlar en los ambientes interiores son: Monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, humedad (moho, bacterias) y sustancias químicas (pinturas, productos de limpieza). Para ello es necesario renovar aire por ventanas, puertas o rendijas de forma natural por la diferencia de presión entre el exterior e interior. Sin embargo, en no todos los casos es posible tener este tipo de ventilación, para lo cual se debe hacer uso de ventilación mecánica o forzada mediante un ventilador con un banco de filtrado que impulse el aire para el suministro o extracción mediante los conductos instalados.

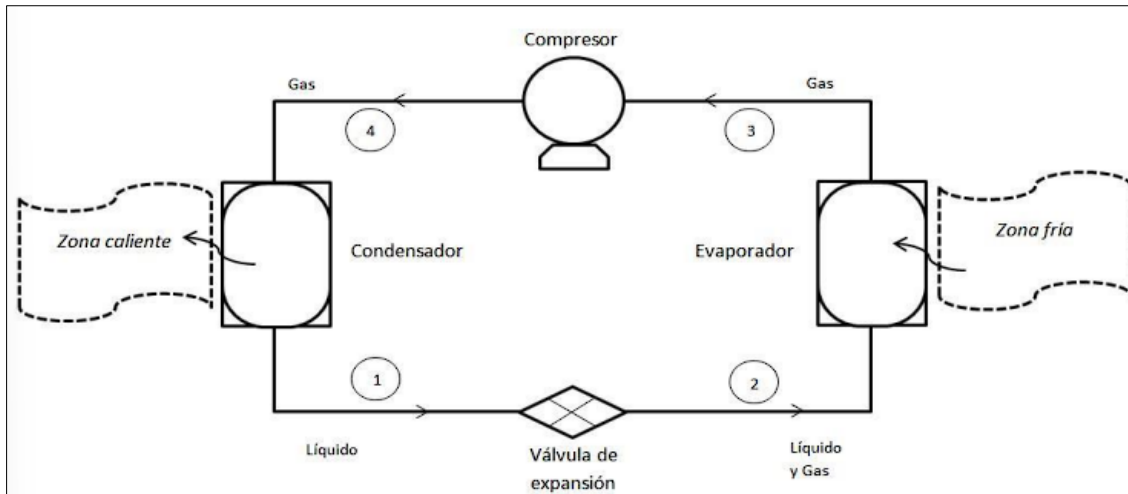
1.3.2. Sistemas de climatización, ventilación mecánica y su gestión en el edificio

Equipos de aire acondicionado

Los sistemas de acondicionamiento de aire proporcionan calentamiento o enfriamiento según se requiera mediante la aplicación de un principio llamado “ciclo de refrigeración”. En este ciclo de refrigeración circula un fluido de forma constante, en este caso gas refrigerante, que permite la transferencia efectiva de calor entre los componentes de dichos sistemas. El proceso de cambio de estado e intercambio de calor del gas refrigerante se detalla de la siguiente manera:

Figura 3.

Ciclo de refrigeración de sistemas de aire acondicionado



Fuente: Delgado, P. (2017)

El refrigerante en el estado (1) se encuentra en estado líquido con presión y temperatura considerablemente altas, pasa a través de un elemento electromecánico llamado “válvula de expansión”, la cual reduce la presión y mantiene el flujo según lo requerido, a este proceso se le conoce como **expansión**. A continuación, el refrigerante en estado líquido y gaseoso circula dentro de un circuito de tuberías dentro del **evaporador** (2), donde absorbe energía en forma de calor del ambiente y transforma su estado de líquido a gaseoso, originando una zona fría.

Posteriormente, el gas refrigerante en estado de gas con baja presión y temperatura (3), es succionado por el compresor para ser **comprimido** (aumenta su temperatura), para ser llevado hacia el elemento llamado **condensador**, donde el gas refrigerante en estado gaseoso (4) sufre el último cambio de estado del ciclo de refrigeración, pasando a líquido mediante el intercambio de energía, donde el fluido cede calor hacia el exterior y regresa a su estado inicial (1).

Tipos de equipos de aire acondicionado

Los equipos de aire acondicionado se pueden clasificar de forma general según el medio de absorción y disipación de energía.

Tabla 1.

Clasificación de los equipos de aire acondicionado

Medio	Funcionamiento
Aire - Aire	Usa el aire para transportar el calor y el frío

Aire - Agua	El aire es encargado de absorber el calor y el agua de disipar
Agua - Agua	Usa el agua como principal fluido para mover el calor como el frío
Agua - Aire	El agua absorbe el calor y el aire se encarga de disiparlo

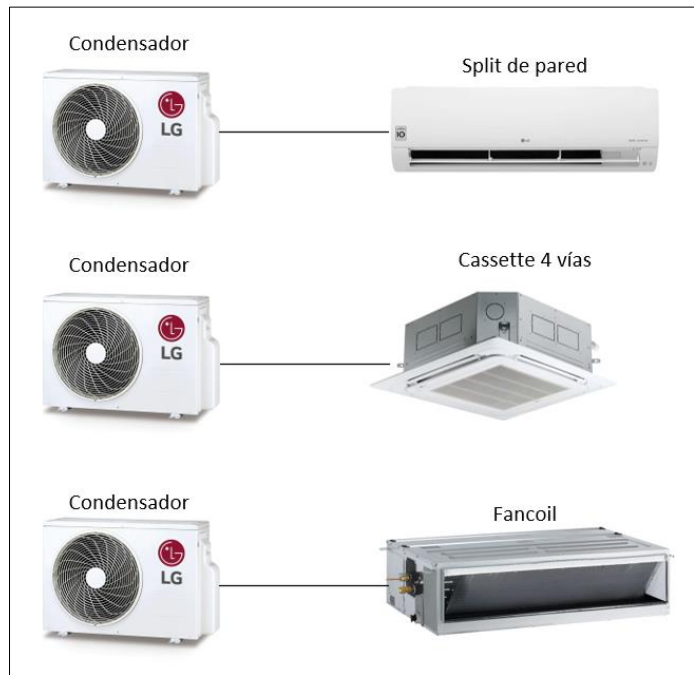
Para el presente caso de estudio, se hará énfasis en los equipos de aire acondicionado Aire-Aire, donde existe una gran variedad de equipos que operan con este principio y se los puede categorizar de la siguiente forma:

- Aire acondicionado de Expansión directa

Son equipos que requieren de una unidad interna y externa (evaporador y condensador), su funcionamiento depende una de la otra. Son los más comerciales y comunes para aplicaciones residenciales.

Figura 4.

Equipos de aire acondicionado de expansión directa comerciales

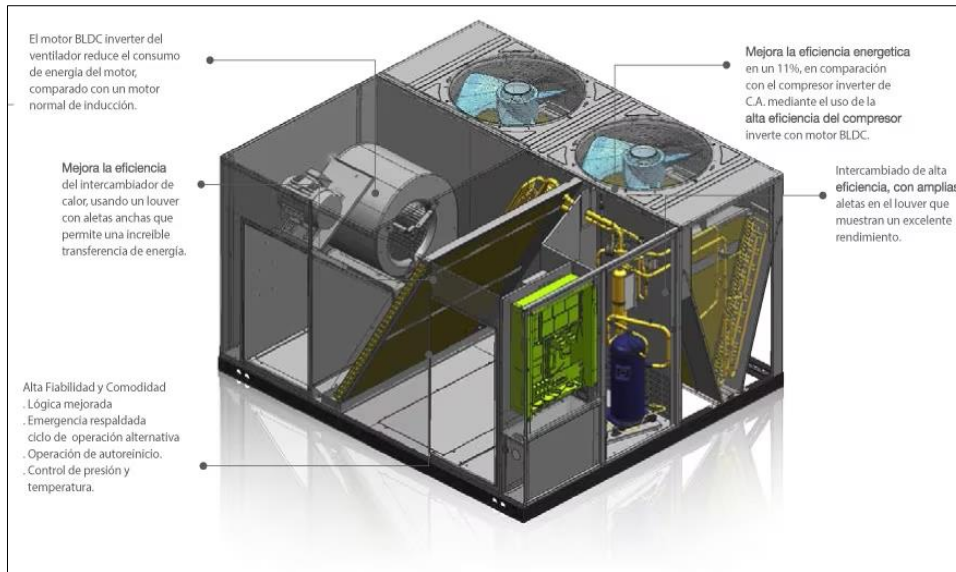


- Aire acondicionado compacto

Son equipos con elementos para realizar el ciclo de refrigeración en una sola carcasa, es decir, no requiere otra unidad para su funcionamiento. El suministro y retorno de aire acondicionado se realiza conductos aislados térmicamente instalados dentro del recinto a climatizar.

Figura 5.

Equipo de aire acondicionado tipo paquete



Nota. Adaptado de equipo paquete, por LG México, s.f., (<https://www.climasmonterrey.com/paquete-de-12-5-toneladas-inverter-lg-solo-frio-21-er-220-3-60-ak-q150bc00-13947/>)

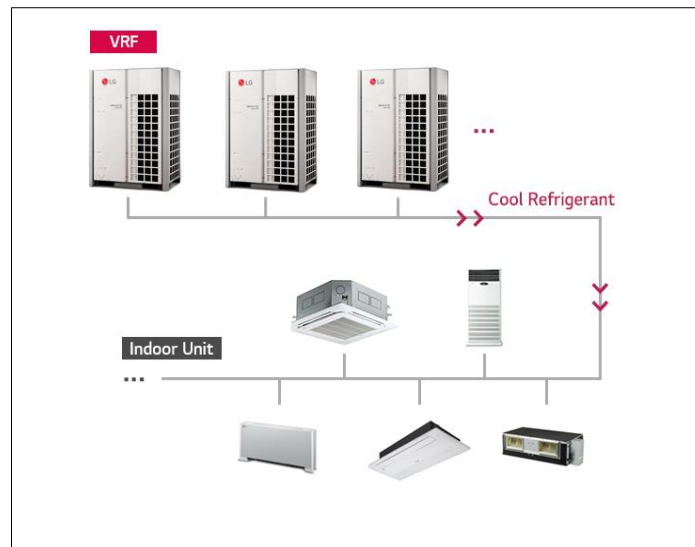
- Aire acondicionado de Flujo de Refrigerante Variable (VRF)

A diferencia de los sistemas anteriormente descritos, los sistemas de flujo de refrigerante variable o por sus siglas VRF (Variable Refrigerant Flow, por sus siglas en inglés) dispone de una sola unidad exterior que usa el aire del exterior para realizar la condensación del líquido del refrigerante y distribuirlo a varias unidades interiores (evaporadoras).

El flujo de refrigerante es controlado por válvulas electrónicas de expansión o EEV (Electronic Expansion Valve, en inglés), según la cantidad de gas que demanda la unidad interior. La ventaja principal de los sistemas VRF es que permite conectar varias unidades evaporadoras de diferente capacidad de enfriamiento/calefacción y funcionan de forma independiente una de otra, lo cual conlleva un ahorro de energía durante su operación. Por ende, este sistema de aire acondicionado es el seleccionado para el presente caso de estudio.

Figura 6.

Sistema de aire acondicionado tipo VRF



Nota. Adaptado de Sistemas VRF, por LG, s.f., (<https://www.lghvacstory.com/vrf/>)

Ventilación mecánica

La ventilación mecánica o forzada consiste en emplear equipamiento electromecánico para cumplir la función de inyectar y/o extraer aire de una zona en específico (Ochoa, 2020). Estos dispositivos conocidos como ventiladores o máquinas rotativas pueden movilizar cantidades de aire por conductos donde hay una determinada presión, que es necesaria vencer para que se produzca la circulación.

Existen diversos tipos de ventiladores que se emplean según la necesidad de ventilación y/o tipo de aplicación.

Tipos de ventiladores

- **Axiales**

Diseñados para crear movimiento de una dirección paralela al eje sobre el que giran sus aspas. Estos equipos son eficientes para distribuir o crear movimiento de grandes volúmenes de aire, pero con la restricción de que solo lo realizan a baja presión.

Figura 7.

Ejemplos de ventiladores axiales



Nota. Adaptado de Ventiladores axiales, por Ziehl-Abegg, 2024, (<https://www.ziehl-abegg.com/es/productos/ventiladores-axiales>)

- **Centrífugos**

A diferencia de los ventiladores axiales, los ventiladores centrífugos están diseñados para impulsar el aire de forma perpendicular al eje de la turbina o rodete, por ende, generan una presión estática mucho más alta, lo que les permite ser ideales para aplicaciones en la que se tiene una mayor resistencia al flujo de aire. Debido a sus prestaciones son los más usados en la industria como en sistemas HVAC, extracción de humos y equipos de refrigeración (Soler&Palau, 2017).

Figura 8.

Ventiladores centrífugos



Nota. Adaptado de Ventiladores centrífugos, por Soler&Palau, 2017, (<https://www.solerpalau.com/es-es/ventiladores-centrifugos/>)

- **Helicocentrífugos**

Ventiladores que combinan las características de los ventiladores axiales, mover grandes volúmenes de aire, y centrífugos, generación de presión estática para vencer la resistencia al movimiento del flujo de aire.

Estos dispositivos cuentan con álabes curvadas hacia atrás, lo cual permite que el flujo de aire circule de forma eficiente con altas presiones en su salida. Por lo tanto, los convierte en equipamiento versátil y eficiente para una amplia gama de aplicaciones.

Figura 9.

Ejemplos de ventiladores helicocentrífugos



Nota. Adaptado de Ventiladores helicocentrífugos, por Soler&Palau, 2023, (<https://www.solerpalau.com/es-es/ventiladores-helicocentrifugos/>)

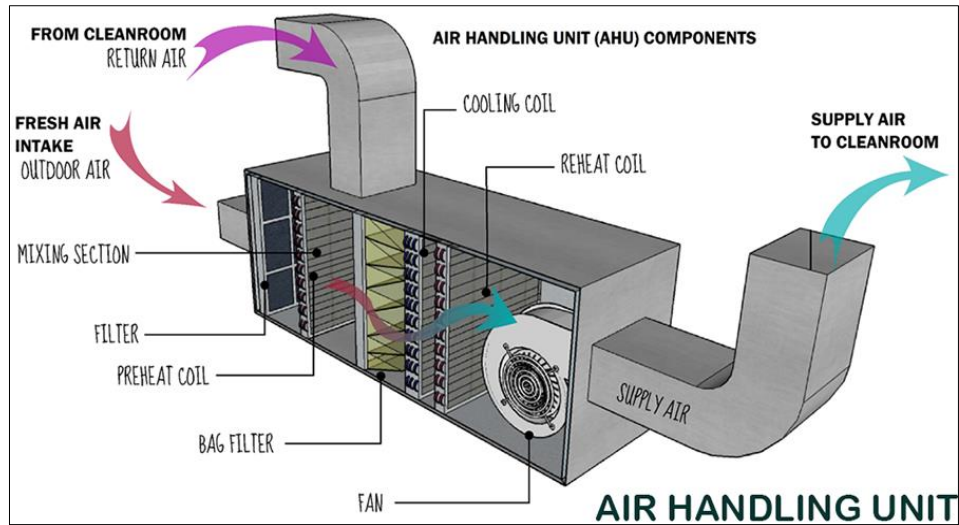
Unidades Manejadoras de Aire (UMA)

Las unidades manejadoras de aire (UMA) o AHU (Air Handler Unit, por sus siglas en inglés), son equipamientos que reúnen las características de los equipos de aire acondicionado y ventilación mecánica según la necesidad de aplicación. Su principal objetivo es proveer caudal de aire filtrado (sea a temperatura ambiente o acondicionado) para ser distribuido a las áreas o espacios.

“UMAS están conformadas por un gabinete metálico con paredes aisladas térmicamente y en cuyo interior encontramos elementos de filtrado de aire, serpentines de enfriamiento o calefacción (si la aplicación lo requiere) y un ventilador centrífugo para la impulsión del aire tratado” (Calmet et al., 2021, p. 26).

Figura 10.

Elementos que confirman la Unidad Manejadora de Aire



Nota. Adaptado de Air Handling Unit, por CIQA, s.f., CIQA (<https://ciqa.net/what-is-air-handling-unit/>)

Gestión de sistemas HVAC en edificios

El sistema de control centralizado o Building Management System (BMS, por sus siglas en inglés), es una práctica de gestión de los sistemas implementados en un edificio para obtener servicios confiables y eficientes energéticamente mediante el monitoreo, control y toma de decisiones en tiempo real desde un solo punto de control en el edificio.

Figura 11.

Sistema de control centralizado (BMS)

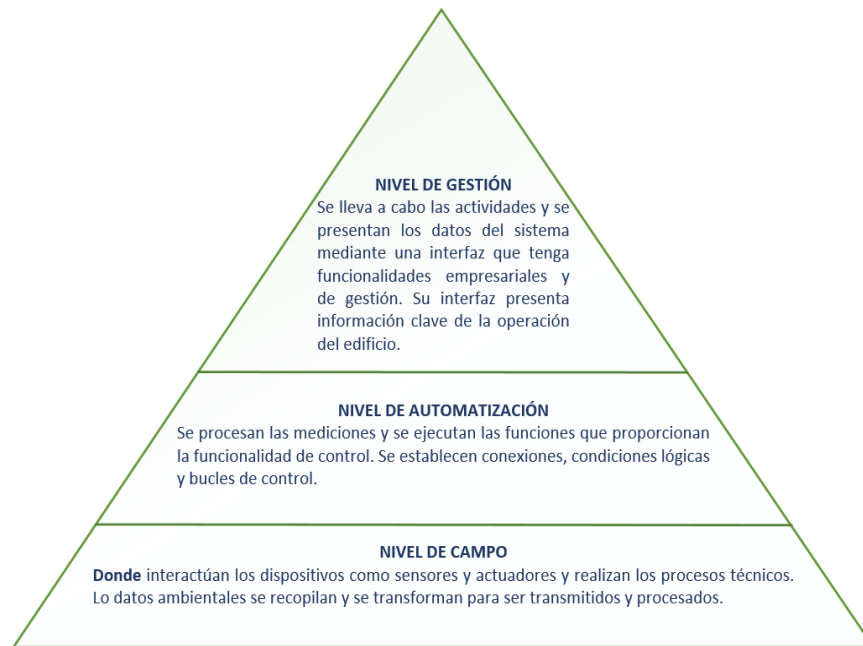


Nota. Adaptado de Control centralizado de edificios, por BAS Ingenieros, s.f., BAS Ingenieros (<https://bas-ingenieros.cl/soluciones/control-centralizado-de-edificios-bms/>).

La arquitectura de un control centralizado de un edificio se conforma de tres niveles según la pirámide de automatización:

Figura 12.

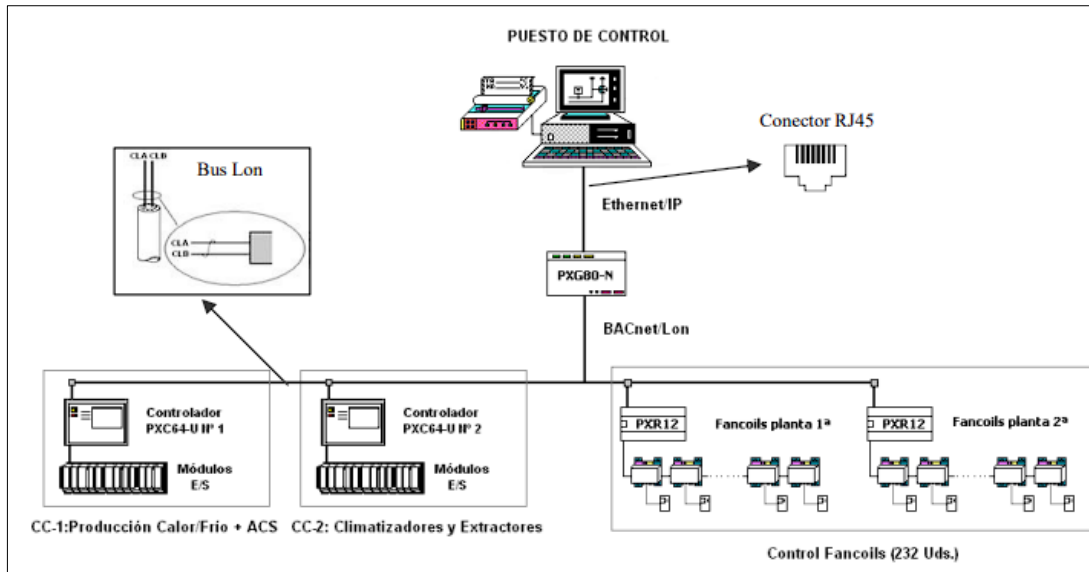
Pirámide de automatización para la gestión del edificio administrativo



Para llevar a cabo la comunicación entre los niveles anteriormente mencionados, se requiere de un protocolo de comunicación enfocado a la automatización de edificios. Los protocolos de comunicación son reglas que exigen a los dispositivos conectados a cumplir cuando estos se encuentren conectados a la red y puedan comunicarse (Abdelouahab O., 2022, p. 7).

Figura 13.

Diagrama unifilar de conexión de sistema de control centralizado



Nota. Adaptado de *Arquitectura del sistema de gestión centralizado* (p. 91), por Bermejo L., 2011, *Sistema de gestión centralizado para el control de la climatización de un edificio*.

Según BACnet International (2024), BACnet (Building Automation and Control Network) es un protocolo para la comunicación de datos para sistemas de automatización y control en edificios más usado a nivel global. Se enfoca en ofrecer una red que promueva la interoperabilidad entre una amplia gama de equipos y dispositivos de control, facilitando sus aplicaciones y su integración. Este estándar se implementa por su contribución a la eficiencia y funcionalidad de los sistemas integrados en él.

La arquitectura del estándar BACnet se enfoca en la capa de enlace de datos, física, de red y aplicación del modelo OSI, como se detalla a continuación:

Figura 14.

Capas del modelo OSI con su integración en la arquitectura BACnet

BACnet Layers							Equivalent OSI Layers
BACnet Application Layer							Application
BACnet Network Layer							Network
ISO 8802-2 (IEEE 802.3) Type 1	MS/TP	PTP	LonTalk	BVLL (Annex J)	BVLL (Annex U)	BZLL	Data Link
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA-485		EIA-232	IPv4	IPv6	Zigbee

Nota. Adaptado de Arquitectura del protocolo BACnet correspondiente con las capas del modelo OSI (p. 11), por Abdelouahab O., 2022, Uso de tecnologías IoT y protocolos BACnet para monitorización y control de climatización.

Es importante recalcar que en la capa física y enlace el protocolo BACnet/IP usa tecnología TCP/IP y por otro lado BACnet/MSTP usa el medio físico RS-485 y BACnet/Ethernet.

A continuación, se presenta un análisis de ventajas y desventajas del uso de BACnet para el presente caso de estudio:

Tabla 2.

Ventajas y desventajas del uso de protocolo BACnet

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Es un sistema robusto que soporta varios tipos de LAN - La instalación puede ser escalable, es decir, con posibilidad de ampliar la integración de nuevos dispositivos - Es independiente de la topología de red - Protocolo de comunicación libre - Se puede transmitir variedad de tipo de datos para su análisis - Se permite implementar productos de distintos fabricantes 	<ul style="list-style-type: none"> - La infraestructura al ser Ethernet eleva su costo de instalación - El almacenamiento en memoria debe ser superior a otros protocolos - La seguridad que se desarrolla en los nuevos estándares no se puede integrar en todos los dispositivos

Para el desarrollo del presente caso de estudio, se enfocó en describir la conexión e integración de sensores, equipos y dispositivos de sistemas HVAC al control centralizado mediante el protocolo de comunicación BACnet IP por ser uno de los más usados en el mercado y por ser considerado el más completo para este tipo de aplicación.

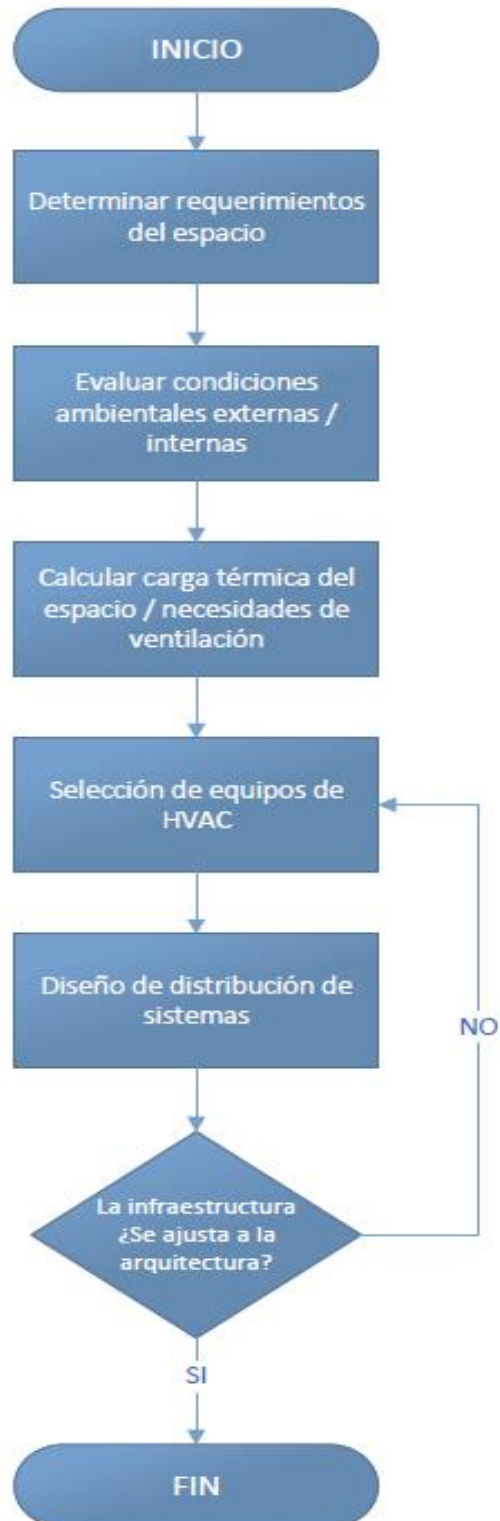
1.3.3. Proceso de diseño de sistemas HVAC

A continuación, se detalla en diagramas de flujo, el proceso de diseño de los sistemas que serán dimensionados para el edificio administrativo:

Aire Acondicionado y Ventilación Mecánica

Figura 15.

