

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA
PRODUCCION**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACION PARA EDIFICIO
COMERCIAL”**

INGE- 2536

**PROYECTO INTEGRADOR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO**

**PRESENTADO POR:
MADELEINE BELEN GUALE MORA
CARLOS EDUARDO CABANILLA PIZA**

**GUAYAQUIL- ECUADOR
AÑO:2024**

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado para mi papá Carlos, y para mi mamá Teresa, que con mucho cariño me brindaron su apoyo a lo largo de toda esta ardua jornada, y que sin ellos yo no habría logrado llegar hasta estas instancias. Además, también está dedicado para todos aquellos profesores que me aportaron con su enseñanza y además me dieron la oportunidad de colaborar con ellos como su ayudante, gracias por dar ese voto de confianza que siempre es un impulso para convertirse en un mejor profesional.

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, por darme la resiliencia y no dejarme vencer en el camino. A la Dra. Emérita Delgado por su constante diligencia en las revisiones de los capítulos, y también al Mgtr. Frank Porras por todas sus observaciones, sugerencias y guía a lo largo de la creación del proyecto. Finalmente, pero no menos importante agradezco a los profesores Gonzalo Zabala, y Mario Patiño quienes me dieron un voto de confianza, me inspiraron y me impulsaron a ampliar mis horizontes, que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr las metas.

Carlos Cabanilla Piza

Dedicatoria

Dedico con mucho amor este trabajo a mi hermano Danny Ruiz por haber cuidado de mí siempre, por ser incondicional y por ser mi ejemplo a seguir. A mi madre Pilar Mora por ser mi motivación y por orar siempre por mí. A mi padre Jimmy Guale.

A mis amigos Johsac Gómez, Adonis Carmilema y Luz Alulima por estar a mi lado, apoyarme, motivarme a lo largo de mi carrera universitaria y por celebrar cada paso que daba.

Agradecimientos

Agradezco a Jehová Dios por la guía y la fortaleza todos estos años. A los profesores que tuve a lo largo de mi trayectoria académica. Y un agradecimiento especial para el Ing. Fausto Maldonado por el apoyo brindado.

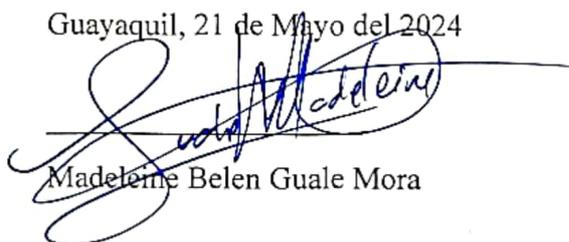
Madeleine Guale Mora

DECLARACION EXPRESA

Nosotros Madeleine Belen Guale Mora y Carlos Eduardo Cabanilla Piza acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra autorizada a sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, y para crear y usar obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso. En los casos en que la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se harán publicaciones ni revelaciones, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de Mayo del 2024


Madeleine Belen Guale Mora


Carlos Eduardo Cabanilla Piza

EVALUADORES

Ph.D. Emérita Alexandra Delgado Plaza

Profesora de Materia

Mgtr. Frank Vicente Porras Carrión

Tutor del Proyecto

Resumen

El proyecto consistió en el diseño un sistema de *climatización eficiente* para una edificación comercial en *Guayaquil*, Ecuador, debido a que la ciudad presenta un clima cálido y húmedo, con *altas temperaturas*, lo que genera la necesidad de sistemas de climatización para garantizar el confort térmico en espacios comerciales.

Para la propuesta de solución se realizó la comparación de dos tecnologías principales de climatización: el *sistema de expansión directa (DX)* y el *sistema de flujo de refrigerante variable (VRF)*. El análisis incluyó la evaluación del consumo energético, las emisiones, las *cargas térmicas*, y los *costos de implementación* y mantenimiento de cada sistema. Además, se consideró el impacto del diseño arquitectónico y las restricciones de espacio.

Finalmente, se realizó el *plano de HVAC* sobre los planos arquitectónicos, y se detalló el sistema de climatización, incluyendo los cálculos de cargas térmicas, la distribución de las unidades evaporadoras, y un análisis de costos tanto para la instalación como para el mantenimiento a largo plazo. Persiguiendo el fin de proporcionar una solución que, aunque inicialmente más costosa, ofrecerá ahorros significativos en operación y mantenimiento, lo que beneficiará tanto al propietario del edificio como a la sociedad en general.