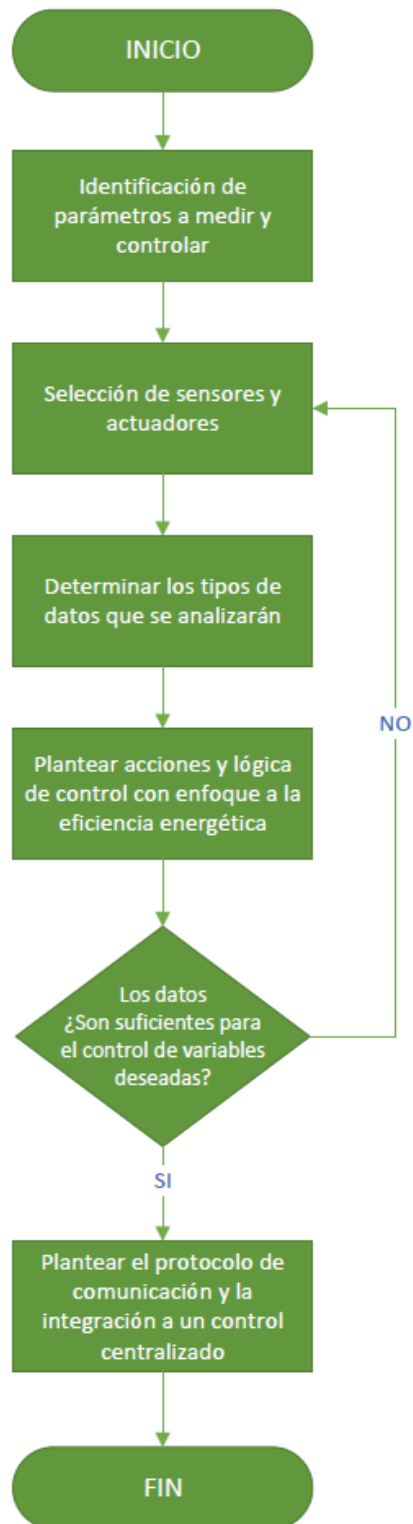
Diagrama de flujo de diseño mecánico de sistemas HVAC



Control de sistemas HVAC

Figura 16.

Diagrama de flujo de diseño de control de sistemas HVAC



1.4. Desarrollo del proyecto

1.4.1. Modelado de Edificio Administrativo tipo

Para el desarrollo del presente caso de estudio, se tomó como referencia un diseño de edificio administrativo elaborado por autoría propia.

El modelo de edificio administrativo fue elaborado en la herramienta de AUTODESK REVIT 2021 con licencia estudiantil.

Para el análisis y cálculos de cargas térmicas se hizo uso de la herramienta CYPE MEP con licencia estudiantil.

Modelo 3D

Figura 17.

Modelado de edificio administrativo

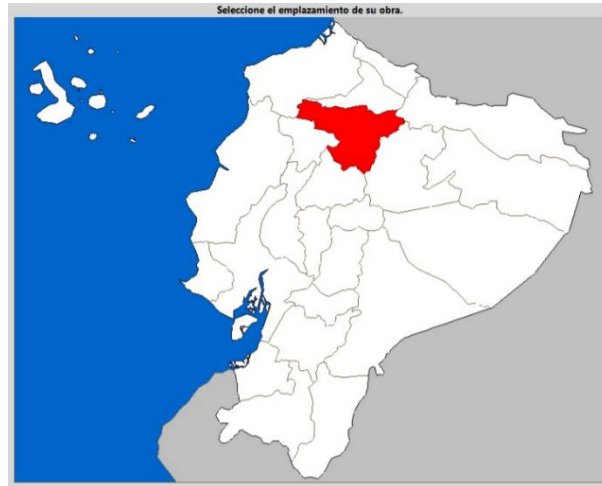


Ubicación geográfica y condiciones ambientales

El edificio administrativo está ubicado en Quito, provincia Pichincha, Ecuador.

Figura 18.

Ubicación del edificio administrativo



Fuente: Elaboración propia – CYPE MEP

Las condiciones ambientales para la ciudad de Quito fueron tomadas de la normativa ASHRAE 169-2020 y aplicados en el software CYPE-MEP.

Figura 19.

Condiciones ambientales

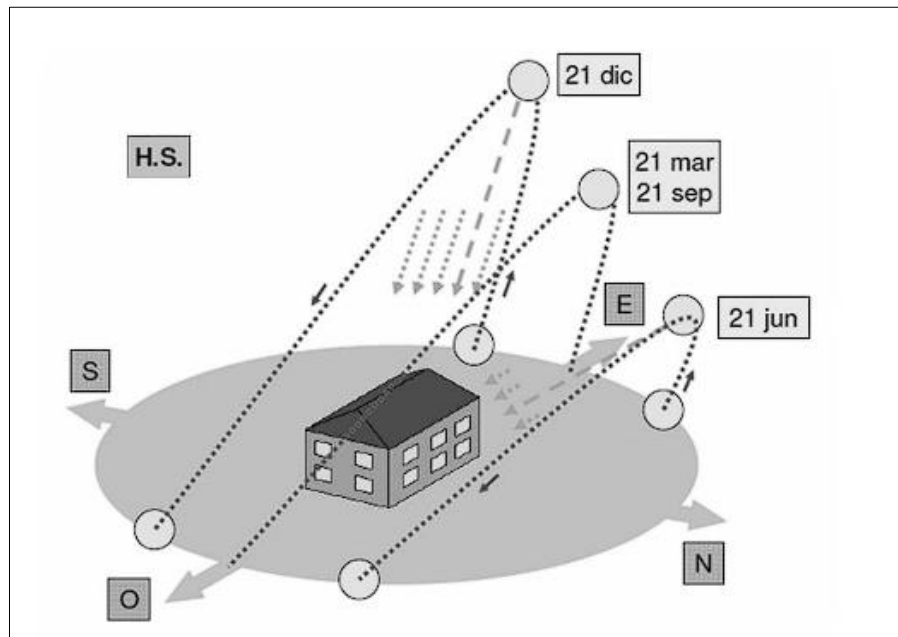
Cálculo de cargas	
<input checked="" type="radio"/> Climatización	<input type="radio"/> Refrigeración <input type="radio"/> Calefacción
Método de cálculo para cargas de calefacción	
<input checked="" type="radio"/> Clásico	<input type="radio"/> Norma EN 12831
Condiciones climáticas	
<input checked="" type="radio"/> Predefinidas	<input type="radio"/> De usuario
Emplazamiento	Quito
Altitud	2812.0 m
Latitud (N)	-0.13 grados
Longitud (E)	-78.50 grados
Temperatura seca verano	21.10 °C
Temperatura húmeda verano	12.20 °C
Oscilación media diaria	10.20 °C
Oscilación media anual	15.00 °C
Temperatura seca en invierno	7.80 °C
Humedad relativa en invierno	80.0 %
Temperatura mínima histórica	-0.20 °C
Temperatura mínima del terreno	13.00 °C
Temperatura no perturbada del terreno	14.50 °C
Temperatura del agua fría de red	
Velocidad del viento	3.90 m/s
Datos del emplazamiento	

Orientación

Una orientación adecuada de un edificio puede maximizar la eficiencia energética según los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) debido a la ganancia o pérdida de calor a través de ventanas y superficies expuestas al sol.

Figura 20.

Movimiento diario del sol

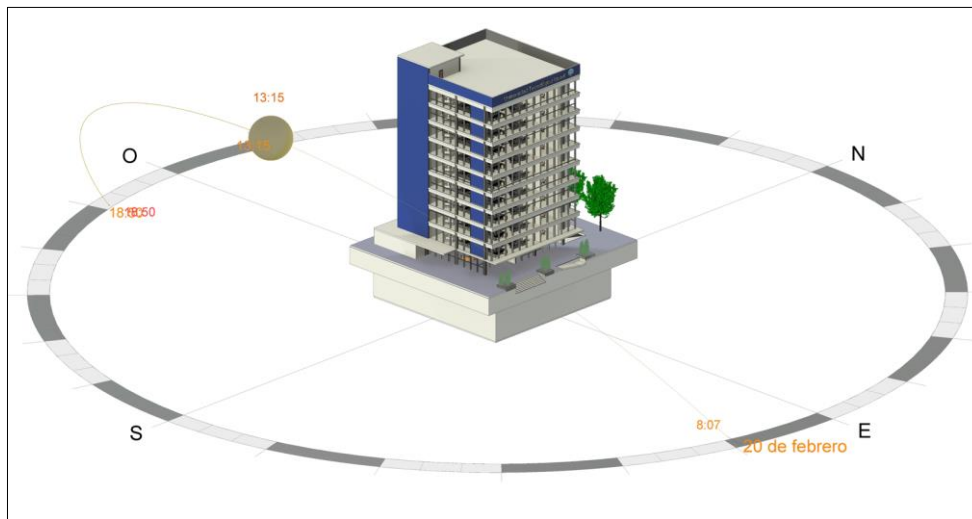


Nota. Adaptado de Forma y orientación del edificio (p. 15), por Barreneche R., 2011, Acondicionamiento térmico de los edificios.

Con el objetivo de tener un escenario extremo para el presente caso de estudio, se planteó ubicar la fachada frontal del edificio en sentido Este, como se muestra a continuación:

Figura 21.

Orientación del edificio administrativo



Arquitectura y aforo del edificio administrativo

El edificio administrativo está conformado de la siguiente manera:

Nivel -1, -2, -3: Estacionamientos para vehículos

Nivel 0: Planta Baja o Lobby

Nivel 1 al 9: Áreas de oficinas

Nivel 10: Terraza

Nivel 11: Tapa grada

Figura 22.

Niveles del edificio administrativo

Grupo	Altura	Editar	Insertar	Borrar
Nivel +11				
Nivel +10	3.60 m			
Nivel +9	3.60 m			
Nivel +8	3.60 m			
Nivel +7	3.60 m			
Nivel +6	3.60 m			
Nivel +5	3.60 m			
Nivel +4	3.60 m			
Nivel +3	3.60 m			
Nivel +2	3.60 m			
Nivel +1	3.60 m			
Nivel +0.00	3.60 m			
Nivel -1	3.60 m			
Nivel -2	3.60 m			
Nivel -3	3.60 m			

Nivel +11	39,60 m
Nivel +10	36,00 m
Nivel +9	32,40 m
Nivel +8	28,80 m
Nivel +7	25,20 m
Nivel +6	21,60 m
Nivel +5	18,00 m
Nivel +4	14,40 m
Nivel +3	10,80 m
Nivel +2	7,20 m
Nivel +1	3,60 m
Nivel +0.00	0,00 m
Nivel -1	-3,60 m
Nivel -2	-7,20 m
Nivel -3	-10,80 m

El edificio contará con el siguiente aforo para el personal que realizará sus actividades.

Tabla 3.

Número de ocupantes por piso

Nivel	Área	Número ocupantes
0	Planta Baja	50
1	Piso 1	74
2	Piso 2	74
3	Piso3	74
4	Piso 4	74
5	Piso 5	74
6	Piso 6	74
7	Piso 7	74
8	Piso 8	74
9	Piso 9	74

1.4.2. Dimensionamiento de sistemas HVAC

1.4.2.1. Aire Acondicionado

Software CYPE MEP

Es una aplicación utilizada para diseñar y calcular la estructura, distribución y sistemas (para el presente caso de estudio, sistemas HVAC) de un edificio mediante un modelo tridimensional que incluye todos sus componentes. Esta herramienta permite integrar en un único modelo todas las instalaciones necesarias para diferentes tipos de edificaciones, como viviendas, oficinas, hospitales, escuelas, locales comerciales y residenciales, entre otros.

Cálculo de cargas térmicas

El modelo del edificio administrativo fue cargado al software CYPE-MEP para proceder con el cálculo de cargas térmicas.

Inicialmente se configura las temperatura y humedad relativa de confort especificadas en la normativa ASHRAE 55 (2017), como se detalla en la siguiente figura:

Figura 23.

Datos de diseño para climatización

Parámetros para el estudio térmico	
Habitable	
Parámetros para el estudio climático	
Climatizado	
Condiciones interiores	
Temperaturadeverano:	25.00 °C
Humedadrelativadeverano:	50.00 %
Temperaturadeinvierno:	21.00 °C
Humedadrelativadeinvierno:	30.00 %
Ocupación	
Superficieporpersona:	2.00m ² , Por persona
Iluminación	
Potenciainstaladadeiluminaciónporsuperficie:	58.01Btu/(h·m ²)
Instalaciones	
Potenciasensible:	37.53Btu/(h·m ²)
Ventilación	
Categoría de la calidad de aire interior:	IDA 2 Aire de buena calidad

Luego, se seleccionan materiales típicos de construcción, ya que influyen directamente en el cálculo de cargas térmicas del edificio.

Figura 24.

Selección de materiales de construcción

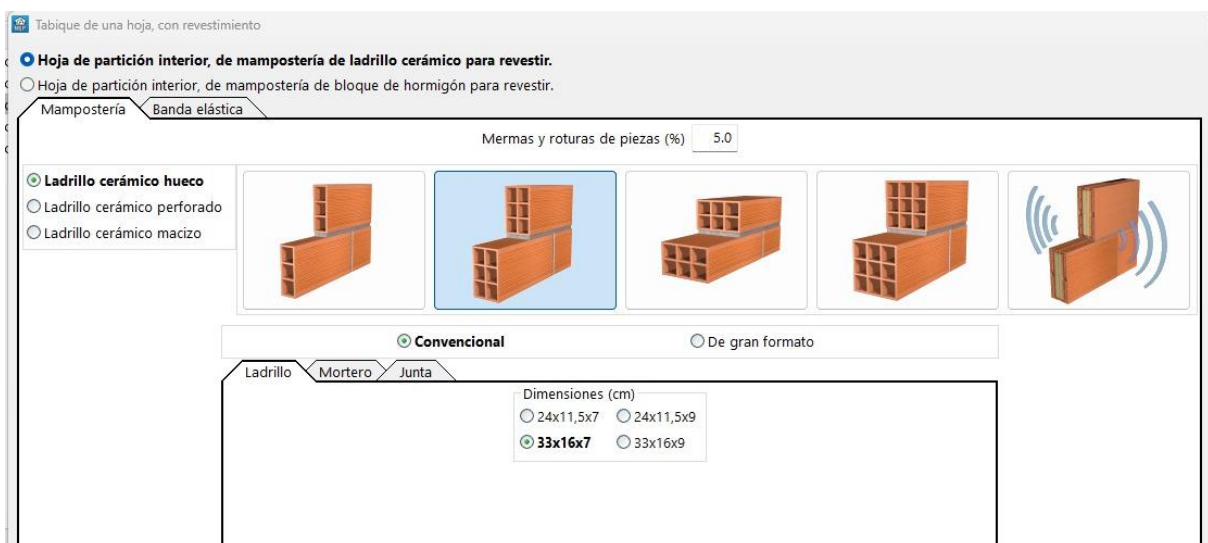


Figura 25.

Selección de tipo de vidrio para construcción

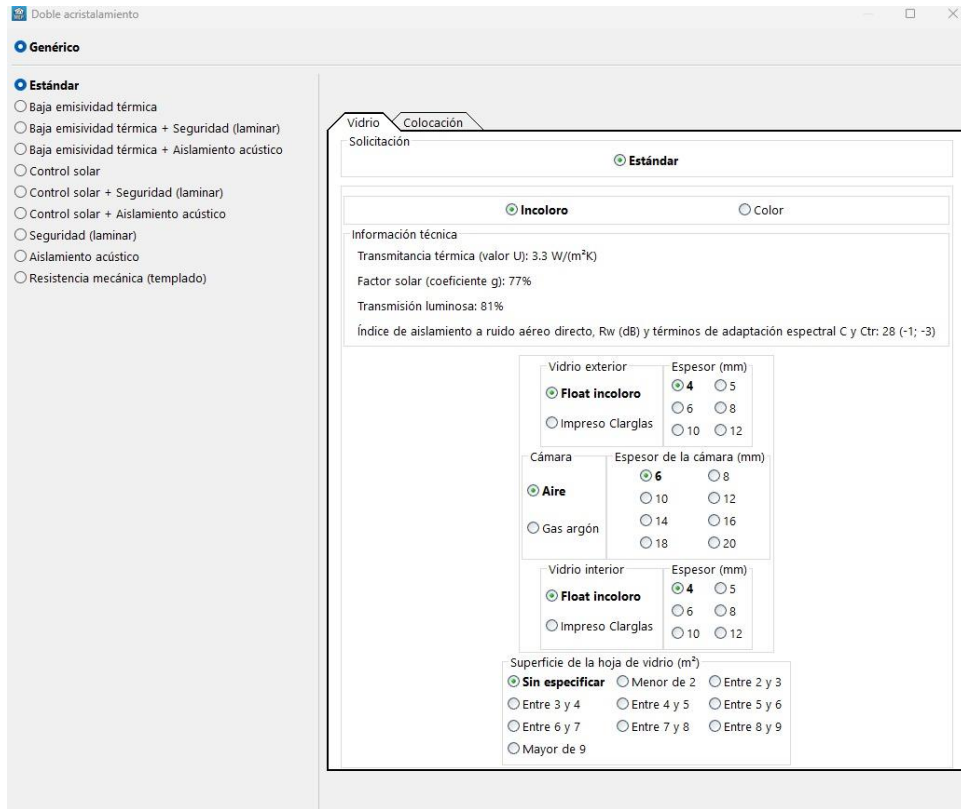


Figura 26.

Selección de puertas para edificio

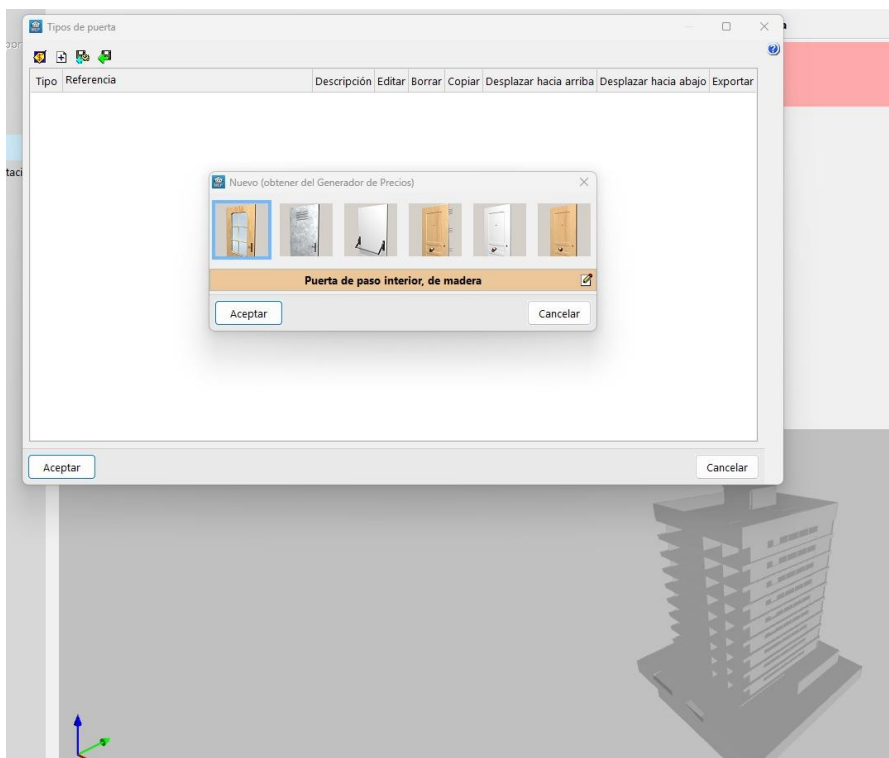
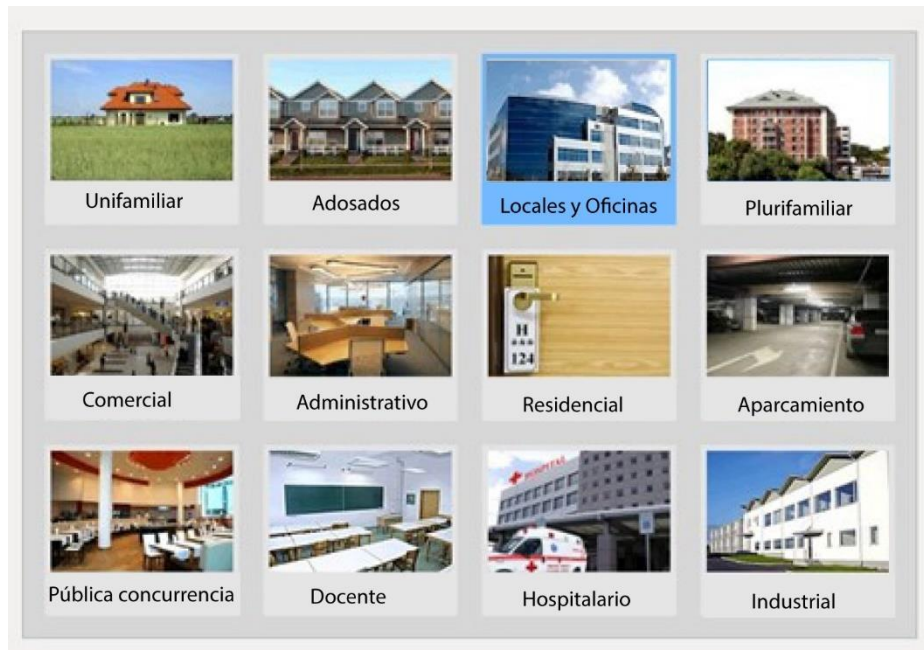


Figura 27.

Selección de tipo de edificio (oficinas)



Después, se separan los recintos de cada nivel para determinar tipo de ocupación y número de ocupantes.

Figura 28.

Separación de áreas en planta baja o lobby

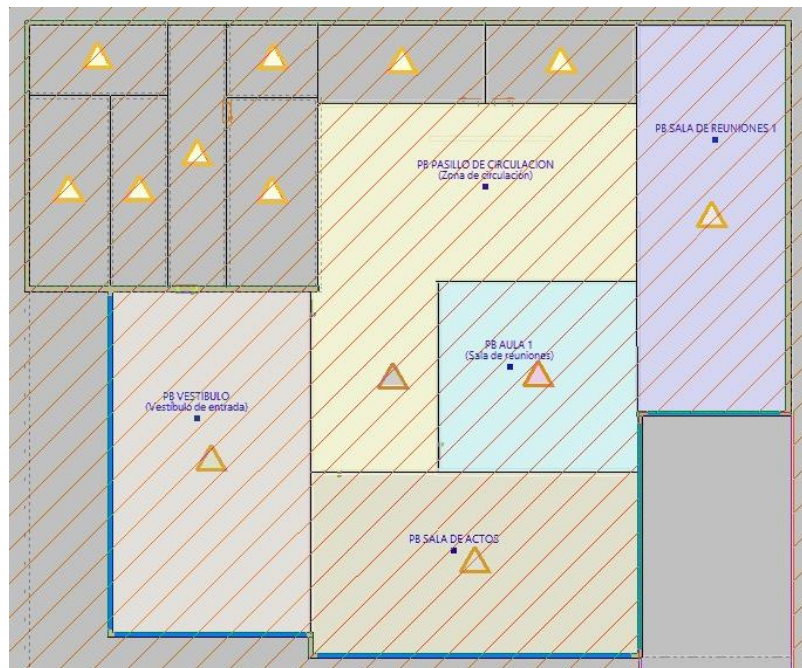
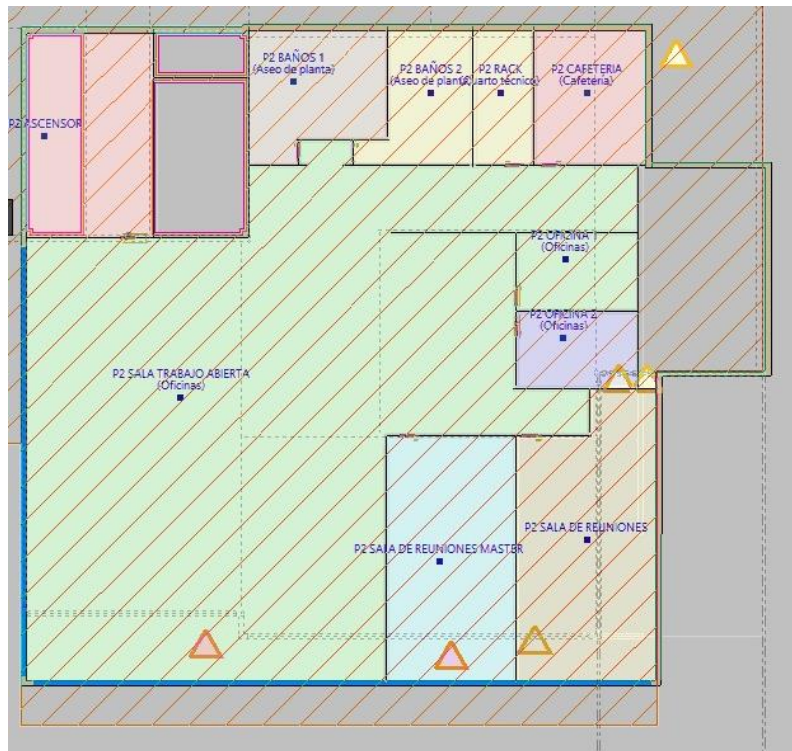


Figura 29.

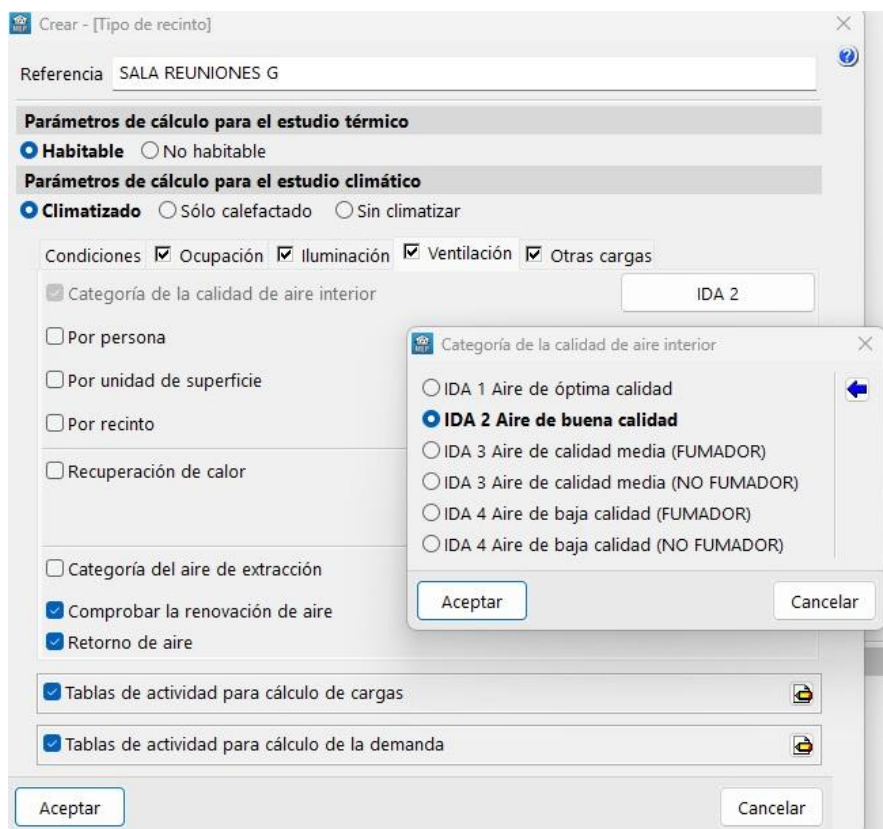
Separación de áreas en pisos tipo 1 al 9



Posteriormente, se establece el tipo de ocupación, iluminación, ventilación y número de personas que harán uso de cada área. A continuación, se muestra un ejemplo de la configuración realizada.

Figura 30.

Configuración parámetros de áreas para el cálculo de cargas térmicas



Finalmente, se obtienen los datos de cargas térmicas dadas por el software CYPE-MEP en el siguiente resumen:

Tabla 4.

Resumen de cálculo de cargas térmicas

Nivel	Capacidad total (BTU/h)
Planta Baja	141.505
Piso 1	168.895
Piso 2	168.895
Piso 3	168.895
Piso 4	168.895
Piso 5	168.895
Piso 6	168.895
Piso 7	168.895
Piso 8	168.895
Piso 9	168.895

1.4.2.2. Ventilación Mecánica

ASHRAE 62.1, (2019) en su estándar “Indoor Air Quality” establece tasas mínimas de extracción y suministro de aire fresco por área cuadrada en función del tipo de espacio que se desea mantener una calidad de aire interior aceptable. Estas tasas aseguran un volumen de aire a extraer o renovarse remueve contaminantes y olores no deseados, dando lugar a una calidad del aire dentro de los rangos establecidos por las normativas.

Inyección de aire fresco en oficinas

ASHRAE 62.1, (2019), establece que para garantizar el aire fresco es necesaria la inyección de 7 CFM por persona y 0,06 CFM por ft² de área habitable. A continuación, se realiza el cálculo de caudal de aire fresco que debe ser inyectado al edificio.

Tabla 5.

Cálculo de inyección de aire fresco

SECTOR	AREA		OCUPANTES	DENSIDAD DE OCUPACION	VOLUMEN DE AIRE FRESCO	
	m ²	ft ²			personas	m ² /persona
			cfm	cfm		
PLANTA BAJA	514,12	5.531,11	50	10,28	681,87	700
PISO 1	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 2	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 3	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 4	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 5	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 6	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 7	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 8	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
PISO 9	435,98	4.690,45	74	5,89	799,43	800
TOTAL VOLUMEN DE AIRE FRESCO REQUERIDO						7900,00

Baños

El sistema de ventilación mecánica para la extracción de aire en baños públicos o privados es fundamental para mitigar la presencia de malos olores, humedad y hongos que se puede generar en esta zona de mayor afluencia de ocupantes durante varios periodos del día.

ASHRAE 62.1, (2019) en su estándar “Indoor Air Quality” en la tabla 6-2 “Tasas mínimas de extracción”, especifica que se requiere un caudal mínimo de extracción de baños es de 25-70 CFM por sanitario.

Tabla 6.

Cálculo de caudal de extracción de baños

SECTOR	# DE BAÑOS	TASA MINIMA EXTRACCIÓN (CFM)	CAUDAL DE AIRE EXTRACCIÓN
			REQUERIDO
Planta Baja	11	100	1100
Piso 1	8	100	800
Piso 2	8	100	800
Piso 3	8	100	800
Piso 4	8	100	800
Piso 5	8	100	800
Piso 6	8	100	800
Piso 7	8	100	800
Piso 8	8	100	800
Piso 9	8	100	800
		TOTAL CFM	8300

Estacionamientos

El propósito del sistema de ventilación en estacionamientos es eliminar los gases nocivos de escape emitidos por los vehículos en espacios cerrados y disminuir el peligro de intoxicación. Según Soler&Palau, (s.f.) en su artículo web “Efectos del CO2 en la contaminación del aire interior y en la salud”, menciona que se identifica el aire de mala calidad a partir de 1200 ppm (partes por millón) y un automóvil puede llegar a emanar hasta 30.000 ppm de CO2. Por esa razón, existen regulaciones que requieren que las concentraciones de contaminantes de estacionamientos no superen los 800 ppm.

ASHRAE 62.1, (2019) en su estándar “Indoor Air Quality” en la tabla 6-2 “Tasas mínimas de extracción”, especifica que se requiere un caudal mínimo de extracción de 0,75 CFM / ft2 para estacionamientos.

Tabla 7.

Cálculo de caudal de extracción de estacionamientos

SECTOR	AREA		TASA MINIMA EXTRACCIÓN	CAUDAL DE AIRE EXTRACCIÓN	
	m2	ft2		REQUERIDO	DISEÑO
Subsuelo 1	790,00	8503,56	0,75	6377,67	6400
Subsuelo 2	790,00	8503,56	0,75	6377,67	6400
Subsuelo 3	790,00	8503,56	0,75	6377,67	6400
				TOTAL CFM	19200

1.4.3. Diseño de sistemas HVAC

1.4.3.1. Aire Acondicionado

Una vez determinadas las cargas térmicas del edificio se procedió a determinar el tipo de equipos de aire acondicionado a utilizar en el presente caso de estudio según la capacidad comercial requerida para cada área.

La marca LG Electronics, de origen coreano, es uno de los principales fabricantes e innovadores en tecnología de climatización con sus sistemas de Flujo de Refrigerante Variable (VRF) Multi V 5, los cuales fueron seleccionados debido a la facilidad, bajo costo de instalación y operación (alta eficiencia).

Los equipos fueron dimensionados y seleccionados del software LATS-HVAC del fabricante LG Electronics, y se resume de la siguiente manera:

Tabla 8.

Selección de equipos de aire acondicionado

Nivel	Área	Equipo	Capacidad (BTU/h)	Cantidad	Capacidad Total (BTU/h)
Planta Baja	Lobby	Cassette 4 vías	18.000	1	18.000
	Circulación	Fancoil	54.000	1	54.000
	Sala de reuniones 1	Cassette 4 vías	48.000	1	48.000
	Sala de reuniones 2	Cassette 4 vías	24.000	1	24.000
Piso Tipo 1 al 9	Oficinas abiertas	Fancoil	54.000	9	486.000
		Fancoil	48.000	9	432.000
	Sala de reuniones 1	Cassette 4 vías	24.000	9	216.000

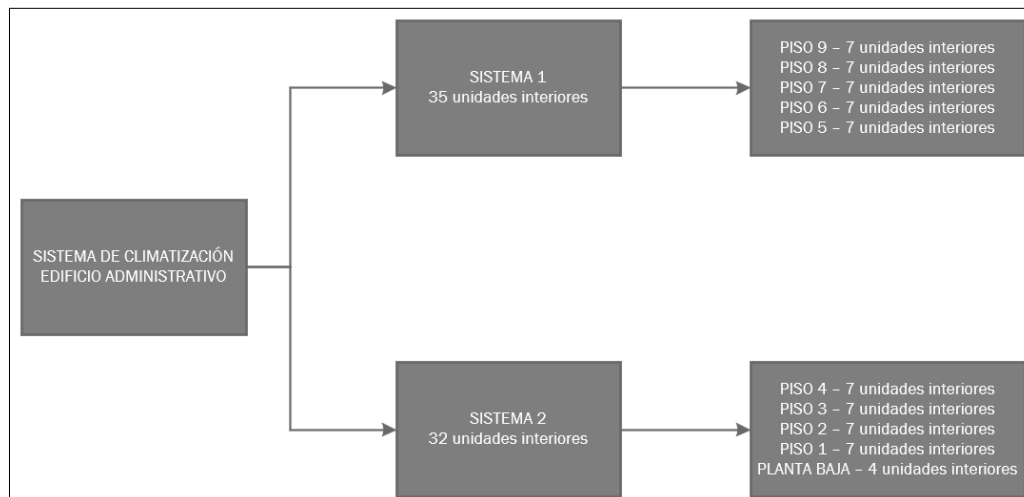
	Sala de reuniones 2	Cassette 4 vías	18.000	9	162.000
	Oficina 1	Cassette 1 vía	7.000	9	63.000
	Oficina 2	Cassette 1 vía	7.000	9	63.000
	Cafetería	Cassette 4 vías	12.000	9	108.000
CAPACIDAD TOTAL DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (BTU/h)					1.674.000

La capacidad total de todo el sistema de climatización es de 1.674.000 BTU/h o 139.5 Toneladas de refrigeración, las cuales serán divididas en 2 sistemas debido a la restricción de número de unidades interiores por sistema, que según LG son de 64 evaporadoras.

La climatización del edificio administrativo se dividió en 2 sistemas de aire acondicionado tipo VRF marca LG.

Figura 31.

Esquema de distribución de los sistemas de climatización



Sistema 1:

El sistema está conformado por 35 unidades interiores, obteniendo una capacidad de refrigeración de 850.000 BTU/h o 70,8 Tons. La selección de equipos se muestra en la siguiente figura:

Figura 32.

Selección de equipos de aire acondicionado Piso 9 al 5



MULTI V

TESIS POSGRADO - PISO 9 AL 5(ver 1.8.13.8)

Selección del modelo de proyecto - Resumen

Fecha: 18/02/2024

1. Unidades Exteriores

No.	Nombre Modelo	Cantidad	Descripción
1	ARUN720BTE5		
11	ARUN240BTE5	3	MULTI V 5/50,60Hz/R410A/Heat Pump/MULTI V 5/LATAM
Total		3	

2. Unidades Interiores

No.	Nombre Modelo	Cantidad	Descripción
1	ARNU07GTUB4	10	Ceiling Cassette - 1Way
2	ARNU23TRD4	5	Ceiling Cassette - 4Way
3	ARNU18GTQD4	5	Ceiling Cassette - 4Way
4	ARNU24GTPC4	5	Ceiling Cassette - 4Way
5	ARNU48GM 3A4	5	Ceiling Concealed Duct - Mid Static
6	ARNU54GM 3A4	5	Ceiling Concealed Duct - Mid Static
Total		35	

Sistema 2:

El sistema está conformado por 32 unidades interiores, obteniendo una capacidad de refrigeración de 824.000 BTU/h o 68,7 Tons. La selección de equipos se muestra en la siguiente figura:

Figura 33.

Selección de equipos de aire acondicionado Piso 4 a PB



MULTI V

TESIS POSGRADO - PISO 4 A PB(ver 1.8.13.8)

Selección del modelo de proyecto - Resumen

Fecha: 19/02/2024

1. Unidades Exteriores

No.	Nombre Modelo	Cantidad	Descripción
1	ARUN720BTE5		
11	ARUN240BTE5	3	MULTI V 5/50,60Hz/R410A/Heat Pump/MULTI V 5/LATAM
Total		3	

2. Unidades Interiores

No.	Nombre Modelo	Cantidad	Descripción
1	ARNU07GTUB4	8	Ceiling Cassette - 1Way
2	ARNU23TRD4	4	Ceiling Cassette - 4Way
3	ARNU8GTQD4	5	Ceiling Cassette - 4Way
4	ARNU24GTPC4	5	Ceiling Cassette - 4Way
5	ARNU48GTMA4	1	Ceiling Cassette - 4Way
6	ARNU48GM3A4	4	Ceiling Concealed Duct - Mid Static
7	ARNU54GM3A4	5	Ceiling Concealed Duct - Mid Static
Total		32	

Fuente: Elaboración propia – LATS HVAC

1.4.3.2. Ventilación mecánica

Inyección de aire fresco

El caudal requerido para el suministro de aire fresco al edificio administrativo es de 7900 CFM (Ver Tabla 5). Para el correcto dimensionamiento del sistema, se calculó la caída de presión que debe tener el ventilador para determinar la potencia de motor, rpm y curva de funcionamiento.

Tabla 9.

Cálculo de caída de presión de ventilador inyección de aire fresco

Equipo	Caudal (Cfm)	Distancia mas larga ductos [mts]	# Codos [u]	# Transiciones [u]	Por filtros	SP [in. Wg.]
Inyección de aire fresco	7900	40	2	8	0,2	1,4

Mediante el uso del software SODECA QuickFan Selector, se seleccionó el siguiente ventilador que cumple las especificaciones requeridas por el sistema.

Figura 34.

Selección de ventilador de suministro de aire fresco

VENTILADOR:

- Envoltiente en chapa de acero galvanizado.
- Turbina a reacción en chapa de acero pintada.
- Estructura en chapa de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico.
- Prensaestopas para entrada de cable.

MOTOR:

- Motores con eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
- Motores clase F con rodamientos a bolas y protección IP55.
- Motor multitenión: monofásico 110/120 V 60 Hz, 220/240 V 60 Hz y trifásico 220/380 V 60 Hz, 254/440 V 60 Hz, 265/460 V 60 Hz, 277/480 V 60 Hz.
- Temperatura de trabajo: -25 °C +60 °C.

ACABADO:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado.

BAJO DEMANDA:

- Diferentes posiciones de boca de impulsión.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Con motores de 2 velocidades.
- Certificación ATEX.

Figura 35.

Especificaciones técnicas de ventilador de suministro de aire fresco

Características

Punto diseño

Tipo de presión: Presión total

Q (cfm): 7900

Pt (inH2O): 1,4

Densidad aire

Tipo de cálculo: Valor

Valor (kg/m³): 1,2

Temperatura (°C): 20

Punto Servicio

Parámetro	Valor
Q (cfm)	8194
Pe (inH2O)	1,368
Pt (inH2O)	0,138
Pt (inH2O)	1,506
Velocidad (rpm)	925
Temperatura de operación (°C)	20
Velocidad salida aire (m/s)	7,568
Eficiencia mecánica (PI) (%)	79,87%
SFP (kW/m³/s)	0,5504
Potencia mecánica (W)	1816

Acústica para 1,2kg/m³

Banda	Nivel Potencia Sonora (dB(A))	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	69	69	48
125 Hz	64	64	43

La inyección de aire fresco desde el exterior debe ser filtrado para garantizar la calidad de aire interior del edificio. El Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) de España, recoge la clasificación de la calidad de aire exterior (ODA), aire interior (IDA) según el uso del edificio y lo establece de la siguiente manera:

Figura 36.

Clasificación de calidad de aire exterior

CATEGORÍA	CALIDAD
ODA 1	Aire puro que puede contener partículas sólidas de forma temporal
ODA 2	Aire con altas concentraciones de partículas
ODA 3	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos
ODA 4	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas
ODA 5	Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas

Nota. Adaptado de Calidad de aire exterior (p. 40), por Comunidad de Madrid, 2013, Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE).

Figura 37.

Aire interior en función del uso del edificio

CATEGORÍA	CALIDAD	APLICACIÓN
IDA 1	OPTIMA	Hospitales, Clínicas, Laboratorios, Guarderías
IDA 2	BUENA	Oficinas, residencias, bibliotecas, museos, aulas formación, piscinas
IDA 3	MEJORA	Edificios comerciales y de pública concurrencia, hoteles, gimnasios
IDA 4	BAJA	Aire de baja calidad

Nota. Adaptado de Calidad de aire exterior (p. 39), por Comunidad de Madrid, 2013, Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE).

Figura 38.

Clasificación de nivel de filtrado del aire exterior para inyección

CALIDAD AIRE EXTERIOR	CALIDAD AIRE INTERIOR			
	DA 1	DA 2	DA 3	DA 4
ODA 1	F9	F8	F7	M 5
ODA 2	F7+F9	M 6+F8	M 5+F7	M 5+F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	M 5+F7	M 5+F6

Nota. Adaptado de Calidad de aire exterior (p. 39), por Comunidad de Madrid, 2013, Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE).

Figura 39.

Filtros de aire en ventilación

NORMA	FILTRACIÓN		EN 779				HIGIENOS EN 1882	
	TIPO	CLASE	Presión Final	Rendimiento medio	Eficacia media (Em)	Eficacia mínima (*)	Eficacia mínima	Eficacia mínima
			(Pa)	(Am) polvo sintético	partículas de 0.4 µm	partículas de 0.4 µm	partículas de 0.3 µm	partículas de 0.12 µm
EN 779	Grueso	G1	250	50 ≤ Am < 65	-	-	-	-
		G2	250	65 ≤ Am < 80	-	-	-	-
		G3	250	80 ≤ Am < 90	-	-	-	-
		G4	250	90 ≤ Am	-	-	-	-
	Medio	M5	450	-	40 ≤ Em < 60	-	-	-
		M6	450	-	60 ≤ Em < 80	-	-	-
		M7	450	-	80 ≤ Em < 90	35	-	-
	Fino	F8	450	-	90 ≤ Em < 95	55	-	-
		F9	450	-	95 ≤ Em	70	-	-
F10		-	-	-	-	85	-	
EN 1882	EPA	E11	-	-	-	-	95	
		E12	-	-	-	-	99,5	
		E13	-	-	-	-	99,95	
	HEPA	H14	-	-	-	-	99,995	
		H15	-	-	-	-	99,9995	
	ULPA	U16	-	-	-	-	99,99995	
		U17	-	-	-	-	99,999995	

Nota. Adaptado de Nivel de filtración para ventilación, por Asociación Española de Normalización (UNE-EN-779), 2013, Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas.

El tipo de filtrado para la inyección de aire fresco para la aplicación del presente caso de estudio es F8 con porcentaje de filtrado de $90 \leq Em \leq 95$ con IDA2 y ODA1.

Extracción de baños

El caudal requerido para la extracción de aire contaminado de los baños del edificio administrativo es de 8300 CFM (Ver Tabla 6). Para el correcto dimensionamiento del sistema, se calculó la caída de presión que debe tener el ventilador para determinar la potencia de motor, rpm y curva de funcionamiento.

Tabla 10.

Cálculo de caída de presión de ventilador extracción de baños


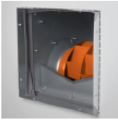
Equipo	Caudal (Cfm)	Distancia mas larga ductos [mts]	# Codos [u]	# Transiciones [u]	Por filtros	SP [in. Wg.]
Extracción de baños	8300	50	3	10	0	1,53

Mediante el uso del software SODECA QuickFan Selector, se seleccionó el ventilador que cumple las especificaciones requeridas por el sistema.

Figura 40.

Selección de ventilador de extracción de baños

CJDXR-710-4 60HZ

Unidades de ventilación con turbina a reacción, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie CDXR, sobre amortiguadores de goma

Ventilador:

- Envoltente en chapa de acero galvanizado.
- Turbina a reacción en chapa de acero pintada.
- Estructura en chapa de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico.
- Prensaestopas para entrada de cable.

Motor:

- Motores con eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75 kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
- Motores clase F con rodamientos a bolas y protección IP55.
- Motor multitensión: monofásico 110/120 V 60 Hz, 220/240 V 60 Hz y trifásico 220/380 V 60 Hz, 254/440 V 60 Hz, 265/460 V 60 Hz, 277/480 V 60 Hz.
- Temperatura de trabajo: -25 °C +60 °C.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado.

Bajo demanda:

- Diferentes posiciones de boca de impulsión.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Con motores de 2 velocidades.
- Certificación ATEX.

60
Hz

Figura 41.

Especificaciones técnicas de ventilador de extracción de baños

SODECA QuickFan Selector ECUADOR
Spanish
cfm
inH2O

Datasheets

CJDXR 60HZ > CJDXR-710-4 60HZ

[Añadir a proyecto](#) [Añadir a comparativa](#) [Inicializar](#) [Crear Informe](#)

CJDXR-710-4 60HZ
 Q 8300 cfm - 1,53 inH2O
 1,2 kg/m³

CJDXR-560-3 60HZ
 Q 7900 cfm - 1,4 inH2O
 1,2 kg/m³

Características

Punto diseño

Tipo de presión

Presión total

Q (cfm)

8300

Pt (inH2O)

1,53

Densidad aire

Tipo de cálculo

Valor

Valor (kg/m³)

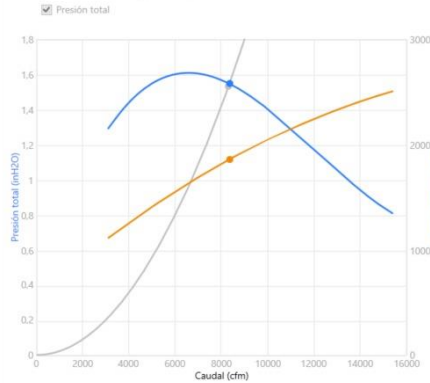
1,2

Temperatura (°C)

20

Curva característica para 1,2kg/m³

Presión estática Presión total Potencia



Punto Servicio PS

Q (cfm) 8344

Pe (inH2O) 1,489

Pd (inH2O) 0,0575

Pt (inH2O) 1,546

Velocidad (rpm) 655

Temperatura de operación (°C) 20

Velocidad salida aire (m/s) 4,886

Eficiencia mecánica (Pt) (%) 81,74%

SFP (kW/m³/s) 0,5519

Potencia mecánica (W) 1855

Acústica

Para posición

Irradiación

Distancia (m)


3

Planos reflectantes

Campo libre

Acústica para 1,2kg/m³

Calculadora de acústica



Banda	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	72	51
125 Hz	67	46
250 Hz	71	50
500 Hz	67	46
1000 Hz	68	47
2000 Hz	65	44
4000 Hz	49	28
8000 Hz	41	20
TOTAL	76	55

Extracción de subsuelos

El caudal requerido para la extracción de aire contaminado de estacionamientos del edificio administrativo es de 19.200 CFM (Ver Tabla 7). Para el correcto dimensionamiento del sistema, se calculó la caída de presión que debe tener el ventilador para determinar la potencia de motor, rpm y curva de funcionamiento.

Tabla 11.


Cálculo de caída de presión de ventilador extracción de estacionamientos

Equipo	Caudal (Cfm)	Distancia mas larga ductos [mts]	# Codos [u]	# Transiciones [u]	Por filtros	SP [in. Wg.]
Extracción de estacionamientos	19200	47	3	8	0	1,35

Figura 42.

Selección de ventilador de extracción de estacionamientos

CJTX-C-30/28-7.5-F-400 60HZ



Unidades de extracción 400 °C/2h, a transmisión con ventilador de doble aspiración

Unidades de extracción 400 °C/2h, con motor y transmisión en el interior de la caja, para trabajar en el exterior de la zona de riesgo de incendios.

Ventilador:

- Estructura en chapa de acero galvanizado.
- Turbina a acción en chapa de acero galvanizado.
- Homologación según norma EN 12101-3, con certificación n°: 0370-CPR-0468.
- Dirección aire sentido lineal.

Motor:

- Motores clase F con rodamientos a bolas, protección IP55, de 1 o 2 velocidades según modelo.
- Motor multitensión, diseño especial válido para: 220/380 V 60 Hz, 254/440 V 60 Hz, 265/460 V 60 Hz, 277/480 V 60 Hz.
- Temperatura máxima del aire a transportar: Servicio S1 -25 °C +120 °C en continuo. Servicio S2 300 °C/2h y 400 °C/2h.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado.

Bajo demanda:

- Extractores con salida vertical.




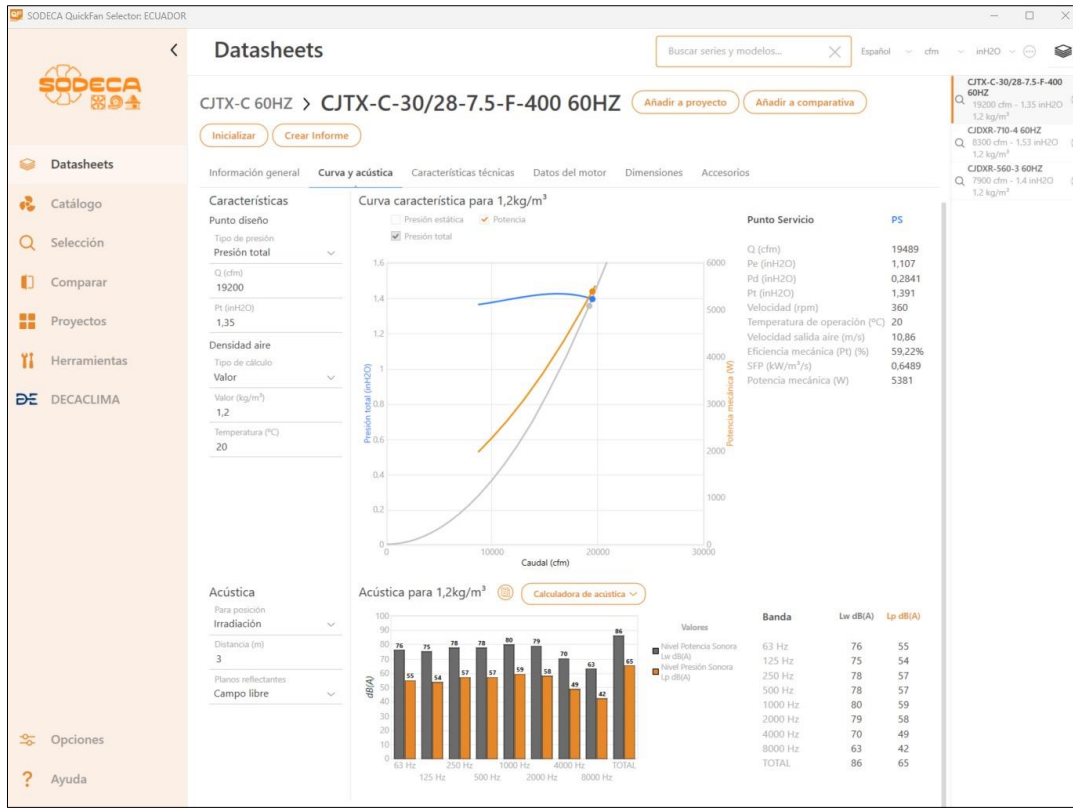




Figura 43.

Especificaciones técnicas de ventilador de extracción de estacionamientos



1.4.3.3. Dispositivos de campo y gestión de un Sistema de Gestión de Edificios (BMS)

Un sistema de gestión de edificios (Building Management System – BMS) incluye una variedad de componentes de hardware, como sensores y actuadores, entre otros. Los sensores se encargan de realizar las mediciones, mientras que los actuadores responden a señales específicas. Estos dispositivos están conectados a las entradas y/o salidas de los módulos del controlador que contiene la lógica de control.

Durante la operación en campo, los edificios emplean software de gestión que controla los actuadores físicos para activar diversos dispositivos como luces, motores, equipos de aire acondicionado, persianas, etc. La respuesta de estos actuadores a las señales y comandos del sistema programado depende de la retroalimentación proveniente de los sensores y de las entradas monitorizadas.