Palabras Claves: *climatización eficiente, Guayaquil, altas temperaturas, sistema de expansión directa (DX), sistema de flujo de refrigerante variable (VRF), cargas térmicas, costos de implementación, plano de HVA*

Abstract

The project involved designing an *efficient air conditioning* system for a commercial building in *Guayaquil*, Ecuador. Given the city's hot and humid climate, with consistently *high temperatures*, the need for air conditioning systems to ensure thermal comfort in commercial spaces is critical.

To develop the proposed solution, a comparison of two primary air conditioning technologies was conducted: the *direct expansion (DX) system* and the *variable refrigerant flow (VRF) system*. The analysis included evaluating *energy consumption*, emissions, *heat loads*, and the implementation and *maintenance costs* for each system. Additionally, the impact of architectural design and space constraints was considered.

Ultimately, the *HVAC plan drawing* was integrated into the architectural blueprints, detailing the air conditioning system, including thermal load calculations, the distribution of evaporator units, and a cost analysis for both installation and long-term maintenance. The goal was to provide a solution that, although initially more expensive, would offer significant savings in operation and maintenance, benefiting both the building owner and society at large.

Keywords: *efficient air conditioning, Guayaquil, high temperatures, direct expansion (DX) system, variable refrigerant flow (VRF) system, energy consumption, heat loads, maintenance costs, HVAC plan drawing*

Tabla de contenido

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Abreviatura	VI
Índice De Figuras.....	VII
Índices De Tablas	VIII
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación del problema	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Marco teórico	5
1.5.1 Factores climáticos.....	5
1.5.2 Cargas térmicas	6
1.5.3 Sistemas de climatización	7
Capítulo 2.....	13
2.1 Metodología	14

2.2 Características del Edificio y Programación de horario	14
2.2.1 Aplicación y Ocupación.....	16
2.3 Requerimiento y Restricciones del Diseño	16
2.4 Cálculo de Cargas Térmicas y Eficiencia	17
2.4.1 Cálculo de Carga Térmica.....	17
2.5 Software para cálculo de carga térmica.....	20
2.6 Alternativas para diseño de sistema de climatización.....	21
2.6.1 Variables y ponderación para la matriz de decisión del tipo de diseño.....	21
2.6.2 Matriz de comparación en pares	23
2.6.3 Matriz de decisión de máquinas evaporadoras	24
2.7 Espacios a climatizar.....	25
2.8 Parámetros de diseño	27
Capítulo 3.....	29
3.1 Resultados De Las Matrices De Decisión.....	30
3.1.1 Matriz De Decisión: Alternativas De Solución VRF vs DX.....	30
3.1.2 Matriz de decisión: Maquinas Evaporadoras	31
3.2 Resultados: Cálculo de cargas térmicas	32
3.3 Capacidades y distribución de evaporadoras	35
3.4 Resultados de cálculos de cargas térmicas mediante uso de software.....	36
3.5 Comparación Costos de Montaje y Mantenimiento de Sistemas de Climatización	37

3.5.1 Costos totales de montaje VRF y Dx	37
3.5.2 Costos totales de mantenimiento preventivo de sistema VRF y DX	37
3.6 Eficiencia Energética	38
Capítulo 4.....	39
4.1 Conclusiones.....	40
4.2 Recomendaciones	42
Bibliografía	43
Anexos	47

Abreviatura

BTU Unidades térmicas británicas de energía

°C Celsius

°F Fahrenheit

CFM Flujo de aire

DX Expansión Directa

Ft Pies

KW/h Kilowatts hora

kW Kilowatts

Lb/min Flujo másico

M Metro

m² Metro cuadrado

Ton Toneladas de refrigeración

VRF Flujo Variable

Índice De Figuras

Figura 1	<i>Datos climatológicos generales en la ciudad de Guayaquil 1991 - 2021.....</i>	5
Figura 2	<i>Tipos de cargas térmicas a considerar en diseño de sistema VRF</i>	7
Figura 3	<i>Diagrama de flujo del Proyecto de diseño de Sistema de Climatización VRF</i>	14
Figura 4	<i>Localización del Edificio, en mapa con coordenadas de longitud y latitud. ...</i>	15
Figura 5	<i>Temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas.</i>	16
Figura 6	<i>Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Baja del edificio.</i>	26
Figura 7	<i>Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Media del edificio.</i>	26
Figura 8	<i>Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Alta del edificio.</i>	27