Sensores

- **Temperatura**

Los equipos de aire acondicionado de la marca LG, requieren un termostato de la misma marca del fabricante para la medición de la temperatura y compensación de humedad.

El dispositivo seleccionado para esta función es el siguiente:

Tabla 12.

Características de sensor de temperatura

Marca	LG Electronics
Modelo	PREMBT100
Tipo	Control remoto alámbrico
Alimentación	12 VDC desde la unidad interior
Temperatura Operación	32°F ~ 104°F (0°C ~ 40°C)
Temperatura de lectura	-4°F ~ 140°F (-20°C ~ 60°C)
Humedad	0 ~ 90 % (HR)
Especificación de cable de comunicación	Cable de control apantallado calibre: 3x22 AWG
Conectividad	1 Canal para V-Net

Fuente: LG Electronic – PREMBT100 Datasheet

Figura 44.

Sensor de temperatura



Fuente: LG Electronics – PREMBT100 Datasheet

- CO2

El sensor de CO2 es necesario para aplicaciones de gestión energética en el edificio propuesto, ya que se monitorea la concentración de CO2 en el área y, según la lógica de control, determinar el funcionamiento de la ventilación mecánica para las renovaciones de aire necesarias.

Tabla 13.

Características de sensor de CO2

Marca	Honeywell
Modelo	C7232A1032/U
Tipo	Sensor de CO2
Alimentación	24 VAC
Temperatura Operación	0°C ~ 50°C
Tipo de salida	Salida Analógica 0 ~ 10 VDC 0 ~ 20 mA
Rango de medición	0 ~ 200 ppm
Precisión	+ - 30 ppm

Fuente: Honeywell Home – Sensor CO2 Datasheet

Figura 45.

Sensor de CO2



Fuente: Honeywell Home – Sensor CO2 Datasheet

- Presencia

Un detector de presencia es un dispositivo electrónico que activa o desactiva un sistema cuando detecta el calor corporal de una persona en movimiento dentro de su cobertura. Según Soler&Palau (s.f) en su artículo web “Detector de presencia: cómo funciona y cómo se conecta”, menciona que estos son comunes en la optimización del consumo energético en sistemas como la iluminación,

ventilación y aire acondicionado en hogares u oficinas. Para el presente caso de estudio se decidió hacer uso de un sensor de presencia por infrarrojos o PIR (Passive Infrared, por sus siglas en inglés).

Tabla 14.

Características de sensor de presencia

Marca	Jablotron
Modelo	JS-20
Tipo	Detector de presencia PIR Dual
Alimentación	12 VDC
Temperatura Operación	-10°C ~ 55°C
Distancia de detección	120° / 12 metros
Salida	Digital Relé

Fuente: Jabatron – JS-20 Datasheet

Figura 46.

Sensor de presencia



Fuente: Jabatron – JS-20 Datasheet

- Flujo

El accionamiento de los sistemas de ventilación mecánica para inyección o extracción de aire debe ser controlado y monitoreado para garantizar la calidad de aire. Por lo tanto, se requiere implementar un sensor de flujo en ductos de ventilación para corroborar que los ventiladores en cuestión están en operación cuando se requiera su activación.

Tabla 15.

Características de sensor de flujo de aire

Marca	DWYER
Modelo	AAFS
Tipo	Sensor de flujo de aire
Alimentación	220 VAC
Temperatura Operación	-40°C ~ 85°C
Tipo de salida	Salida Digital tipo relé
Ajuste de sensibilidad	200 ~ 1800 FPM
Cable para conexión	M18 x 1.5

Figura 47.

Sensor de flujo de aire



Nota. Adaptado de Adjustable Air Flow Paddle Switch, por DWYER, s.f., DWYER (<https://dwyer-inst.com/media/customuploads/files/AAFS.pdf>)

Listado de sensores de control de los sistemas HVAC

La cuantificación de sensores a ser usados en las instalaciones del edificio (Ver anexo 1) es esencial para garantizar un control efectivo, eficiente y seguro de los sistemas HVAC para posteriormente seleccionar adecuadamente los dispositivos de control que gestionen el número de entradas y salidas necesarias, las cuales se especifican a continuación.

Tabla 16.

Sensores de campo por nivel y sistema

Nivel	Área	Sensor	Cantidad	Tipo de salida (Output)
Subsuelo 3	Estacionamientos	CO2	2	Analógica (AO)
Subsuelo 2	Estacionamientos	CO2	2	Analógica (AO)

Subsuelo 1	Estacionamientos	CO2	2	Analógica (AO)	
Planta Baja	Lobby	Presencia	1	Digital (DO)	
		Temperatura	1	N/A	
	Sala de reuniones 1	Presencia	1	Digital (DO)	
		CO2	1	Analógica (AO)	
		Temperatura	1	N/A	
	Sala de reuniones 2	Presencia	1	Digital (DO)	
		CO2	1	Analógica (AO)	
		Temperatura	1	N/A	
	Oficinas Abiertas	Presencia	2	Digital (DO)	
		CO2	1	Analógica (AO)	
Piso 1 – Piso 9	Oficinas Abiertas	Presencia	Unitario: 2 Total: 18	Digital (DO)	
		CO2	Unitario: 2 Total: 18	Analógica (AO)	
		Temperatura	Unitario: 2 Total: 18	N/A	
	Sala de reuniones 1	Presencia	Unitario: 1 Total: 9	Digital (DO)	
		CO2	Unitario: 1 Total: 9	Analógica (AO)	
		Temperatura	Unitario: 1 Total: 9	N/A	
	Sala de reuniones 2	Presencia	Unitario: 1 Total: 9	Digital (DO)	
		Temperatura	Unitario: 1 Total: 9	N/A	
	Oficina 1	Presencia	Unitario: 1 Total: 9	Digital (DO)	
		Temperatura	Unitario: 1 Total: 9	N/A	
	Oficina 2	Presencia	Unitario: 1 Total: 9	Digital (DO)	
		Temperatura	Unitario: 1 Total: 9	N/A	
	Cafetería	Presencia	Unitario: 1 Total: 9	Digital (DO)	
		Temperatura	Unitario: 1 Total: 9	N/A	
	VM	Ventilador suministro de aire	Flujo	1	Digital (DO)
	VM	Ventilador extracción estacionamientos	Flujo	1	Digital (DO)
	VM	Ventilador extracción de baños	Flujo	1	Digital (DO)

Tabla 17.

Resumen de cantidad de sensores de campo

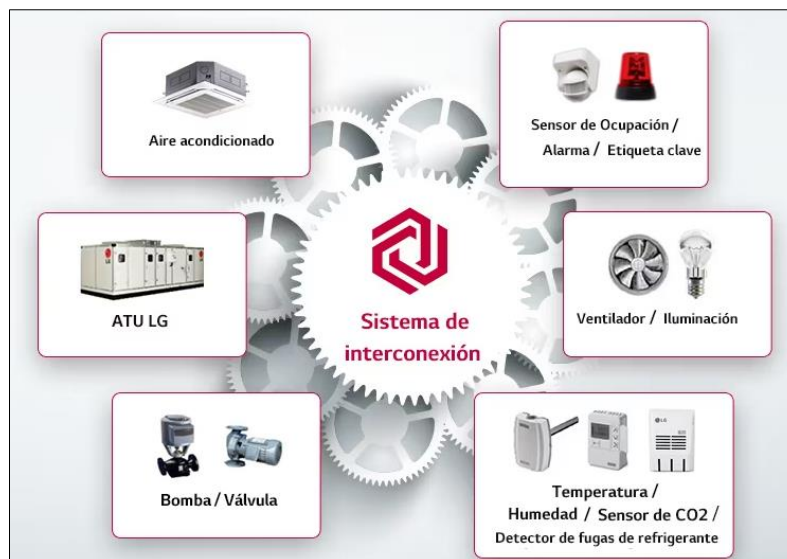
RESUMEN		
Tipo de sensor	Cantidad	Salida (Output)
Sensor de temperatura	67	N/A
Sensor de presencia	68	Digital
Sensor de CO2	36	Analógica
Sensor de flujo	3	Digital

Controladores para la gestión de sistemas HVAC

Se optó por seleccionar un controlador del mismo fabricante de equipos de climatización (LG Electronics) para la lectura, gestión y monitoreo de diversos sistemas HVAC empleados en el edificio.

Figura 48.

Interconexión de sistemas en un control centralizado HVAC

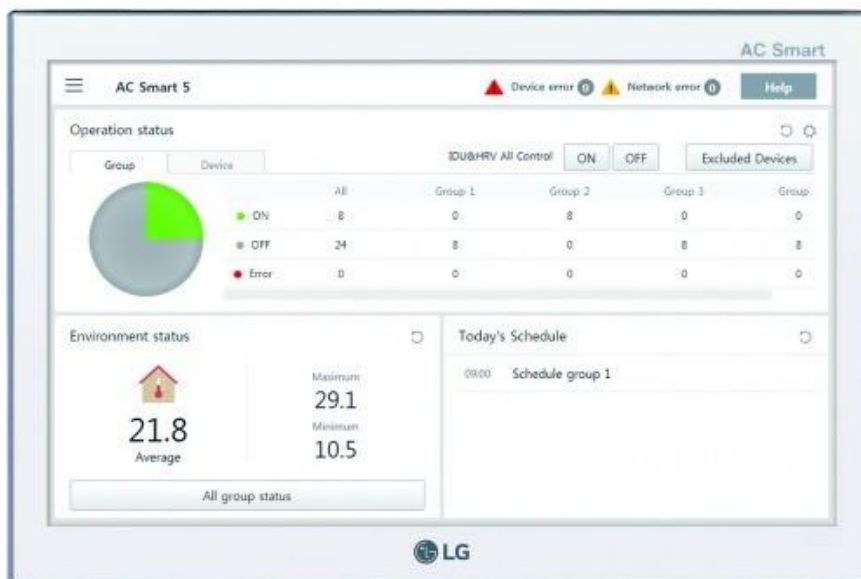


Nota. Adaptado de Control Central, por LG Electronics, s.f., LG (<https://www.lg.com/cac/business/control-central>)

Este sistema de control AC SMART 5, es una solución integrada que puede interconectar varios dispositivos de terceros, como sensores, actuadores y por defecto los equipos de aire acondicionado. Además, este dispositivo permite su integración a un sistema BMS sin necesidad de una Gateway o puerta de enlace adicional para permitir la comunicación con el protocolo BMS, BACnet IP y Modbus TPC.

Figura 49.

Control Centralizado LG AC SMART 5



Nota. Adaptado de AC Smart 5, por LG Canadá, s.f., LG VRF Canadá (<https://www.lgvrf.ca/en/products/central-controllers/ac-smart-5>)

Tabla 18.

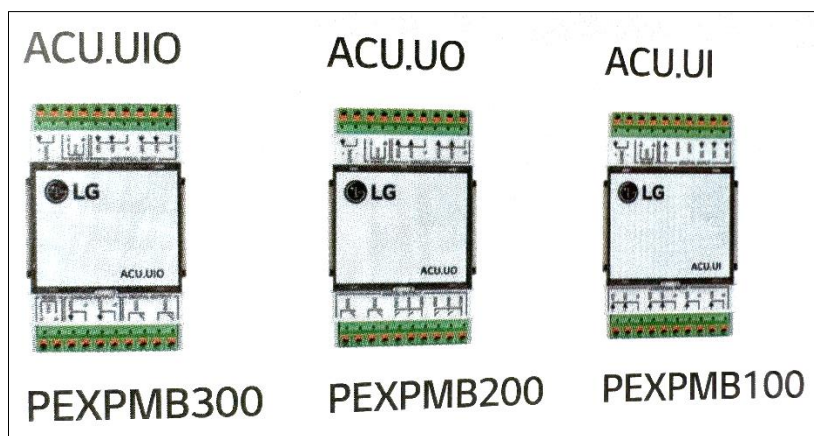
Especificaciones técnicas de Control Centralizado AC SMART 5

Marca	LG
Modelo	PACS5A000
Número máximo de unidades interiores	128
Acceso Web	SI
Programación de tiempos de operación	SI
Programación de temperatura	SI
Integración de dispositivos de terceros	SI (Requiere Modulo ACS IO)
Integración BMS	BACnet IP / Modbus TCP

La integración de sensores y actuadores para el control centralizado, se debe realizar con el uso de módulos de entradas/salidas analógicas o digitales, del mismo fabricante LG Electronics.

Figura 50.

Módulos Entradas y Salidas del fabricante LG Electronics



Nota. Adaptado de ACU IO MODULE (p. 272), por LG Electronics, 2020, LG Air Solution Multi V SCA.

Tabla 19.

Especificaciones técnicas de módulos de entradas y salidas

Módulo	PEXPMP300	PEXPMB200	PEXPMB100
Productos compatibles	PACS5A000, PACP5A000		
Comunicación RS-485	2 canales	1 Canal	1 canal
Entrada Digital	-	-	3 puertos
Salida Digital	2 puertos	6 puertos	-
Entrada Universal	4 puertos	4 puertos	6 puertos
Salida Analógica	2 puertos	4 puertos	
Tipo de Entrada/Salida		Min.	Max.
Entrada Analógica	DC	0 V	10 V
Salida Analógica	DC	0 V	10 V
Entrada Digital	Entrada binaria	-	-
Salida Digital	Normalmente Abierto		30VDC, 1A

Nota. Adaptado de ACU IO MODULE (p. 272), por LG Electronics, 2020, LG Air Solution Multi V SCA.

Para la selección de los módulos a utilizar se utilizó la Tabla 17, conforme a la cantidad de entradas y salidas requeridas para la aplicación. Los sensores de temperatura o termostatos no requieren conexión a los módulos de entradas y salidas porque su comunicación con el control centralizado lo realiza con las unidades interiores de aire acondicionado.

Tabla 20.

Selección de módulos de expansión de entradas y salidas

Módulo	Cantidad
PEXPMB200	1
PEXPMB100	12

1.4.4. Datos eléctricos generales

Los datos de consumo energético son extraídos de fichas técnicas de equipos comerciales y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 21.

Datos de consumo energético de sistemas propuestos

Disciplina	Sistema	Voltaje/ \emptyset /Hz	Consumo nominal
Climatización	Aire acondicionado (Sistema 1)	Unidad exterior: 220/3Ph/60Hz Unidad interior: 220V/1Ph/60Hz	67,00 kW
Climatización	Aire acondicionado (Sistema 2)	Unidad exterior: 220/3Ph/60Hz Unidad interior: 220V/1Ph/60Hz	65,70 kW
Ventilación mecánica	Extracción de estacionamientos	220V/3Ph/60Hz	5,5 kW
Ventilación mecánica	Extracción de baños	220V/3Ph/60Hz	3,00 kW
Ventilación mecánica	Suministro de aire fresco	220V/3Ph/60Hz	2,20 kW
TOTAL CONSUMO ENERGÉTICO			143,40 kW

Nota. Esta tabla muestra datos eléctricos generales de los sistemas HVAC propuestos para un correcto dimensionamiento de acometidas eléctricas.

1.4.5. Integración de sistemas HVAC a un control centralizado (BMS)

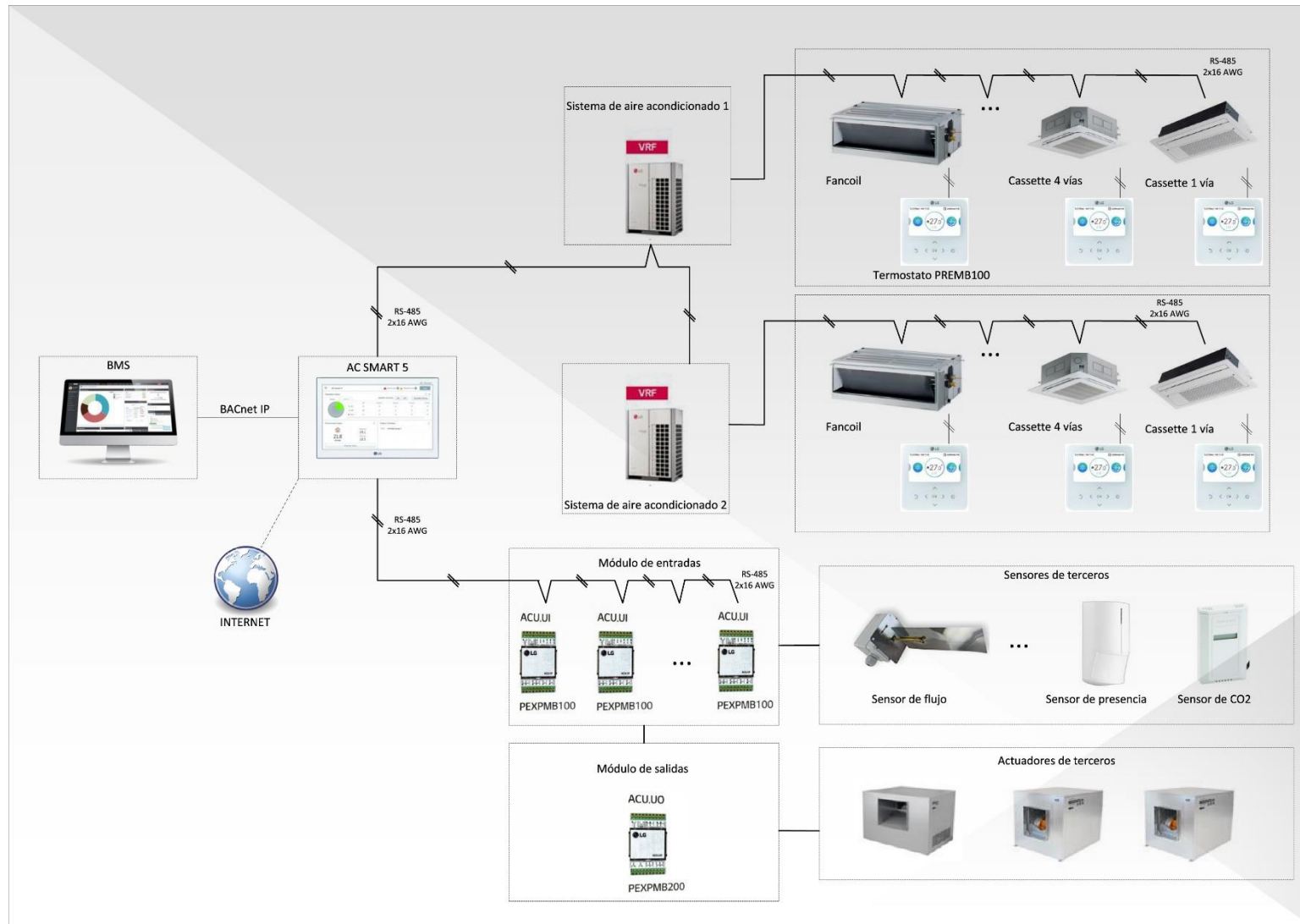
El objetivo del sistema centralizado es asegurar una eficiente gestión energética y supervisar, controlar y responder a las alarmas de los servicios en distintas áreas del edificio, incluyendo pisos y oficinas. Se persigue la implementación de un sistema de gestión unificado para todo el edificio, con el fin de administrar recursos, personal, costos y otros aspectos relevantes.

El puesto de control centralizado es donde se visualiza y se supervisa de forma gráfica el comportamiento de los procesos que forman parte del control de los sistemas HVAC, desde este lugar de gestión central debe ser conformado por los siguientes requisitos mínimos:

- Computadora con:
 - Core i3 a 2,4 GHz
 - Memoria RAM 4 GB
 - Disco Duro SSD 240 GB
 - 2 Puertos USB
 - Lector de CD
- Periféricos: mouse y teclado
- Monitor LCD 24"
- Router de comunicación BACnet con protocolo Ethernet/IP, para la comunicación entre la computadora y el controlador AC SMART 5
- Software BMS de terceros con compatibilidad con BACnet IP
- Punto de red Ethernet/IP

Por lo tanto, la integración según el modelo de capa OSI queda conformada de la siguiente manera: el primer nivel, también conocido como nivel de gestión, consiste en el ordenador central o estación desde donde se ejecuta el software de gestión. El segundo nivel, denominado nivel de proceso, está constituido por los controladores responsables de supervisar y regular la instalación. Por último, el tercer nivel, conocido como nivel periférico o de equipos periféricos, está conformado por los elementos de campo, que incluyen sensores y actuadores.

Figura 51. Diagrama esquemático de integración de sistemas HVAC a BMS



1.4.6. Lógica de control para sistemas HVAC con enfoque a la eficiencia energética

Según el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), en el capítulo 13 “Eficiencia energética en la construcción en Ecuador”, menciona que todas las instalaciones de climatización y ventilación mecánica deben ser dotadas de los sistemas de control automático para que mantengan las condiciones de confort del diseño planteado, con el objetivo de ajustar los consumos de energía ante las variaciones de carga térmica y necesidades de ventilación.

Los tipos de control en sistemas HVAC se detallan a continuación:

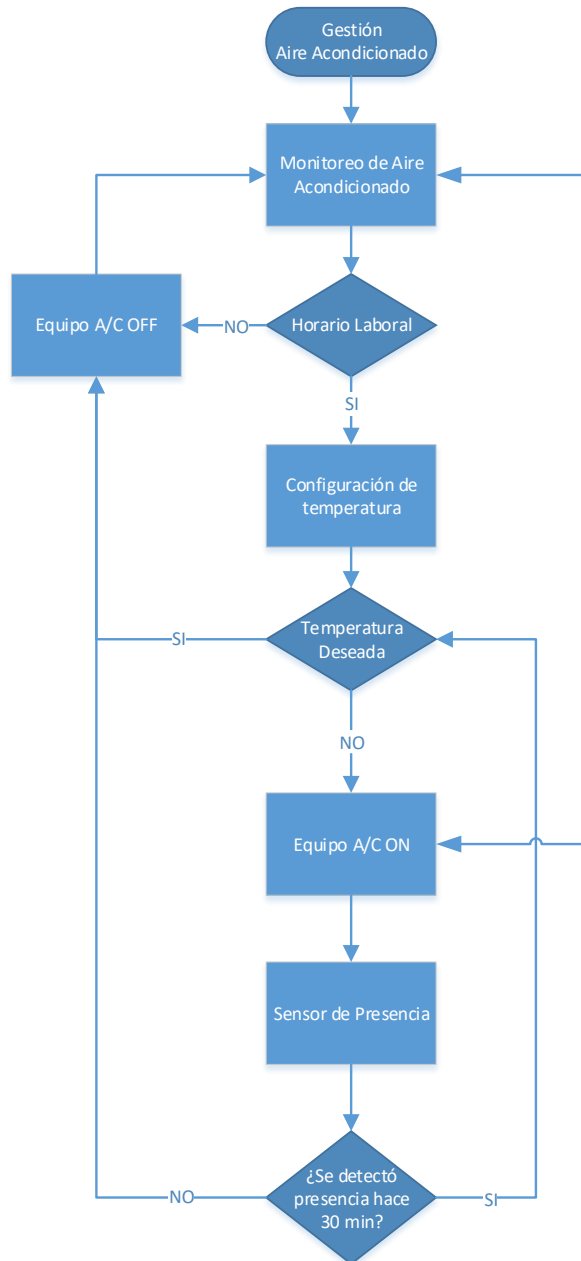
- Control térmico

Los sistemas de aire acondicionado son controlados por sensores de temperatura (termostatos), en los cuales se puede configurar la temperatura de forma local y horarios de funcionamiento según las necesidades del usuario, y a su vez, puede ser configurado de forma remota desde el control centralizado con la finalidad de evitar manipulación incorrecta de estos dispositivos.

Estos sistemas también disponen de sensores de presencia, los cuales serán capaces de apagar los sistemas de las áreas que está siendo climatizada cuando no se encuentre ocupadas por el personal administrativo en un periodo de 30 minutos.

Figura 52.

Lógica de control de sistemas de aire acondicionado



- Control de ventilación

Los sistemas de ventilación mecánica serán accionados manualmente, con programación horaria o de forma automática considerando la lectura de sensores de campo, según el tipo de sistema o aplicación.

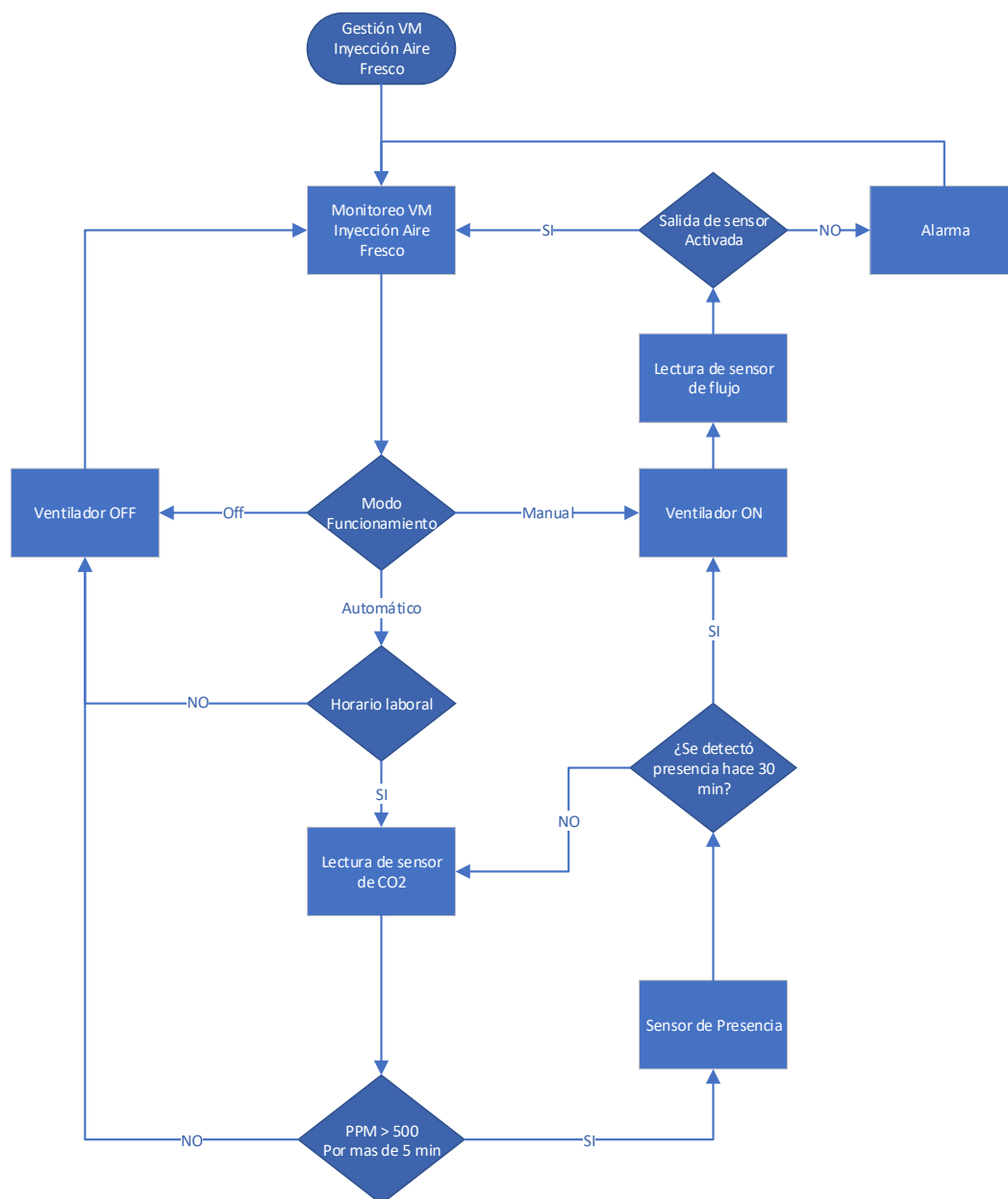
Para el sistema de inyección de aire fresco, su funcionamiento se basa en programación temporizada y mediante la comparación de los datos de medición por parte de sensores de CO2 ubicados estratégicamente dentro de las zonas concurridas. Soler&Palau (s.f.), en su artículo web

“Efectos del CO2 en la contaminación del aire interior y en la salud”, establece que, para mantener una calidad de aire interior alta, el valor de CO2 debe mantenerse dentro de 500ppm. Para que el sistema de inyección de aire fresco se active, las mediciones deberán superar el parámetro establecido por un tiempo de 5 minutos continuos, con el fin de evitar perturbaciones que afecten al sistema.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, se implementa un sensor de flujo para determinar si existe o no caudal en el ducto de ventilación, ya que si no existe flujo cuando se requiere el suministro de aire, se activará una alarma en el control centralizado que informe la anomalía.

Figura 53.

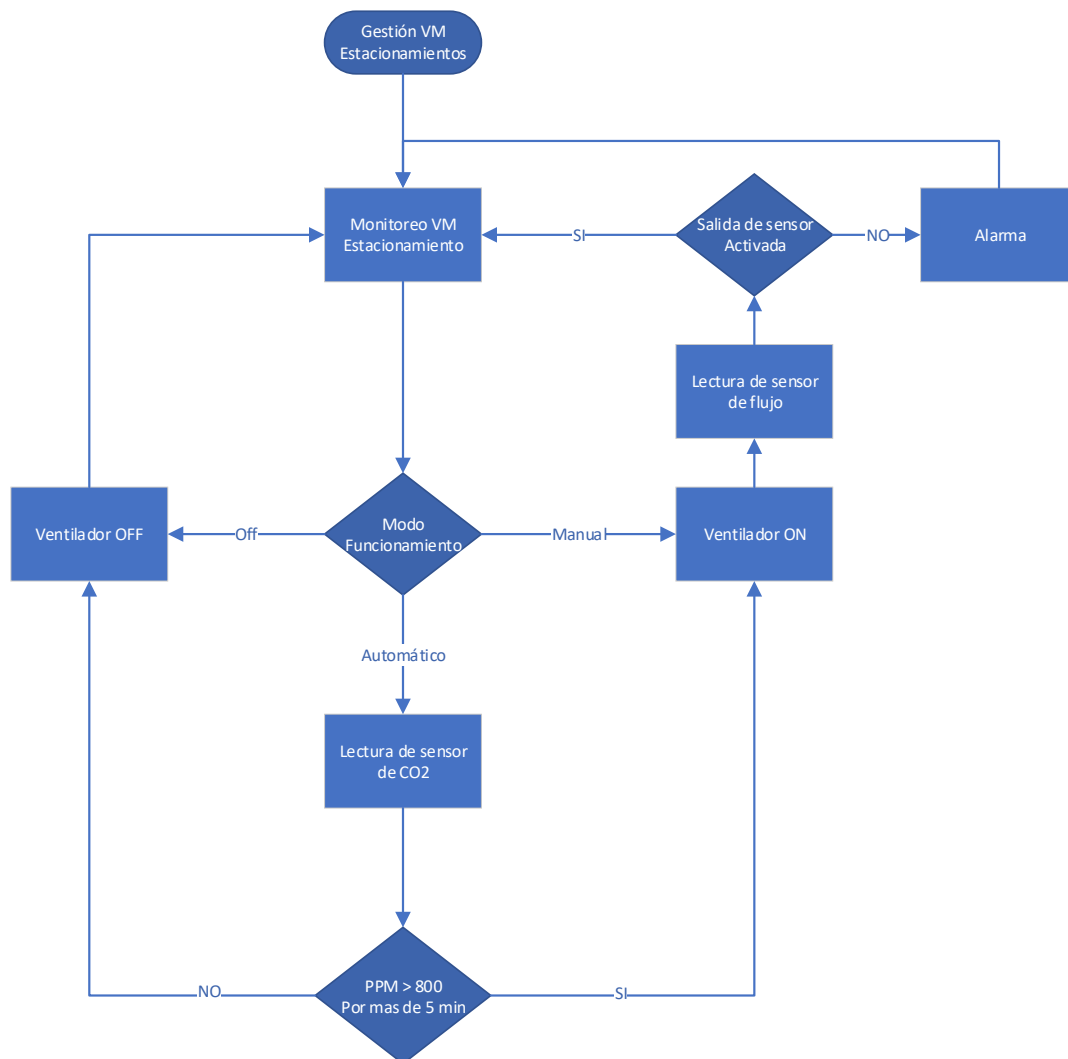
Lógica de control para sistemas de inyección de aire fresco



El funcionamiento del sistema de extracción de aire de subsuelos, se basa en la activación por niveles de contaminación por CO2 únicamente, la lectura se debe mantener durante un tiempo de 5 minutos para proceder a el encendido del sistema. Para su desactivación es necesario que la lectura de CO2 descienda por debajo de los 800 ppm.

Figura 54.

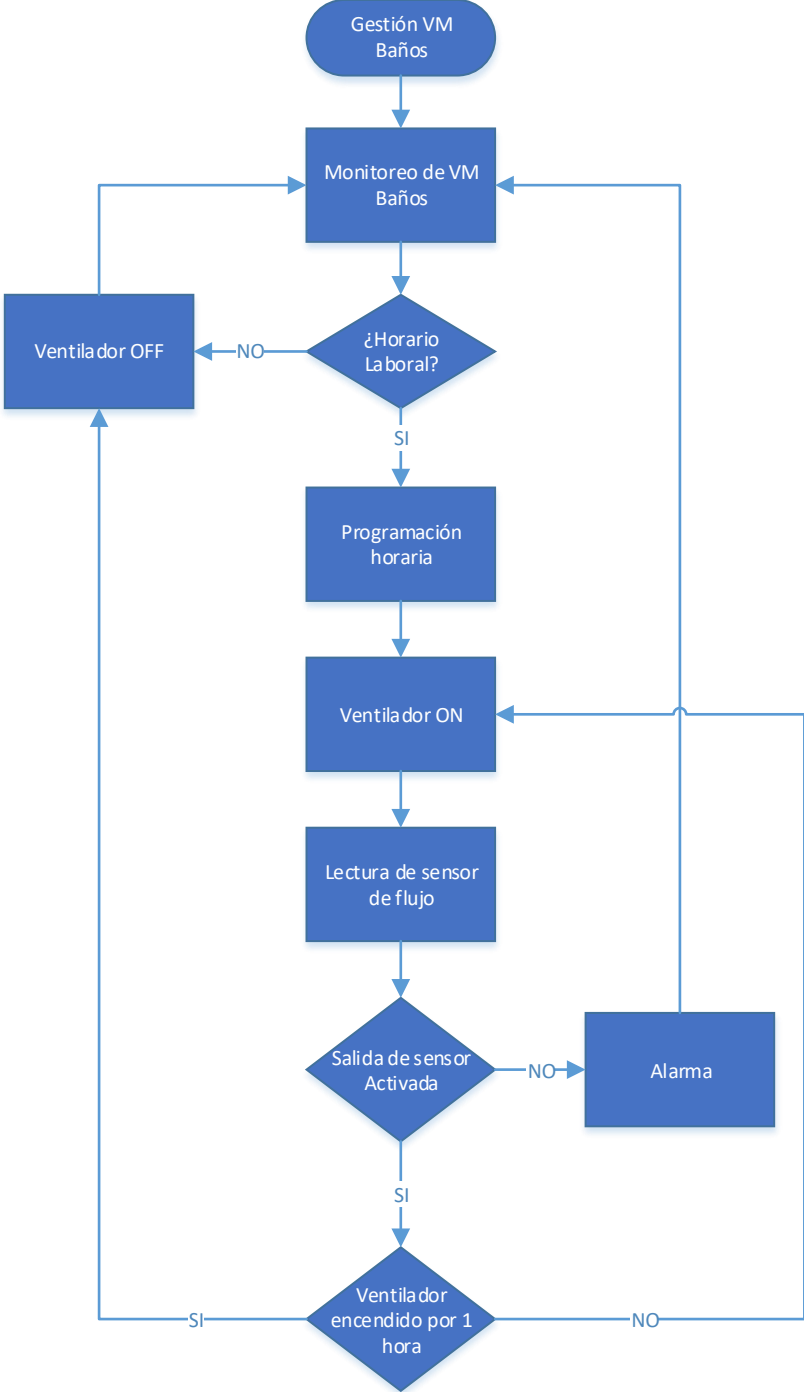
Lógica de control de sistema de ventilación de estacionamientos



Para el sistema centralizado de ventilación de baños, se determinó que es necesaria una programación horaria para su funcionamiento debido a que es un área de ocupación altamente concurrida pero no de estadía permanente. Por ende, su temporización se debe realizar en días laborales de lunes a viernes en horario 8:00 – 20:00.

Figura 55.

Lógica de control de sistema de ventilación de baños



1.4.7. Propuesta típica de sistemas de aire acondicionado

Los equipos de aire acondicionado de forma típica se seleccionan e instalan según recomendación del vendedor o distribuidor de estos productos, pero al no realizarse un estudio de las condiciones y especificaciones técnicas para suplir estas necesidades de confort, se compromete espacio físico, gastos elevados de instalación y un alto consumo energético por la poca o nula gestión y monitoreo del funcionamiento de estos sistemas.

Por ende, se detalla una propuesta típica de sistemas de climatización considerando la carga térmica del edificio calculada en el desarrollo del presente documento.

Aire acondicionado

Los equipos que fueron seleccionados para desarrollar de la propuesta típica son sistemas convencionales y comerciales a nivel nacional, donde cada unidad interior está conectada a su unidad exterior con lógica de control ON/OFF, es decir, su funcionamiento solo dependerá de la temperatura configurada manualmente por el usuario.

Nivel	Área	Equipo	Capacidad (BTU/h)	Cant.	Consumo Unitario (kW)	Consumo Total (kW)
Planta Baja	Lobby	Split de Pared	18.000	1	2,15	2,15
	Circulación	Fancoil	54.000	1	6,35	6,35
	Sala de reuniones 1	Cassette 4 vías	48.000	1	5,88	5,88
	Sala de reuniones 2	Cassette 4 vías	24.000	1	2,74	2,74
Piso Tipo 1 al 9	Oficinas abiertas	Fancoil	54.000	9	6,35	57,15
		Fancoil	48.000	9	5,88	52,92
	Sala de reuniones 1	Cassette 4 vías	24.000	9	2,74	24,66
	Sala de reuniones 2	Split de Pared	18.000	9	2,15	19,35
	Oficina 1	Split de Pared	12.000	9	1,43	12,87
	Oficina 2	Split de Pared	12.000	9	1,43	12,87
	Cafetería	Split de Pared	12.000	9	1,43	12,87
	CAPACIDAD TOTAL DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (BTU/h)					

1.5. Resultados

1.5.1. Análisis energético de sistemas HVAC propuestos

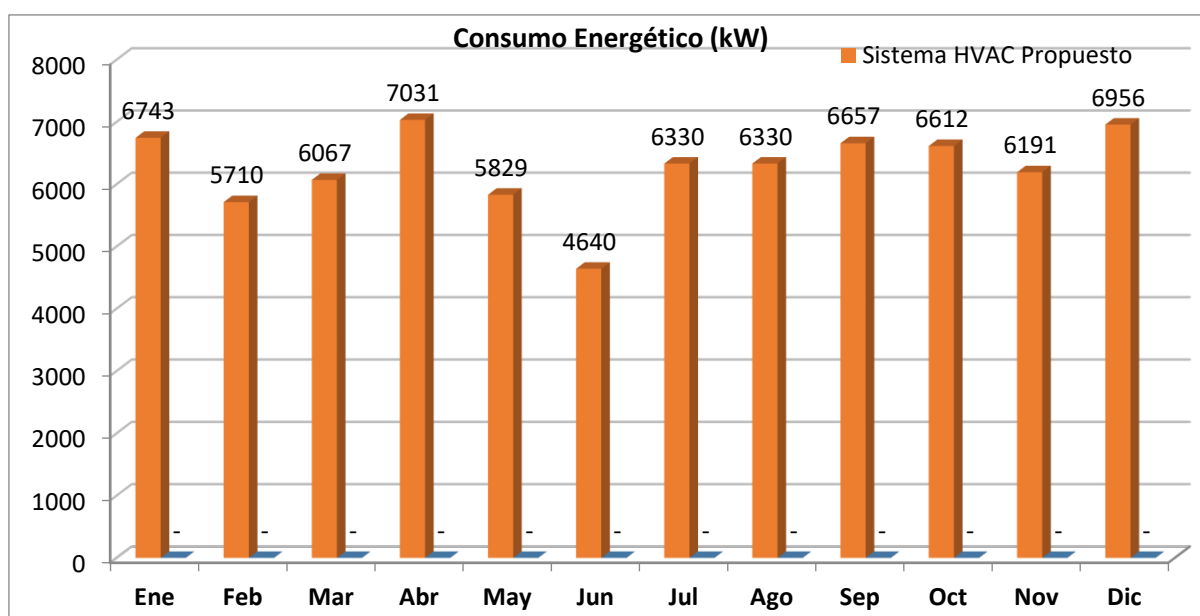
Tras haber realizado el dimensionamiento y selección de equipos, es oportuno realizar un estudio energético para evaluar de forma predictiva el rendimiento y consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado y ventilación mecánica, tomando en cuenta los días y horarios de ocupación del edificio, porcentaje de uso de instalaciones y condiciones climáticas, los cuales se detallan a continuación.

- Días laborables: lunes a viernes
- Horario Laboral: 8:00 – 18:00
- Meses del año: enero a diciembre
- Ciudad: Quito
- Temperatura máxima de verano: 25,70 °C
- Temperatura ambiente de confort: 23,40 °C

Obteniendo los siguientes resultados:

Figura 56.

Consumo energético mensual de sistemas HVAC propuestos

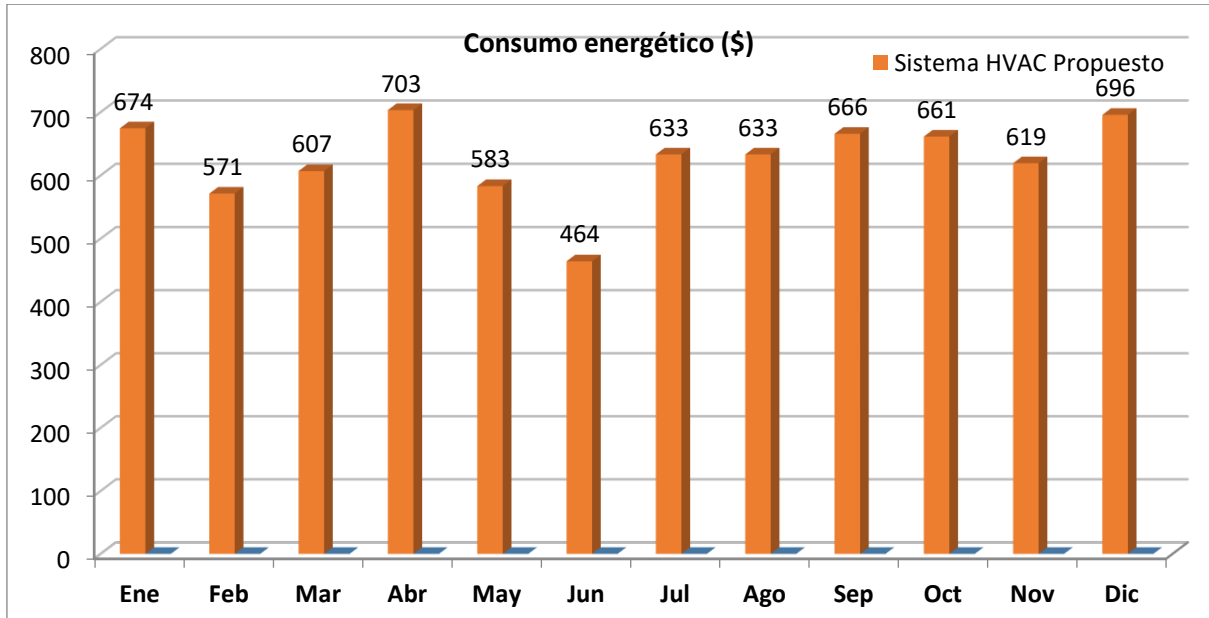


Según el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador (s.f), en su artículo web “Costo de tarifa eléctrica”, menciona que, para el año en curso no se prevé ningún aumento en las tarifas de electricidad para los sectores residencial, industrial y comercial. Estas tarifas actualmente se sitúan en un promedio de 10 centavos por kilovatio hora (kWh).

Por lo cual obtenemos los siguientes costos de operación de los sistemas HVAC propuestos:

Figura 57.

Costo energético mensual por operación de sistemas HVAC propuestos



1.5.2. Comparativa energética sistemas HVAC propuestos vs tradicional

Manteniendo las mismas condiciones de análisis de consumo energético del punto 1.5.1, se realizó la comparación entre la propuesta desarrollada en el caso de estudio con la propuesta tradicional de sistemas HVAC, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 58.

Comparativa de consumo energético entre sistemas propuestos vs tradicional

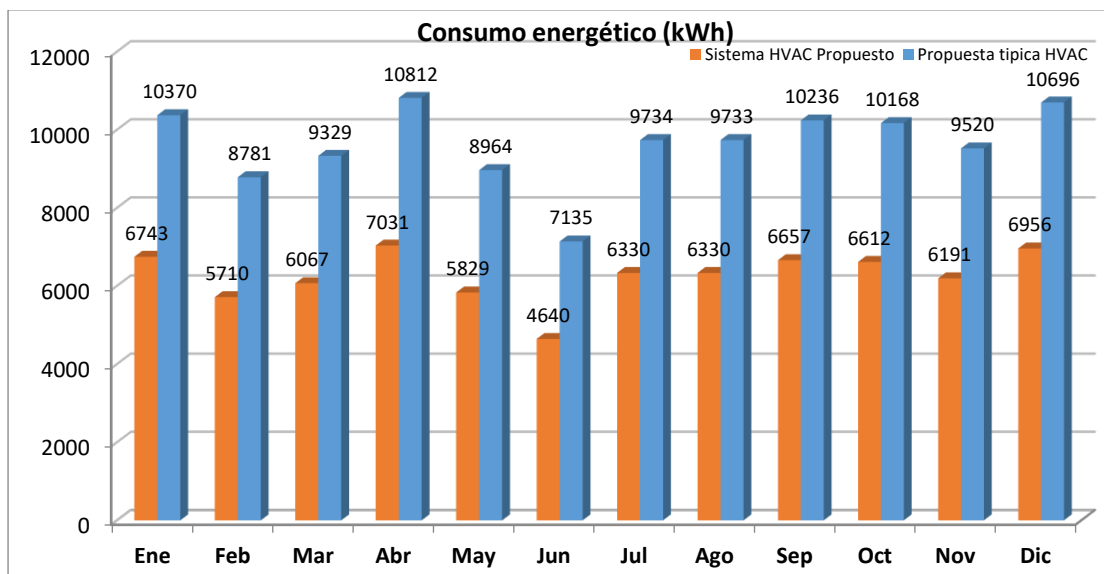
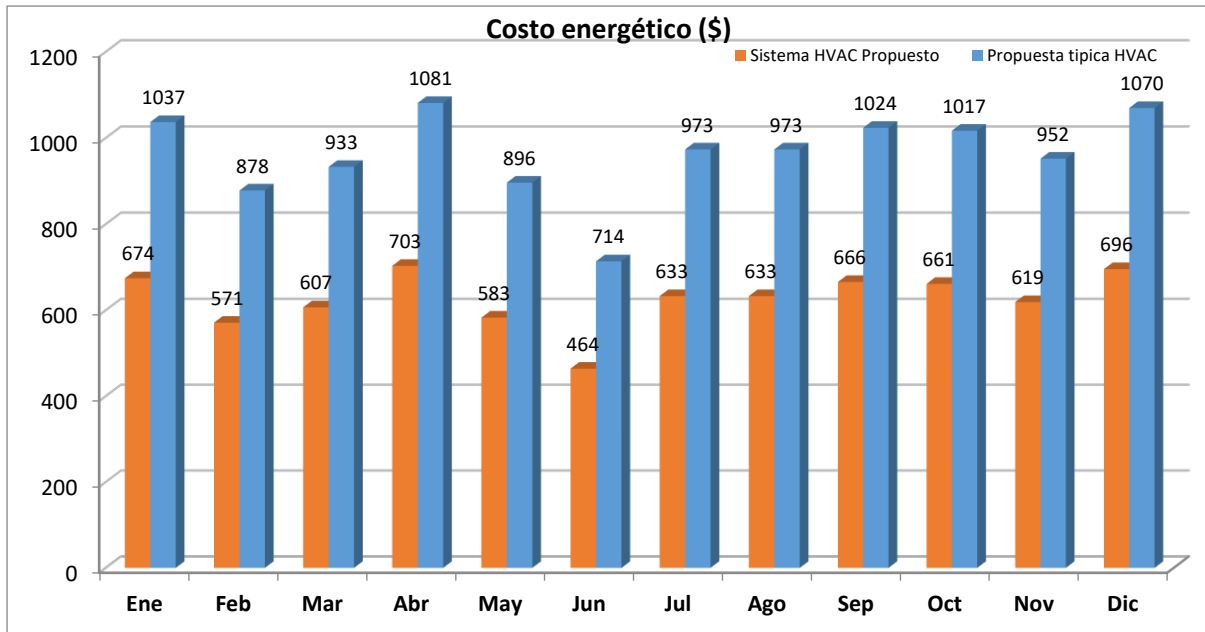


Figura 59.

Costo energético por sistema propuesto vs tradicional



El consumo de los sistemas HVAC propuestos y desarrollados en el presente caso de estudio para un periodo anual es 75,09 MWh con un costo de operación anual de \$ 7.510 dólares americanos, mientras que para el sistema tradicional no optimizado su consumo anual es 115 MWh con un costo de operación de \$ 11.548 dólares americanos.

1.5.3. Presupuesto de implementación de sistemas HVAC propuestos

1.5.3.1. Aire Acondicionado

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
AIRE ACONDICIONADO - SISTEMA 1					
1	3	u	Unidad condensadora LG VRF ARUN240BTE5; 240.000 BTU/h; 220V-3Ph-60Hz; R-410a	\$ 9.577,92	\$ 28.733,76
2	10	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 1 vía; 7.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 484,31	\$ 4.843,08
3	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 12.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 526,68	\$ 2.633,40
4	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 18.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 556,78	\$ 2.783,88
5	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 24.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 703,49	\$ 3.517,47

6	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Fancoil; 48.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 792,00	\$ 3.960,00
7	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Fancoil; 54.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 902,88	\$ 4.514,40
8	15	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN01621	\$ 37,62	\$ 564,30
9	8	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN03321	\$ 45,14	\$ 361,15
10	7	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN07121	\$ 82,76	\$ 579,35
11	2	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN14521	\$ 145,46	\$ 290,93
12	2	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN23220	\$ 172,26	\$ 344,52
13	1	u	Branch de refrigeración LG VRF ARCNN21	\$ 97,81	\$ 97,81
14	1	u	Branch de refrigeración LG VRF ARCNN31	\$ 97,81	\$ 97,81
15	85	m	Tubería de cobre flexible 1/4" con aislamiento rubatex 1/4"x1/2"	\$ 3,05	\$ 259,25
16	177	m	Tubería de cobre flexible 3/8" con aislamiento rubatex 3/8"x1/2"	\$ 4,55	\$ 805,35
17	135	m	Tubería de cobre flexible 1/2" con aislamiento rubatex 1/2"x1/2"	\$ 6,02	\$ 812,70
18	170	m	Tubería de cobre flexible 5/8" con aislamiento rubatex 5/8"x1/2"	\$ 8,55	\$ 1.453,50
19	45	m	Tubería de cobre flexible 3/4" con aislamiento rubatex 5/8"x1/2"	\$ 10,12	\$ 455,40
20	29	m	Tubería de cobre flexible 7/8" con aislamiento rubatex 7/8"x1/2"	\$ 13,35	\$ 387,15
21	21	m	Tubería de cobre flexible 1-1/8" con aislamiento rubatex 1-1/8"x1/2"	\$ 17,69	\$ 371,49
22	15	m	Tubería de cobre flexible 1-1/4" con aislamiento rubatex 1-1/4"x1/2"	\$ 20,35	\$ 305,25
23	8	m	Tubería de cobre flexible 1-5/8" con aislamiento rubatex 1-5/8"x1/2"	\$ 32,92	\$ 263,36
24	7	m	Tubería de cobre flexible 2-1/8" con aislamiento rubatex 1-5/8"x1/2"	\$ 59,56	\$ 416,92
25	55	u	Difusor de suministro 12"x12"	\$ 33,00	\$ 1.815,00
26	85	m	Manga flexible 10" con aislamiento	\$ 6,74	\$ 572,90
27	400	m	Cable de control 2x16 AWG apantallado en tubería EMT 1/2"	\$ 3,80	\$ 1.520,00
28	1600	kg	Ducto de tol galvanizado con aislamiento térmico	\$ 4,80	\$ 7.680,00
29	90	lb	Gas refrigerante R-410a	\$ 4,60	\$ 414,00
30	21	m3	Vacío, barrido y presurización con nitrógeno	\$ 10,00	\$ 210,00

TOTAL PRESUPUESTO HVAC

\$ 71.064,13

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
AIRE ACONDICIONADO - SISTEMA 2					
1	3	u	Unidad condensadora LG VRF ARUN240BTE5; 240.000 BTU/h; 220V-3Ph-60Hz; R-410a	\$ 9.577,92	\$ 28.733,76
2	8	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 1 vía; 7.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 484,31	\$ 3.874,46
3	4	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 12.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 526,68	\$ 2.106,72
4	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 18.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 556,78	\$ 2.783,88
5	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 24.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 703,49	\$ 3.517,47
6	1	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Cassette 4 vías; 48.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 884,07	\$ 884,07
7	4	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Fancoil; 48.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 792,00	\$ 3.168,00
8	5	u	Unidad evaporadora LG VRF tipo Fancoil; 54.000 BTU/h; 220V-1Ph-60Hz; R-410a. Incluye termostato	\$ 902,88	\$ 4.514,40
9	13	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN01621	\$ 37,62	\$ 489,06
10	9	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN03321	\$ 45,14	\$ 406,30
11	5	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN07121	\$ 82,76	\$ 413,82
12	2	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN14521	\$ 145,46	\$ 290,93
13	2	u	Branch de refrigeración LG VRF ARBLN23220	\$ 172,26	\$ 344,52
14	1	u	Branch de refrigeración LG VRF ARCNN21	\$ 97,81	\$ 97,81
15	1	u	Branch de refrigeración LG VRF ARCNN31	\$ 97,81	\$ 97,81
16	73	m	Tubería de cobre flexible 1/4" con aislamiento rubatex 1/4"x1/2"	\$ 3,05	\$ 222,65
17	203	m	Tubería de cobre flexible 3/8" con aislamiento rubatex 3/8"x1/2"	\$ 4,55	\$ 923,65
18	108	m	Tubería de cobre flexible 1/2" con aislamiento rubatex 1/2"x1/2"	\$ 6,02	\$ 650,16
19	155	m	Tubería de cobre flexible 5/8" con aislamiento rubatex 5/8"x1/2"	\$ 8,55	\$ 1.325,25
20	50	m	Tubería de cobre flexible 3/4" con aislamiento rubatex 5/8"x1/2"	\$ 10,12	\$ 506,00
21	60	m	Tubería de cobre flexible 7/8" con aislamiento rubatex 7/8"x1/2"	\$ 13,35	\$ 801,00

22	30	m	Tubería de cobre flexible 1-1/8" con aislamiento rubatex 1-1/8"x1/2"	\$ 17,69	\$ 530,70
23	7	m	Tubería de cobre flexible 1-1/4" con aislamiento rubatex 1-1/4"x1/2"	\$ 20,35	\$ 142,45
24	4	m	Tubería de cobre flexible 1-1/2" con aislamiento rubatex 1-1/2"x1/2"	\$ 22,78	\$ 91,12
25	4	m	Tubería de cobre flexible 1-5/8" con aislamiento rubatex 1-5/8"x1/2"	\$ 32,92	\$ 131,68
26	25	m	Tubería de cobre flexible 2-1/8" con aislamiento rubatex 1-5/8"x1/2"	\$ 59,56	\$ 1.489,00
27	51	u	Difusor de suministro 12"x12"	\$ 33,00	\$ 1.683,00
28	78	m	Manga flexible 10" con aislamiento	\$ 6,74	\$ 525,72
29	350	m	Cable de control 2x16 AWG apantallado en tubería EMT 1/2"	\$ 3,80	\$ 1.330,00
30	1500	kg	Ducto de tol galvanizado con aislamiento térmico	\$ 4,80	\$ 7.200,00
31	100	lb	Gas refrigerante R-410a	\$ 4,60	\$ 460,00
32	21	m3	Vacío, barrido y presurización con nitrógeno	\$ 10,00	\$ 210,00
TOTAL PRESUPUESTO HVAC					\$ 69.945,39

1.5.3.2. Ventilación mecánica

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VENTILACIÓN MECÁNICA - INYECCION DE AIRE FRESCO					
1	1	u	Ventilador de suministro 7900 CFM @ 1,4" in wg; Filtrado de aire F8 (95%). Marca Sodeca; Modelo CJDXR-560-3; 220V/3Ph/60Hz; 1758 rpm; IP55	\$ 3.265,40	\$ 3.265,40
2	3800	kg	Ducto rectangular de tol galvanizado sin aislamiento	\$ 3,80	\$ 14.440,00
3	20	U	Difusor de suministro 12"x12"	\$ 33,00	\$ 660,00
4	10	U	Difusor de suministro 10"x10"	\$ 27,50	\$ 275,00
5	28	u	Difusor de suministro 8"x8"	\$ 20,12	\$ 563,36
TOTAL PRESUPUESTO HVAC					\$ 19.203,76

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VENTILACIÓN MECÁNICA - EXTRACCIÓN DE BAÑOS					
1	1	u	Ventilador de extracción 8300 CFM @ 1,53" in wg. Marca Sodeca; Modelo CJDXR-710-4; 220V/3Ph/60Hz; 1728 rpm; IP55	\$ 2.300,00	\$ 2.300,00
2	1500	kg	Ducto rectangular de tol galvanizado sin aislamiento	\$ 3,80	\$ 5.700,00
3	83	u	Rejilla de extracción 8"x8"	\$ 13,87	\$ 1.151,21

TOTAL PRESUPUESTO HVAC					\$ 9.151,21
-------------------------------	--	--	--	--	--------------------

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VENTILACIÓN MECÁNICA - EXTRACCIÓN ESTACIONAMIENTOS					
1	1	u	Ventilador de suministro 19200 CFM @ 1,35" in wg; Marca Sodeca; Modelo CJTX-C-30/28; 220V/3Ph/60Hz; 1758 rpm; IP55	\$ 9.973,00	\$ 9.973,00
2	3400	kg	Ducto rectangular de tol galvanizado sin aislamiento	\$ 3,80	\$ 12.920,00
3	39	u	Rejilla de extraccipon 16"x8"	\$ 19,50	\$ 760,50

TOTAL PRESUPUESTO HVAC					\$ 23.653,50
-------------------------------	--	--	--	--	---------------------

1.5.3.3. Gestión de sistemas HVAC

ITEM	CANT.	U	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
GESTIÓN DE SISTEMAS HVAC					
1	1	u	Controlador Centralizado AC Smart 5 Marca LG	\$ 2.046,00	\$ 2.046,00
2	1	gbl	Computadora de escritorio; Procesador i3 2,4GHz; 4GB RAM; SSD 240GB; Periféricos varios	\$ 640,00	\$ 640,00
3	1	u	Software y Licencia 5 años BMS para gestión de sistemas HVAC	\$ 2.496,60	\$ 2.496,60
4	1	u	Módulo de salidas Marca LG; Modelo PEXPMB200	\$ 59,40	\$ 59,40
5	12	u	Módulo de entradas Marca LG; Modelo PEXPMB100	\$ 85,80	\$ 1.029,60
6	67	u	Sensor de temperatura (termostato) Marca LG; Modelo PREMBT100	\$ 135,43	\$ 9.073,94
7	36	u	Sensor de CO2; Marca Honeywell; Modelo C7232A1021/U; 24VAC	\$ 374,00	\$ 13.464,00
8	68	u	Sensor de presencia; Marca Jablotron; Modelo JS-20; 12VDC	\$ 26,10	\$ 1.774,80
9	3	u	Sensor de flujo; Marca DYWER; Modelo AAFS; 220VAC	\$ 85,00	\$ 255,00
TOTAL PRESUPUESTO HVAC					\$ 30.839,34

1.5.3.4. Resumen de presupuesto de instalación de sistemas HVAC

Sistema	Valor
Aire Acondicionado	\$ 141.009,52
Ventilación mecánica	\$ 52.008,47
Control Centralizado	\$ 30.839,34
Presupuesto total de implementación	\$ 223.857,33

1.6. Validación de la propuesta

Para la adecuada validación de la propuesta se ha tenido en cuenta perfiles que cumplan con los criterios , formación y experiencia laboral de los especialistas.

Tabla 22.

Datos de los validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Daniel Alejandro Montenegro Campoverde	10	Magister en Sistemas de Control de Calidad Ingeniero Mecánico	Coordinador de diseño y presupuestos HVAC
Gabriel Alejandro Cortés Naranjo	8	Ingeniero Mecatrónico	Jefe de Operaciones
Rodrigo Amir Cisneros Recalde	6	Ingeniero Mecánico	Supervisor de obra

Tabla 23.

Criterios de evaluación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Tabla 24.

Escala de evaluación por Mg. Daniel Montenegro

Criterios	Evaluación según importancia y representatividad				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X

Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X



Firma: _____

Tabla 25.

Escala de evaluación por Ing. Gabriel Cortés

Criterios	Evaluación según importancia y representatividad				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad				X	
Calidad técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X



Firma: _____

Tabla 26.

Escala de evaluación por Ing. Rodrigo Cisneros

Criterios	Evaluación según importancia y representatividad				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad técnica					X

Factibilidad				X	
Pertinencia					X

Firma:  _____

En base a los resultados obtenidos en cada punto de evaluación por parte de los especialistas, se evidencia una aceptación y validación de la propuesta desarrollada de acuerdo a la experiencia laboral y conocimiento de los sistemas HVAC. Dando como resultado un trabajo de estudio de gran utilidad para aplicaciones similares en proyectos que se deseen implementar en el futuro.

CONCLUSIONES

El cálculo inicial de necesidades de climatización y ventilación mecánica es crucial para un correcto dimensionamiento de equipos, sensores, materiales y controladores necesarios para monitorear y gestionar los sistemas que se desea implementar.

La adopción de los sistemas propuestos conllevará mejoras significativas en la calidad del servicio al reducir los tiempos de respuesta, prevenir fallos y mejorar el acceso a la información. La centralización de la información y la visualización de los sistemas distribuidos, junto con la capacidad de registrar mediciones, alarmas y ejercer control, promoverá una mejora continua en los servicios y optimizará la inversión empresarial. Además, estos sistemas facilitarán una gestión energética más eficiente, manteniendo una interfaz dinámica y aplicando un sistema de gestión de costos adecuado.

La centralización de la información acompañado de acciones de control enfocados en controlar el funcionamiento de los sistemas en base a mediciones y lecturas de sensores de campo, optimiza radicalmente el uso de energía de estos equipos únicamente cuando las condiciones ambientales no satisfacen los parámetros de diseño de confort para los ocupantes del edificio, sin embargo, es importante socializar el uso de estos a los usuarios para un mejor entendimiento y conciencia ambiental.

Finalmente, se logró comparar el consumo energético y los costos de operación entre los sistemas propuestos contra un diseño típico HVAC, donde notoriamente se identifica la ineficiencia y elevados costos de operación al no plantear una estrategia de integración de dispositivos mecánicos eficientes junto a un sistema de control que ajuste el funcionamiento según la programación establecida.

RECOMENDACIONES

Es imprescindible la selección de equipos eficientes y con tecnología a la vanguardia ya que puede garantizar que la inversión inicial para el proyecto sea retribuida en un corto plazo de tiempo durante sus periodos de operación.

Actualmente, la inteligencia artificial (IA) está abriendo campo a un sinfín de posibilidades en la rama de la automatización de edificios inteligentes. Su principal característica se basa en el aprendizaje y toma de decisiones autónomas, por lo tanto, es posible implementar el análisis de patrones de comportamiento de los sistemas HVAC para que de forma autónoma los equipos funcionen en base a horarios de mayor afluencia de personas, ajuste de parámetros de confort según la estación (inverno y verano en Ecuador) o sensación térmica por el usuario, necesidades de mantenimiento preventivo o correctivo y tiempos de actividad e inactividad.

Los dispositivos que gestionan y controlan el funcionamiento de los sistemas HVAC son seleccionados de forma minuciosa, estos deben integrar: características y requisitos de compatibilidad con sensores y actuadores de terceros, protocolo de comunicación compatible para el intercambio de información y posibilidad de integración de nuevos equipos sin afectar a la arquitectura o estructura de sistemas existentes.

Es de suma importancia realizar un análisis de costo de implementación y energético desarrollado por un profesional con conocimiento en sistemas HVAC, con la finalidad de determinar y seleccionar los sistemas acordes a las necesidades del edificio.

BIBLIOGRAFÍA

- Castelán R., Neri L., (2014). Fluidos, ondas y calor. Editorial Digital Tecnológico de Monterrey. Volumen 3. Recuperado de https://www.google.com.ec/books/edition/Fluidos_ondas_y_calor_Volumen_3/6HBIDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=calor+temperatura&pg=PT12&printsec=frontcover
- García, K. (2015). Estudio y diseño de un Data Center que cumple las normas internacionales para una Institución Pública del Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Tecnológica Israel]. Repositorio Universidad Tecnológica Israel. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/695/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-116.pdf>
- Calmet at al. (2021). Plan de negocio para la implementación de una empresa fabricante y comercializadora de unidades manejadoras de aire para sistemas de aire acondicionado con tecnología VRF. [Tesis posgrado, Universidad Esan]. Repositorio Esan. <https://repositorio.esan.edu.pe///handle/20.500.12640/2647>
- Ochoa, I. (2020). Ventilación mecánica. Hospital Ángeles Pedregal, México, México. Extraído de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/actmed/am-2020/am203x.pdf>
- Abdelouahab, O. (2022). Uso de tecnologías IoT y protocolos BACnet para monitorización y control de climatización. [Tesis pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/187243/Ben%20-%20Uso%20de%20tecnologias%20IoT%20y%20protocolos%20BACnet%20para%20la%20monitorizacion%20y%20control%20de%20climatizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bermejo, L. (2011). Sistema de gestión centralizado para el control de la climatización de un edificio. [Tesis pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]. Repositorio Universidad Carlos III de Madrid. <https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13586/PFC%20LAURA%20BERMEJO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barreneche, R. (2011). Acondicionamiento térmico de edificios. Nobuko Editorial segunda edición. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eowzEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA10&dq=carga+termica+de+un+edificio&ots=L-#v=onepage&q=carga%20termica%20de%20un%20edificio&f=false>
- Laminaire. (s.f.). Consideraciones de sistemas HVAC en parqueaderos. Recuperado de <https://laminaire.net/consideraciones-de-sistemas-hvac-en-parqueaderos/>
- Ziehl-Abegg. (s.f.). Ventiladores Axiales. Recuperado de <https://www.ziehl-abegg.com/es/productos/ventiladores-axiales>
- Soler & Palau. (s.f.). Extractores Helicentrífugos. Recuperado de <https://www.solerpalau.co/modelo.php?linea=Hábitat&modelo=Extractores+Helicentrífugos>
- Soler & Palau. (s.f.). Ventiladores centrífugos. Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventiladores-centrifugos/>

Cascales, M. (s.f.). Revista Digital de Prevención: Determinación del síndrome del edificio enfermo. Recuperado de https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/4846/determinacion_sindrome_edificio_enfermo.pdf?sequence=2

CIQA. (s.f.). What is an Air Handling Unit? CIQA. Recuperado de <https://ciqa.net/what-is-air-handling-unit/>

Soler & Palau. (s.f.). Sensores de movimiento. Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensores-movimiento/>

ASHRAE. (2017). Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humada. ASHRAE 55-2017

ASHRAE. (2019). Ventilación para una aceptable calidad del aire interior. ASHRAE 65-2019

MIDUVI. (2011). Eficiencia energética en la construcción en Ecuador. Capítulo 13. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Recuperado de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

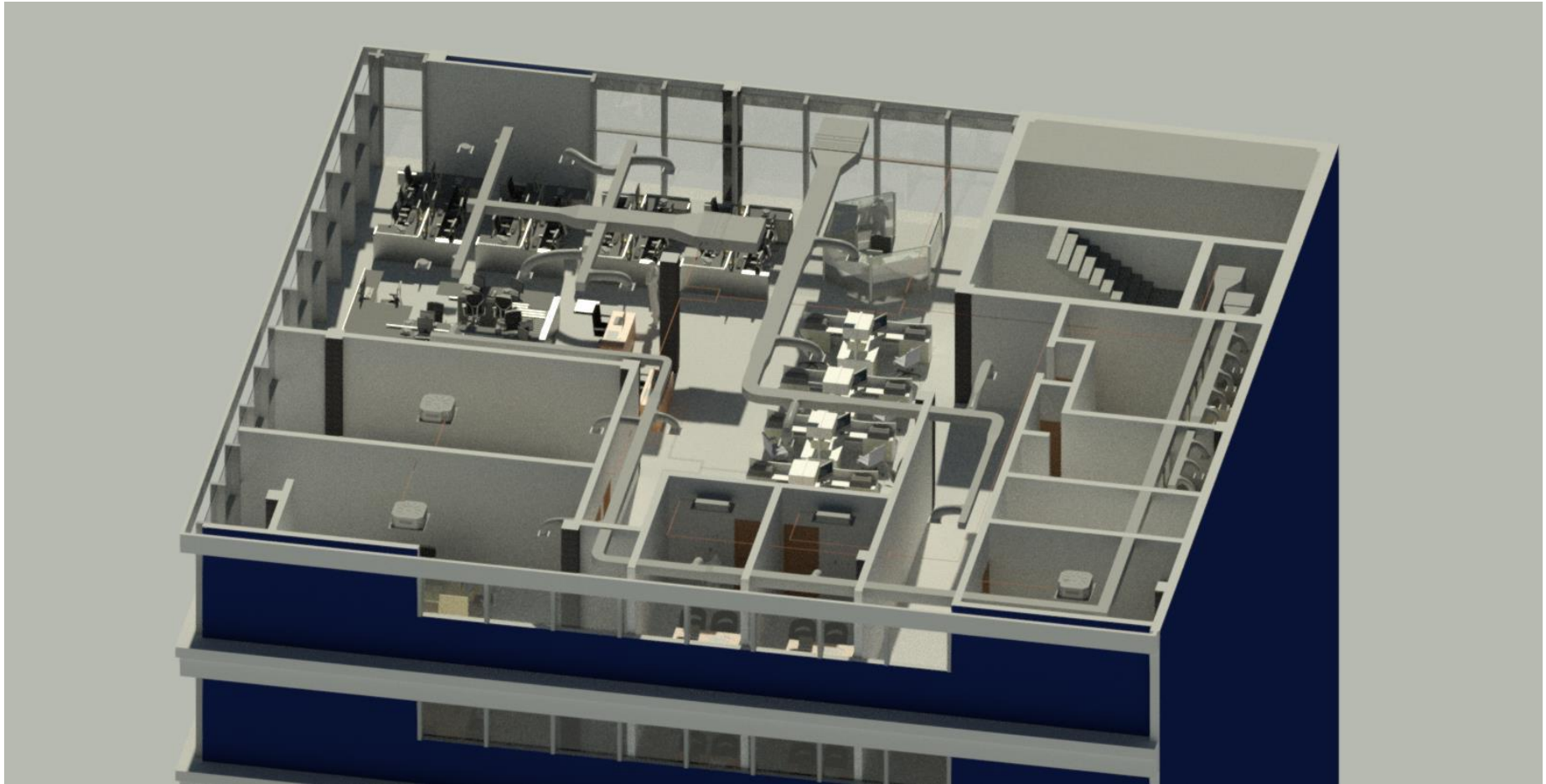
ANEXOS

ANEXO 1

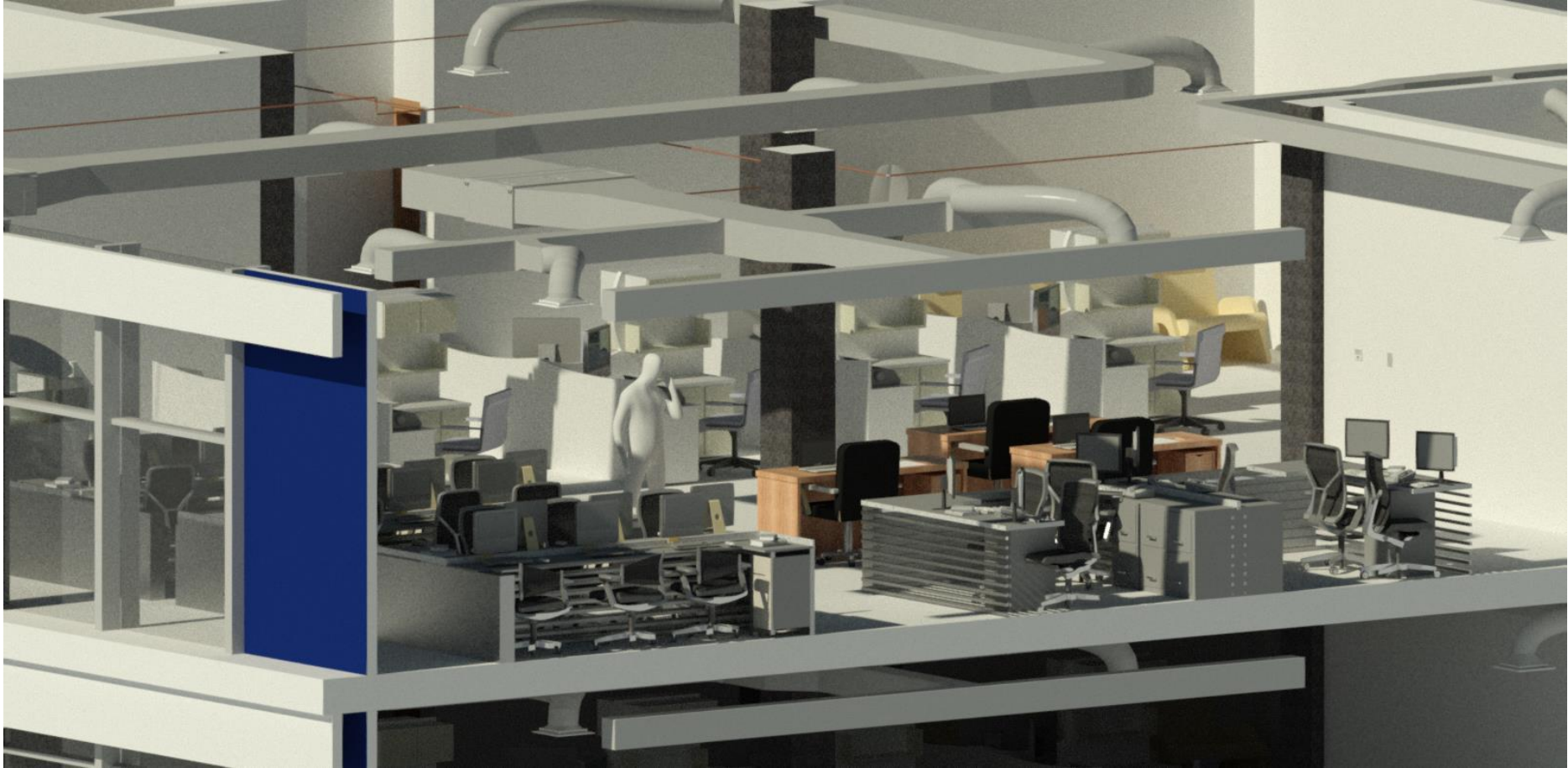
MODELADO DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO

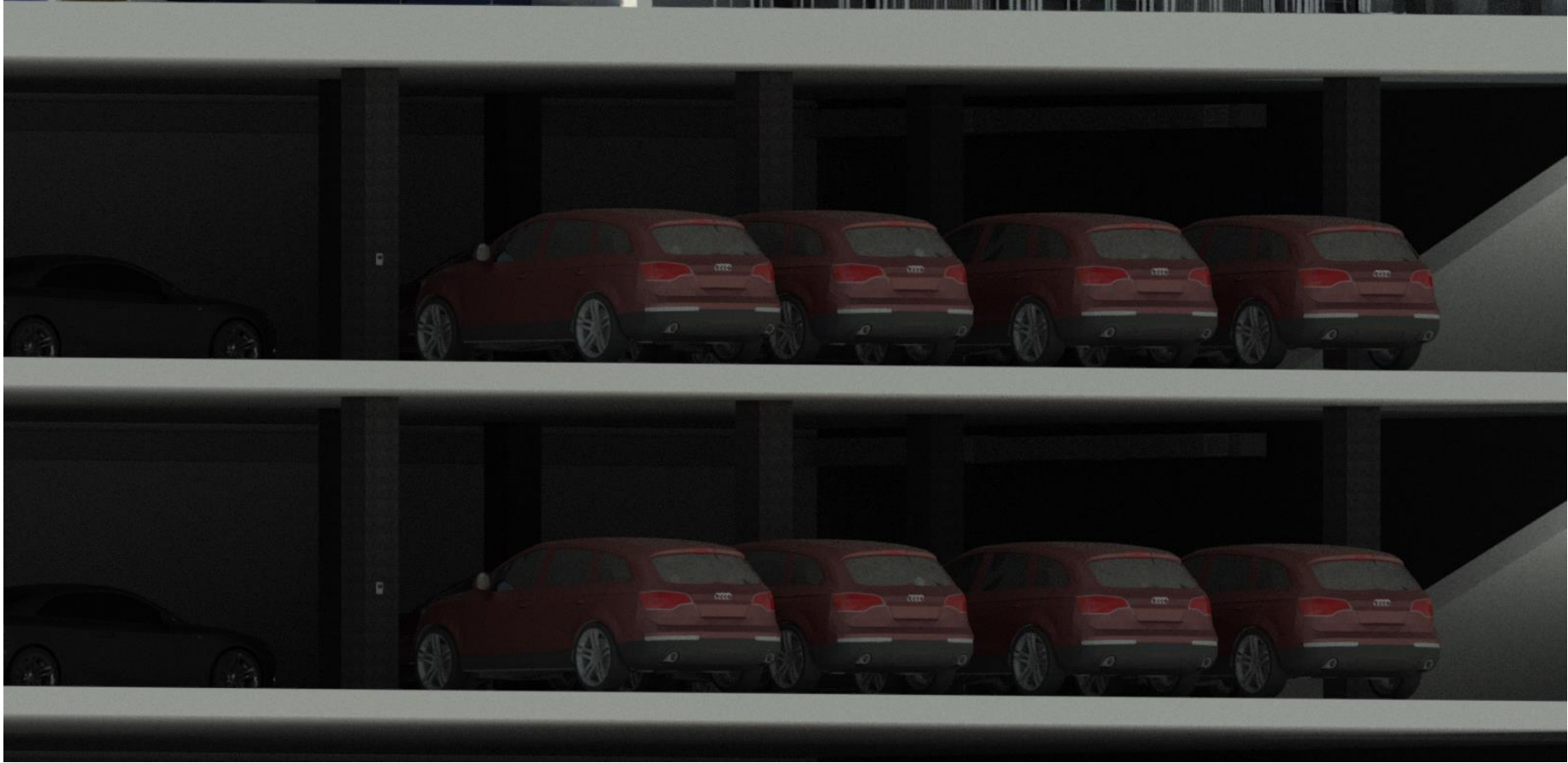


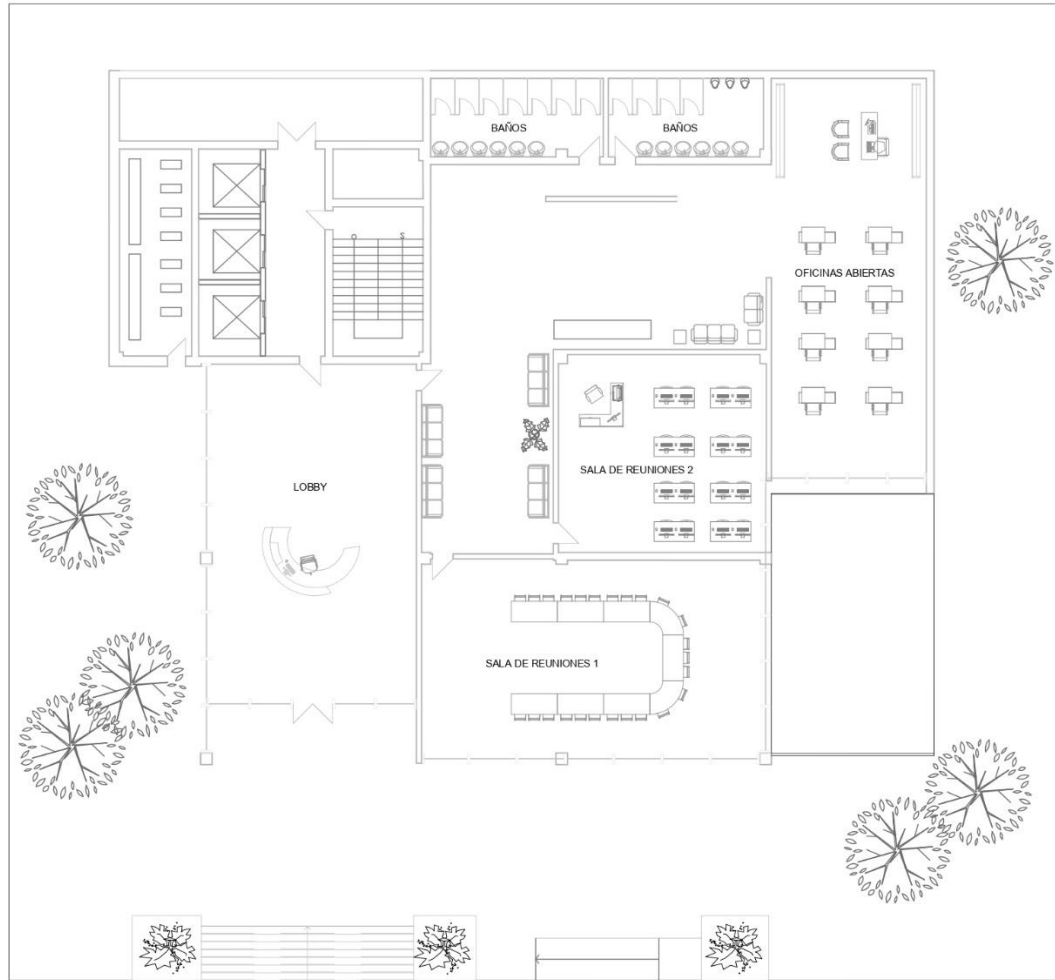




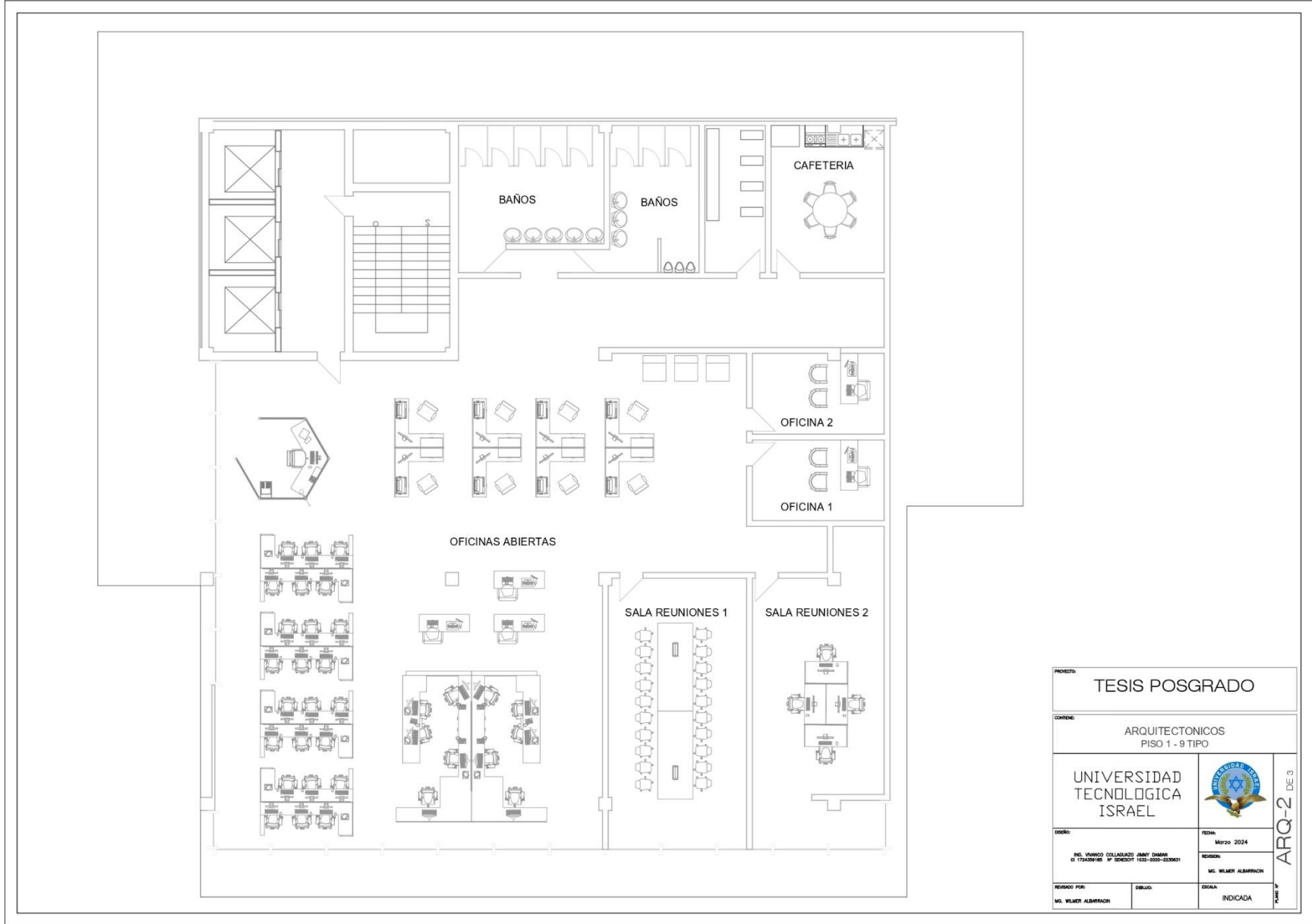




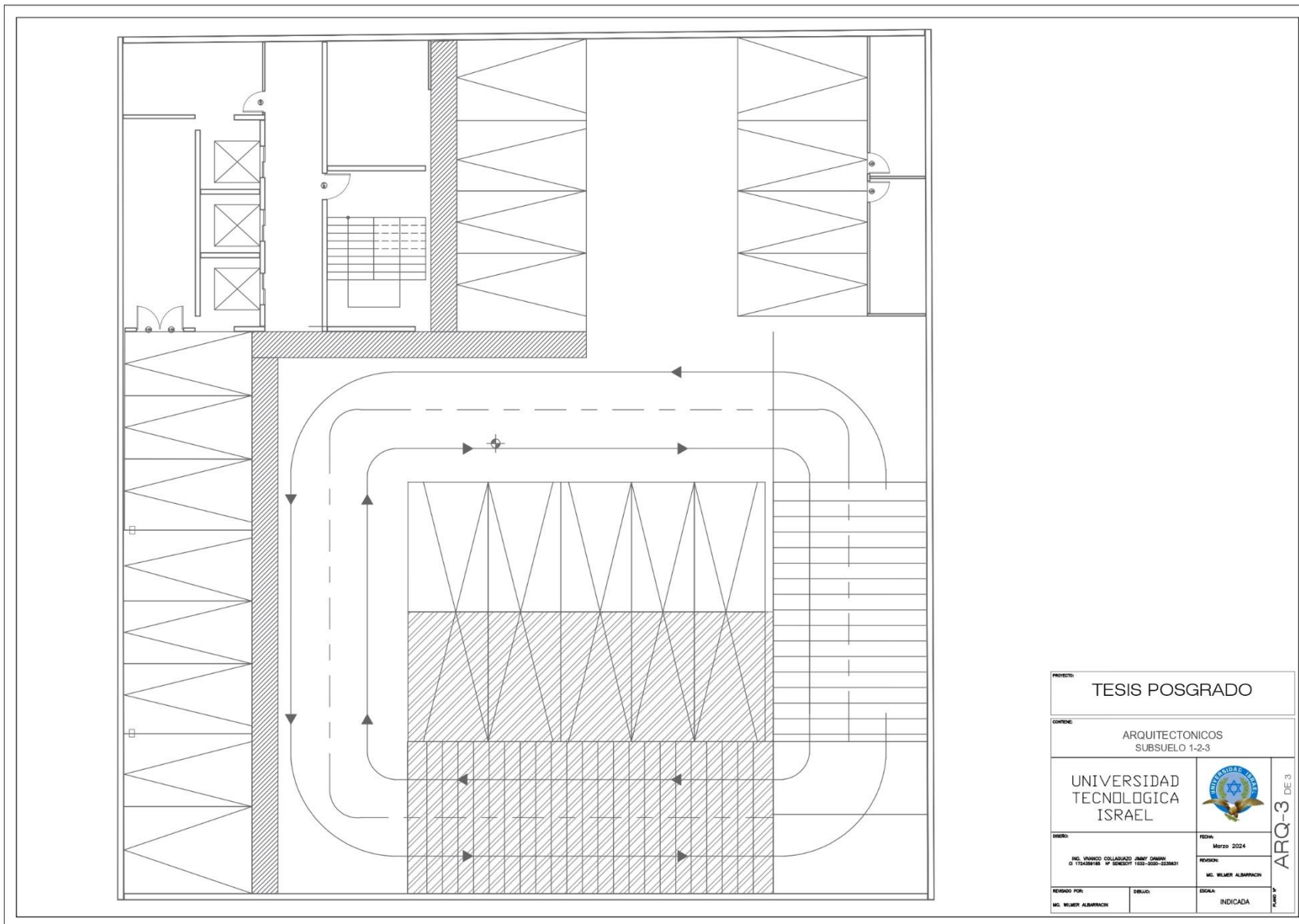




PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
CORRONE:		ARQUITECTONICOS PLANTA BAJA	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL			
DISEÑO POR: M.C. WILMER ALBARRACH	FECHA: Marzo 2024	REVISOR: M.C. WILMER ALBARRACH	ARG-1 DE 3
DISEÑO POR: M.C. WILMER ALBARRACH	EDICIÓN: INDICADA	EDICIÓN: INDICADA	



PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
CONTENIDO:		ARQUITECTONICOS PISO 1 - 9 TIPO	
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA ISRAEL			
DISEÑO: <small>ING. VÁNEGO COLLAZARDO JIMMY DAMIAN C.I. 1724264-80 N° SENEDECYT 1432-0330-2236631</small>	FECHA: Marzo 2024	ARQ-2 DE 3 PISO 3	
REVISADO POR: ING. WILMER ALBARRACIN	REVISOR: ING. WILMER ALBARRACIN		
ESCALA: INDICADA			

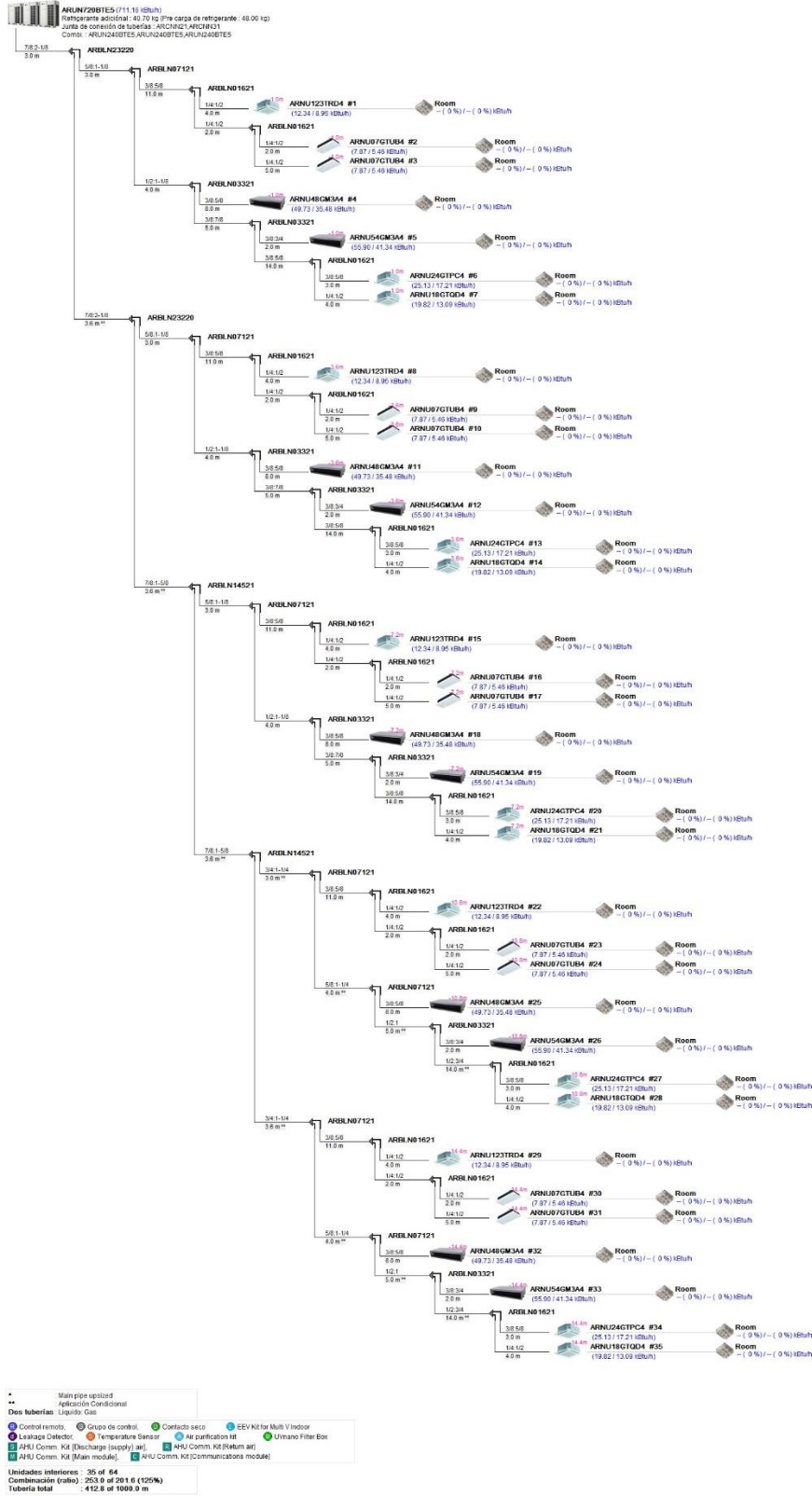


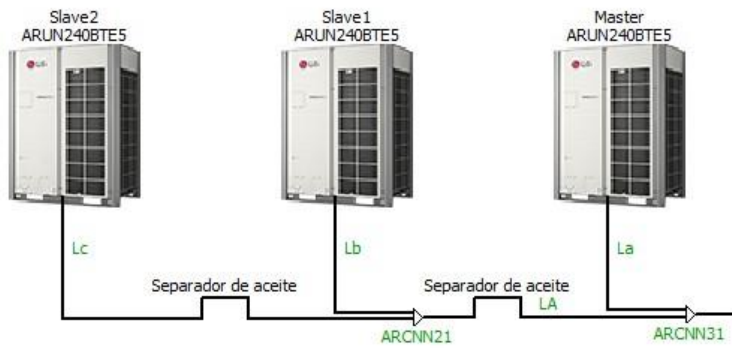
PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
COORDINADOR:		ARQUITECTONICOS SUBSUELO 1-2-3	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL			
DISEÑO POR: MG. WILMER ALBARRACIN C 174208160 OF SURECOT 1081-1000-223631	FECHA: Marzo 2024	REVISOR: MG. WILMER ALBARRACIN	ARQ-3 DE 3
DISEÑO POR: MG. WILMER ALBARRACIN	DISEÑO: INDICADA	ESCALA: INDICADA	

ANEXO 2

SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES DE AIRE ACONDICIONADO

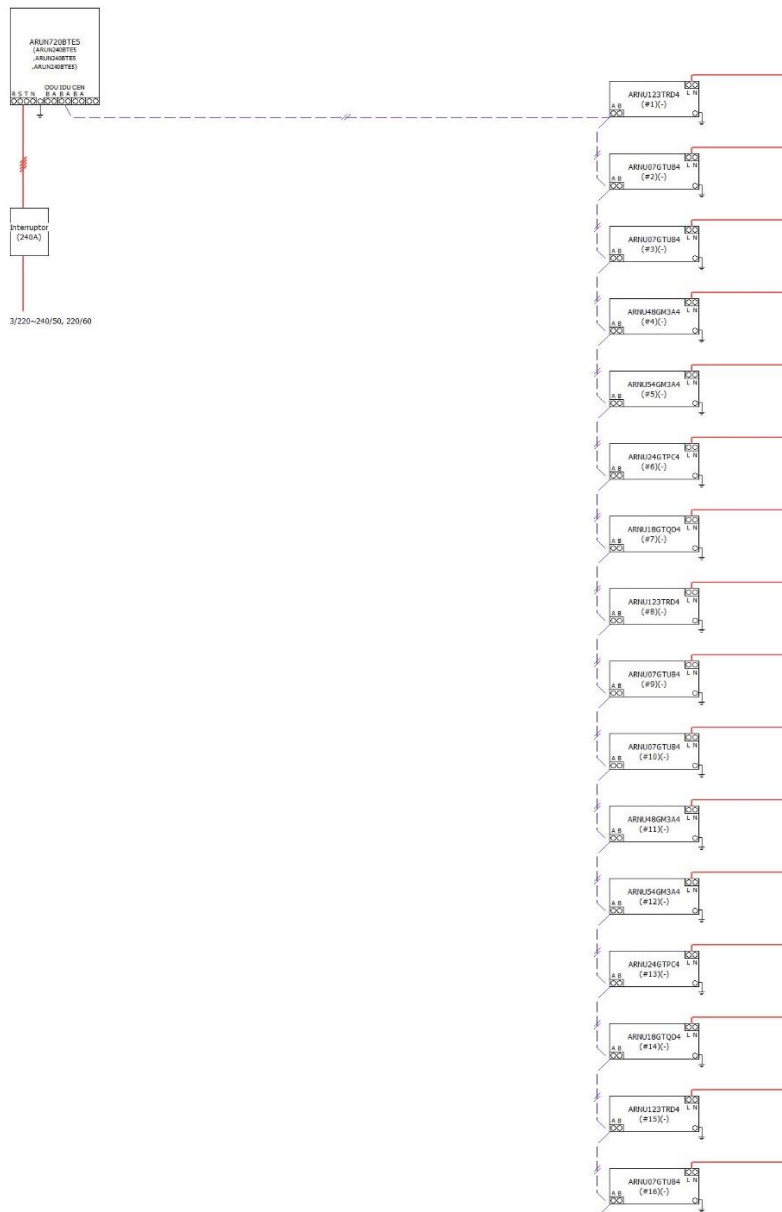
Sistema 1

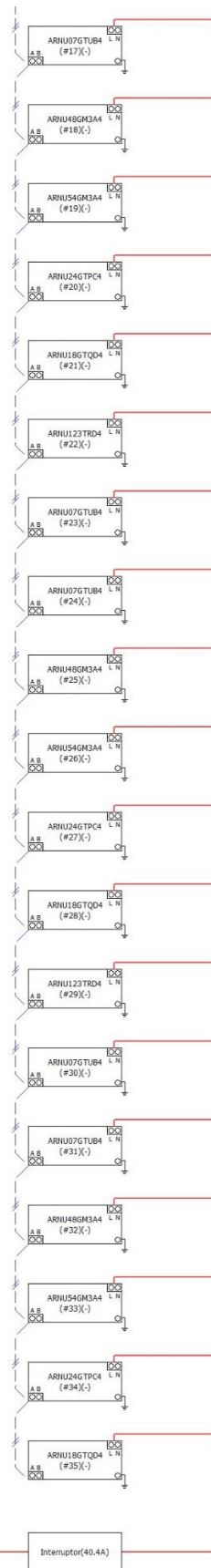




* Oil Trap : Apply when height difference or distance between the ODUs is over 2m(6.6ft).

- Power line(Outdoor unit)
- Power line(Indoor unit / HR unit)
- Communication line (ODU-IDU / ODU-ODU) : VCTF-SB 2C x 1.0~1.5mm²
- Communication line (ODU-CEN) : VCTF-SB 2C x 1.0~1.5mm²
- VCTF-SE 4C x 1.75~1.5mm²(AC Ec: Simple central controller)
- Communication line(Remote controller) : AWG 24 x 3C





1/220-240/50, 220/60

Nota :
 Recomendamos un tamaño superior del diferencial al calculado.

Proyecto Cost Estimate

Fecha: 18/02/2024

Precio total	#¡VALOR!	Currency	\$
--------------	----------	----------	----

1. Unidades Exteriores

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARUN240BTE5	3		0
SubTotal	3		0

2. Unidades Interiores

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARNU07GTUB4	10		0
ARNU123TRD4	5		0
ARNU18GTQD4	5		0
ARNU24GTPC4	5		0
ARNU48GM3A4	5		0
ARNU54GM3A4	5		0
SubTotal	35		0

3. Accesorios

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
PT-MCHW0	5		0
PT-QCHW0	10		0
PT-UAHW0	10		0
SubTotal	25		0

4. Tuberías Junta/Distribuidor/Tubería común

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARBLN01621	15		0
ARBLN03321	8		0
ARBLN07121	7		0
ARBLN14521	2		0
ARBLN23220	2		0
ARCNN21	1		0
ARCNN31	1		0
SubTotal	36		0

Proyecto Cost Estimate

Fecha: 18/02/2024

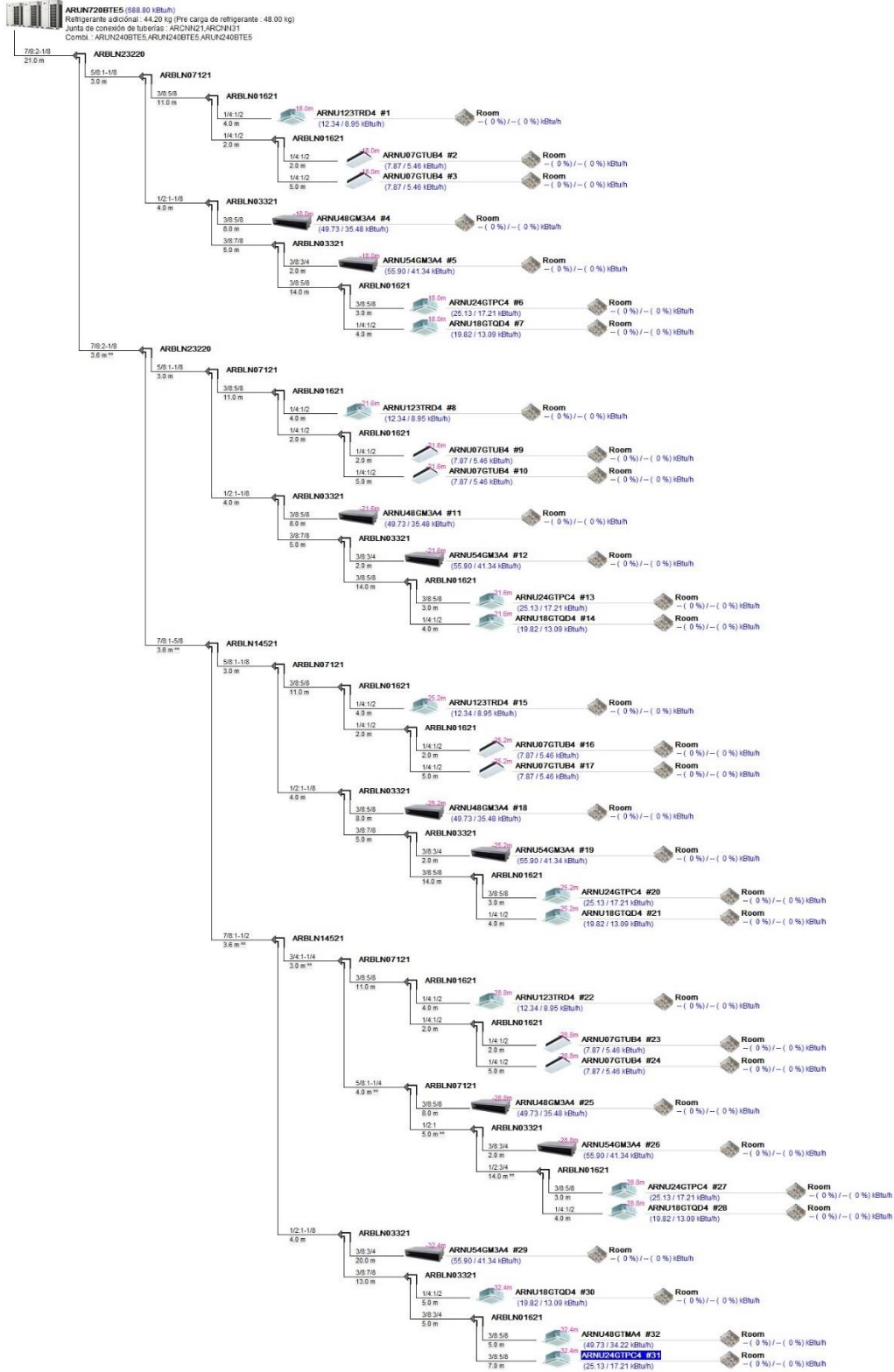
5. Tuberías

Dia(inch)	Longitud(m)	Precio unidad	Precio total
1/4	85.0		
1/2	135.0		
1	10.0		
1-1/8	21.0		
1-1/4	14.6		
1-5/8	7.2		
2-1/8	6.6		
3/8	177.0		
3/4	44.6		
5/8	169.0		
7/8	28.8		
SubTotal			0

6. Refrigerante

Refrigerante	Refrigerante adicional(kg)	Precio unidad	Precio total
R410A	40.70		
SubTotal			0

Sistema 2

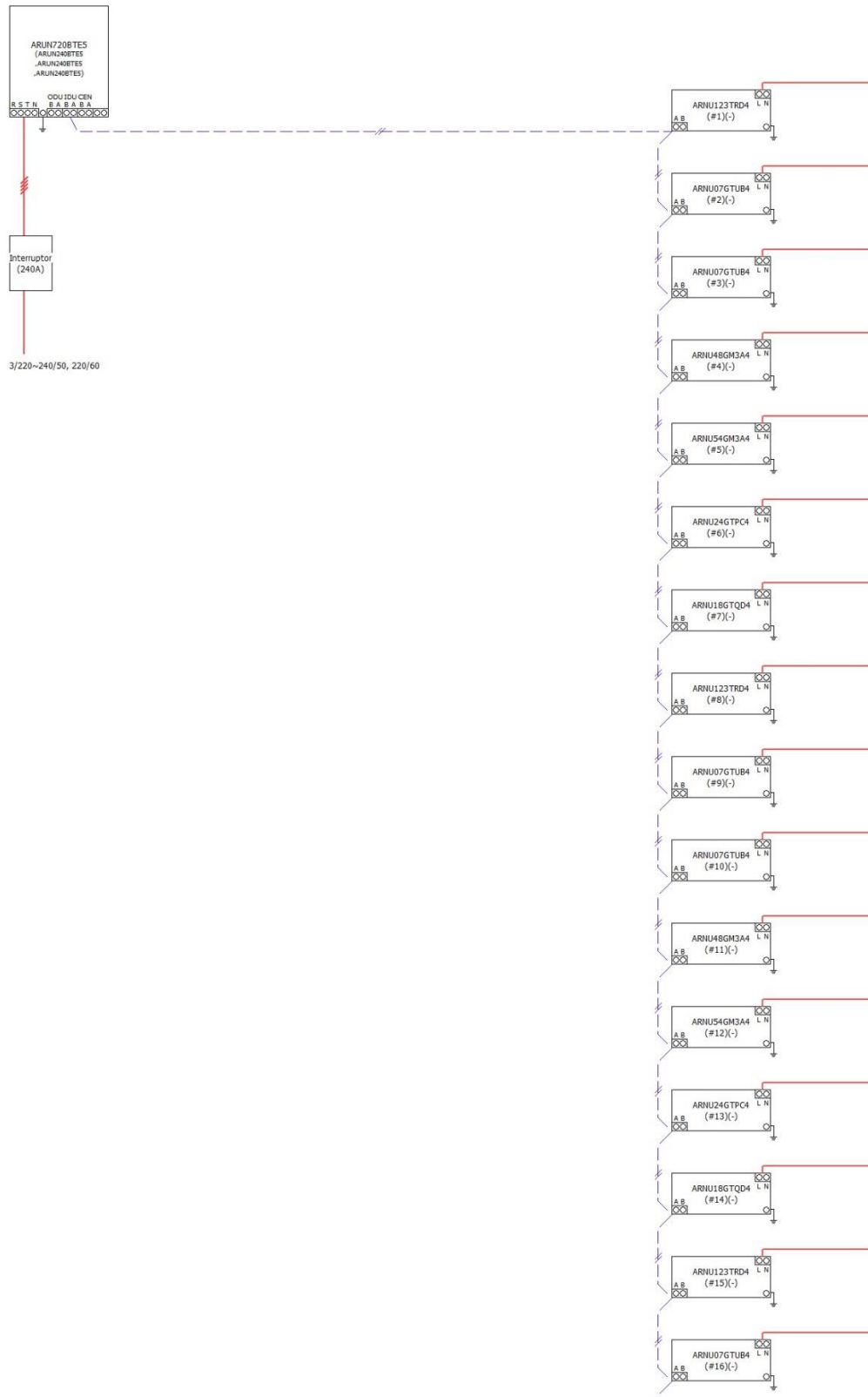


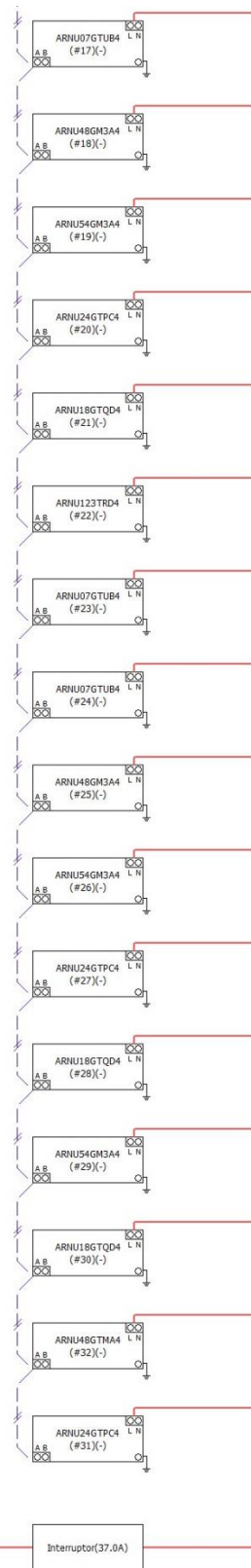
* Main pipe upsized
 ** Aplicación Condicional
 Das tuberías - Líquido: Gas

Control remoto, Grupo de control, Contacto seco, EEV Kit for Multi V Indoor
 Leaking Detector, Temperature Sensor, Air purification kit, Ultrasonic Filter Box
 AHU Comm. Kit [Discharge (supply) air], AHU Comm. Kit [Return air]
 AHU Comm. Kit [Main module], AHU Comm. Kit [Communications module]

Unidades interiores : 32 of 64
 Combinación (ratio) : 245.0 of 201.6 (122%)
 Tubería total : 395.0 of 1000.0 m

-  Power line(Outdoor unit)
-  Power line(Indoor unit / HR unit)
-  Communication line (ODU-IDU / ODU-ODU) : VCTF-SB 2C x 1.0- 1.5 mm²
-  Communication line (ODU-CEN) : VCTF-SB 2C x 0.75 - 1.5 mm²
-  * VCTF-SB 4C x 0.75 - 1.5 mm²(AC Ez: Simple central controller)
-  Communication line(Remote controller) : AWG 24 x 3C





1/220~240/50, 220/60

Nota :
Recomendamos un tamaño superior del diferencial al calculado.

Proyecto Cost Estimate

Fecha: 19/02/2024

Precio total	#¡VALOR!	Currency	\$
--------------	----------	----------	----

1. Unidades Exteriores

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARUN240BTE5	3		0
SubTotal	3		0

2. Unidades Interiores

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARNU07GTUB4	8		0
ARNU23TRD4	4		0
ARNU8GTQD4	5		0
ARNU24GTPC4	5		0
ARNU48GTMA4	1		0
ARNU48GM3A4	4		0
ARNU54GM3A4	5		0
SubTotal	32		0

3. Accesorios

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
PT-MCHW0	6		0
PT-QCHW0	9		0
PT-UAHW0	8		0
SubTotal	23		0

4. Tuberías Junta/Distribuidor/Tubería común

Nombre Modelo	Cantidad	Precio unidad	Precio total
ARBLN0621	13		0
ARBLN03321	9		0
ARBLN07421	5		0
ARBLN4521	2		0
ARBLN23220	2		0
ARCNN21	1		0
ARCNN31	1		0
SubTotal	33		0

Proyecto Cost Estimate

Fecha: 19/02/2024

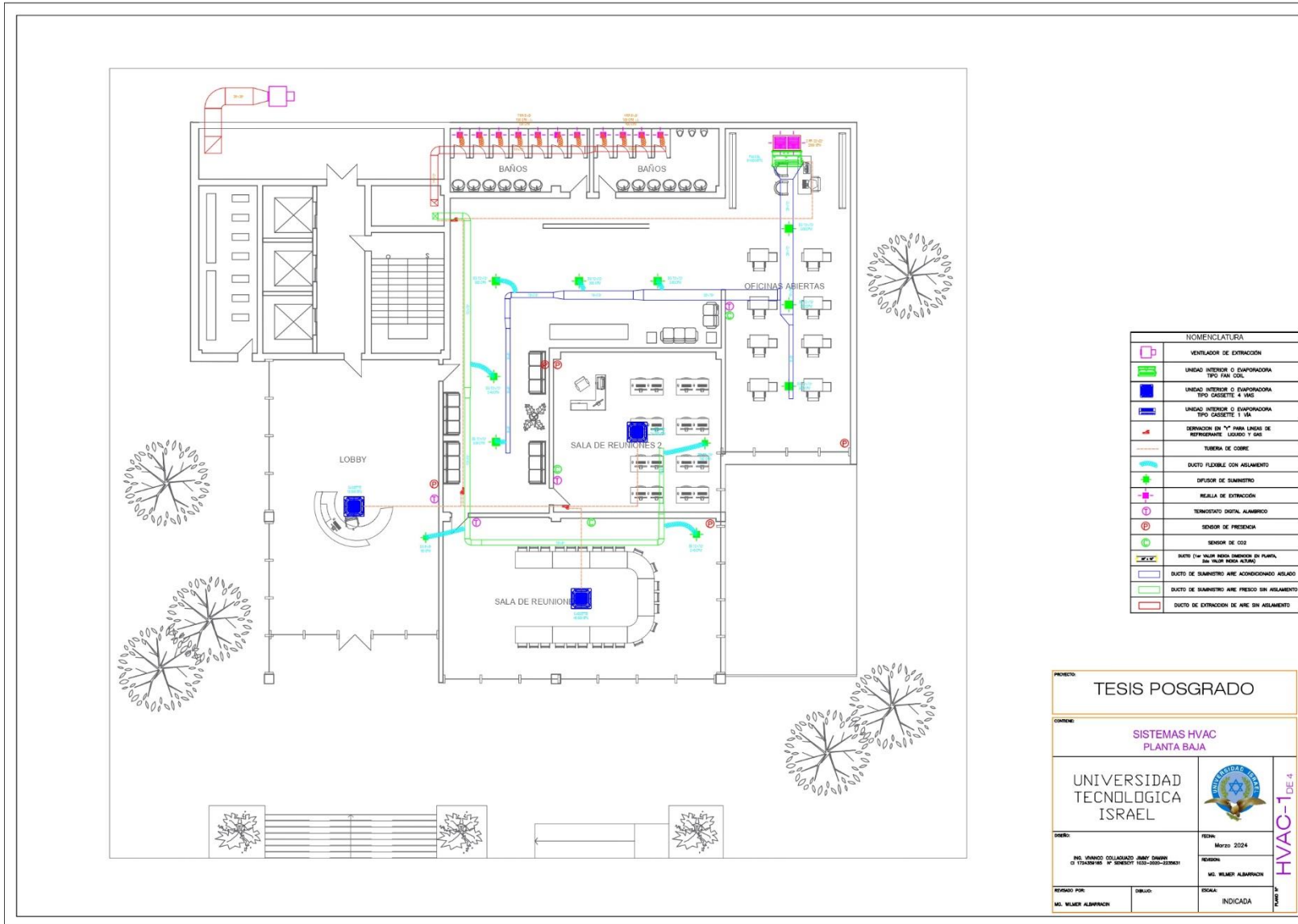
5. Tuberías

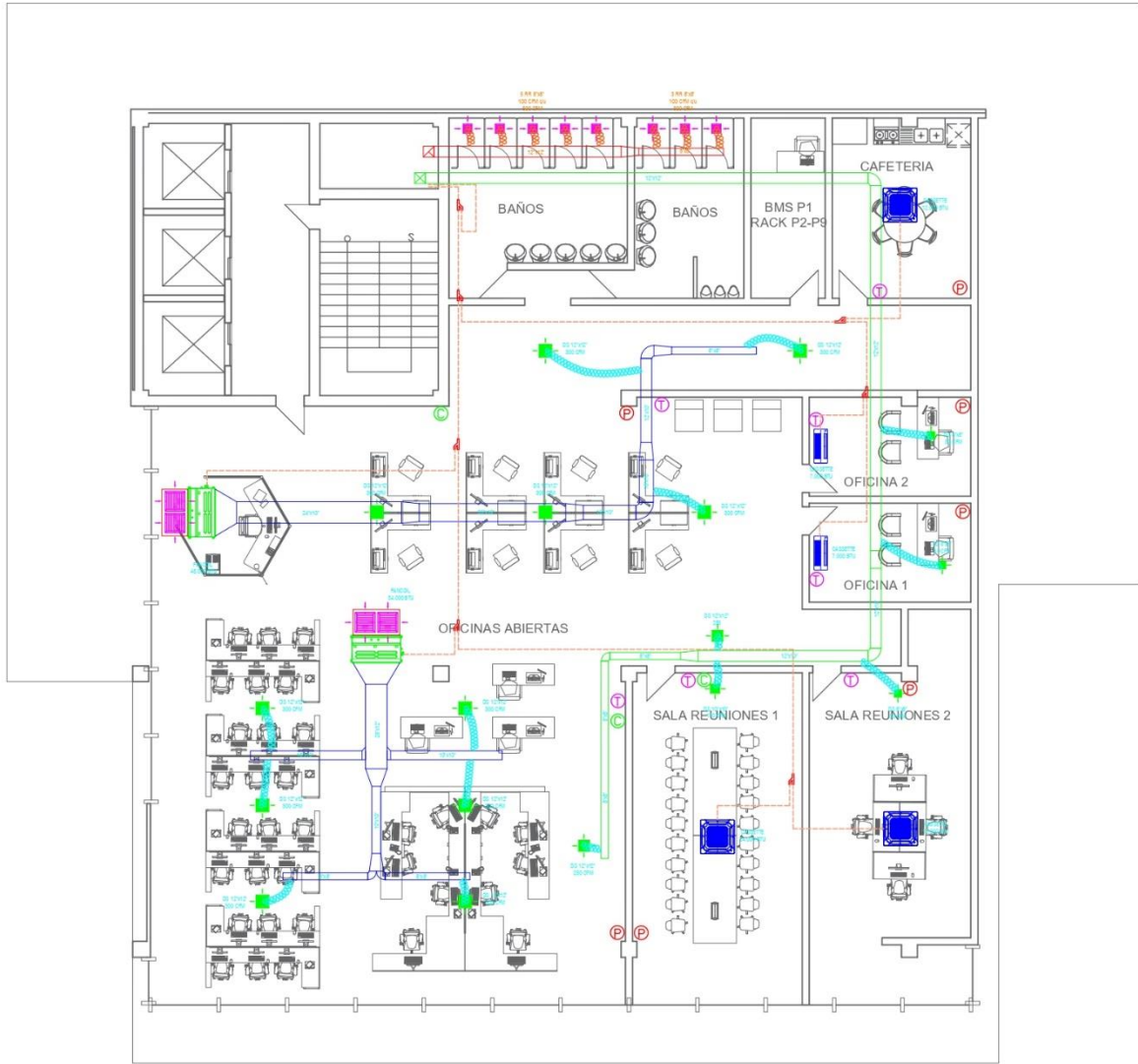
Dia(inch)	Longitud(m)	Precio unidad	Precio total
1/4	73.0		
1/2	108.0		
1	5.0		
1-1/8	25.0		
1-1/4	7.0		
1-1/2	3.6		
1-5/8	3.6		
2-1/8	24.6		
3/8	203.0		
3/4	50.0		
5/8	155.0		
7/8	59.8		
SubTotal			0

6. Refrigerante

Refrigerante	Refrigerante adicional(kg)	Precio unidad	Precio total
R410A	44.20		
SubTotal			0

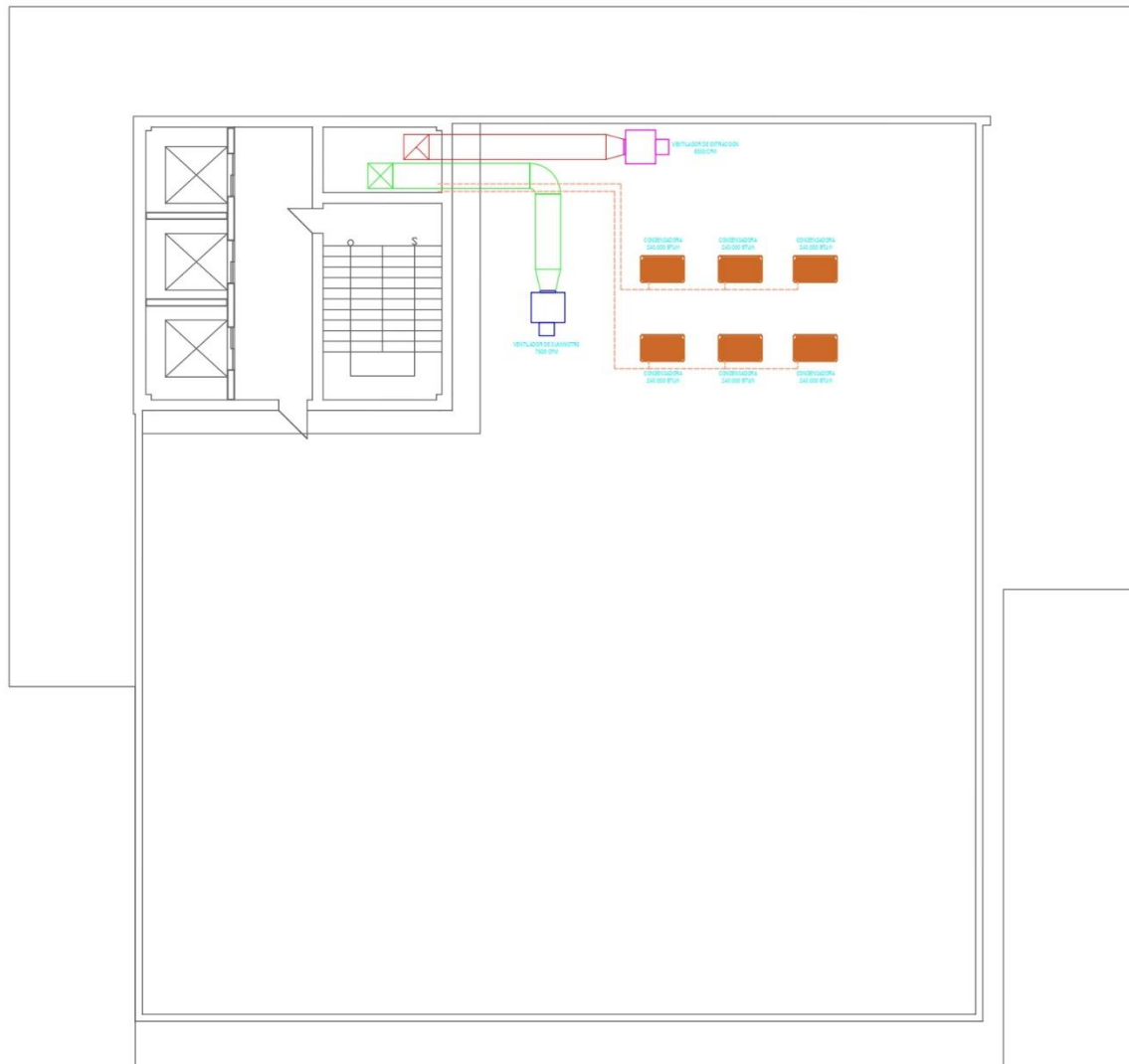
ANEXO 3 DISEÑO DE SISTEMAS HVAC





NOMENCLATURA	
	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO FAN COIL
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 4 VAS
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 1 VA
	DERIVACION EN T PARA LINEAS DE REFRIGERANTE LIQUIDO Y GAS
	TUBERIA DE COBRE
	DUCTO FLEXIBLE CON AISLAMIENTO
	DIFFUSOR DE SUMINISTRO
	REJILLA DE EXTRACCIÓN
	TERMOSTATO DIGITAL ALAMBICO
	SENSOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE CO2
	DUCTO (1er VALVE PARA DIRECCION EN PLANTA, 2do VALVE PARA ALZAR)
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE ACONDICIONADO AISLADO
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE FRESCO SIN AISLAMIENTO
	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE AIRE SIN AISLAMIENTO

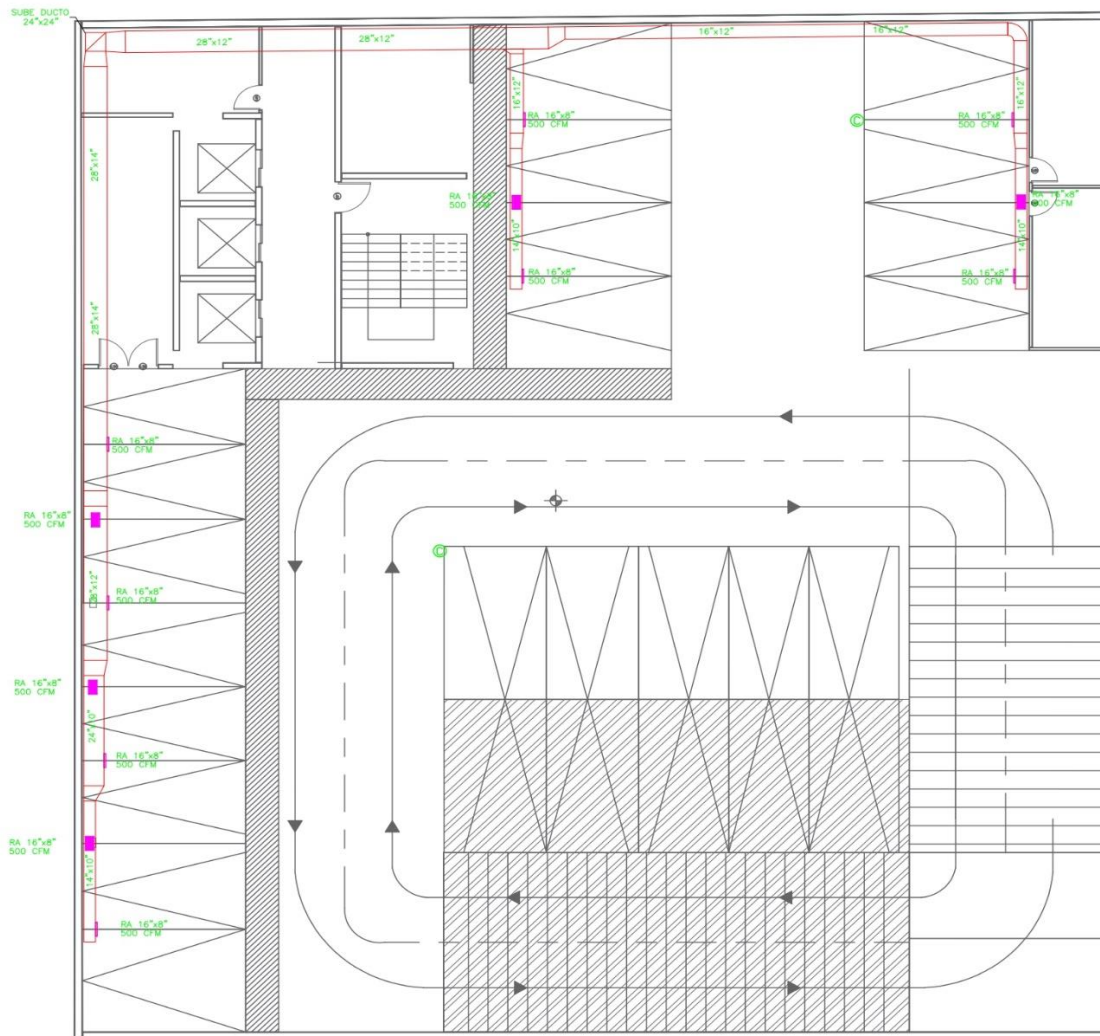
PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
CONDICION:		SISTEMAS HVAC PISO 1-9 TIPO	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL			
DISEÑO: ING. WAIKCO COLLAGUZO JIMAY DABAN CI 1742029186 N° SENEADOT 1032-2020-2220261	FECHA: Marzo 2024	HVAC-2 DE 4	
REVISADO POR: MC. WILMER ALBARRACIN	REVISOR: MC. WILMER ALBARRACIN		
ESTATUS: INDICADA	ESCALA: INDICADA	PÁGINA: 108	



NOMENCLATURA	
	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO FAN COIL
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 4 VAS
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 1 VA
	DERIVACION EN 'Y' PARA LINEAS DE REFRIGERANTE LIQUIDO Y GAS
	TUBERIA DE COBRE
	DUCTO FLEXIBLE CON AISLAMIENTO
	DIFFUSOR DE SUMINISTRO
	REJILLA DE EXTRACCIÓN
	TERMOSTATO DIGITAL ALAMBRO
	SENSOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE CO2
	DUCTO (1"4 VALOR MENOR IMBIBICION EN PUNTO, 2"4 VALOR MAS ALTO)
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE ACONDICIONADO AISLADO
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE FRESCO SIN AISLAMIENTO
	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE AIRE SIN AISLAMIENTO

PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
CONTIENE:		SISTEMAS HVAC TERRAZA	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL			
DISEÑO:		FECHA:	Marzo 2024
ING. IVANCO COLLAJADO (BAP) DANAKI O 1724289180 N° SENESCYT 1032-2020-233621		REVISIÓN:	MG. WILMER ALBARRACIN
REVISADO POR:	SEÑALÓ:	ESCALA:	INDICADA
MG. WILMER ALBARRACIN			

HVAC-3 DE 4



NOMENCLATURA	
	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO FAH COIL
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 4 VAS
	UNIDAD INTERIOR O EVAPORADORA TIPO CASSETTE 1 VAS
	DERIVACION EN "N" PARA LINEAS DE REFRIGERANTE LIQUIDO Y GAS
	TUBERIA DE COBRE
	DUCTO FLEXIBLE CON AISLAMIENTO
	DIFFUSOR DE SUMINISTRO
	REJILLA DE EXTRACCIÓN
	TERMOSTATO DIGITAL ALAMBRAO
	SENSOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE CO2
	DUCTO (1er VALOR INDICA DIMENSION EN PLANTA, 2do VALOR INDICA ALTURA)
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE FRESCO ACCIONADO AISLADO
	DUCTO DE SUMINISTRO AIRE FRESCO SIN AISLAMIENTO
	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE AIRE SIN AISLAMIENTO

PROYECTO:		TESIS POSGRADO	
CONTIENE:		SISTEMAS HVAC SUBSUELO 1-2-3	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL			
DISEÑO: ING. YANICO COLLAOZAO JHONY DAMIAN CI 1754389185 Nº SEMESTRE 1033-2020-2326631	FECHA: Marzo 2024	HVAC-4 JE-4	
REVISADO POR: MG. WILMER ALBARRACIN	REVISOR: MG. WILMER ALBARRACIN		
DIBUJO: MG. WILMER ALBARRACIN	ESCALA: INDICADA	5 1/8"	