Índices De Tablas

Tabla 1 <i>Parámetros climatológicos referenciales del Aeropuerto de Guayaquil</i>	6
Tabla 2 Variables que influyen en el proceso de selección de la mejor alternativa.	22
Tabla 3 <i>Simbología y valor asignado por categoría</i>	23
Tabla 4 <i>Descripción de variables para matriz de decisión</i>	23
Tabla 5 <i>Matriz de comparación en pares</i>	24
Tabla 6 Alternativas de Diseño de Sistema de Climatización.....	24
Tabla 7 <i>Descripción de variables para matriz de decisión</i>	25
Tabla 8 <i>Alternativas de modelos de evaporadores</i>	25
Tabla 9 <i>Parámetros de diseño para cálculo de carga térmica</i>	28
Tabla 10 Matriz de selección de diseño	30
Tabla 11 <i>Matriz de decisión de evaporadores</i>	31
Tabla 12 <i>Valor total de cada parámetro</i>	32
Tabla 13 <i>Resumen de los valores de cargas térmicas calculadas</i>	33
Tabla 14 <i>Valores totales por planta</i>	34
Tabla 15 <i>Unidades interiores en cada zona con su respectiva capacidad</i>	35
Tabla 16 <i>Valores totales de carga térmica por método analítico vs Software</i>	36
Tabla 17 <i>Rubros de costos para montaje de sistema de climatización</i>	37
Tabla 18 <i>Rubros de costo de mantenimiento para sistema de climatización</i>	38
Tabla 19 <i>Estimación de consumo eléctrico mensual para sistema de climatización</i>	38

Capítulo 1

1.1 Introducción

1.2 Descripción del problema

El clima en la ciudad de Guayaquil se caracteriza por ser cálido y húmedo, variando su temperatura entre 26°C y 29°C y su humedad relativa entre 75% y 78% (Soriano, y otros, 2017). Debido a estas condiciones climáticas el uso de sistemas mecánicos de climatización para enfriar a las edificaciones comerciales y alcanzar el confort térmico de sus ocupantes es necesario (Soriano, Hidalgo-Leon , & Litardo, 2021). En los últimos años el crecimiento de la urbe y externalidades asociadas al calentamiento global, han exacerbado la presencia de olas de calor, retroalimentando positivamente la demanda por climatización (Dong-Hwi Kim, Kyeongjoo Park, Jong-Jin Baik, Han-Gyul Jin, & Beom-Soon Han, 2024) .

En edificaciones comerciales situadas en climas como el de Guayaquil, la climatización suele representar entre un 40% y 50% de su consumo energético (Gutierrez, 2023); Si solamente se toma una decisión en base al costo de construcción de la obra, ignorando los costos futuros por uso de la edificación y mantenimiento de los sistemas del mismo, la inversión resultaría no conveniente para la empresa, por lo que es vital optar por un sistema que sea un poco más costoso al inicio, pero que suponga considerables ahorros en el largo plazo.

La edificación considerada para el diseño del sistema de climatización tiene como actividad comercial la venta de partes y piezas automotrices, lo que genera zonas con cargas térmicas variables, siendo una de estas cargas el flujo de clientes. En este sentido un diseño adecuado requiere de un análisis de ingeniería detallado, en donde se deben de considerar las restricciones de espacio impuestas por el arquitecto, las cargas térmicas, y la estética del diseño, los cuales nos pueden conducir a una o varias soluciones para el problema de enfriar una de la edificación a un costo razonable para alcanzar confort térmico.

1.3 Justificación del problema

La implementación de sistemas de climatización para superficies comerciales suele ser costosa, tanto en su operación como en su inversión (A.A, Y.D, & Anigbogu, 2008); por tanto, diseñar sistemas eficientes y adecuados para el tipo de aplicación ayuda a ahorrar recursos, tanto para el dueño del edificio como para la sociedad.

La visión del consumidor puede estar sesgada a adoptar diseños cuyo CAPEX sea bajo, sin embargo, es necesario realizar un análisis para identificar un diseño que permita obtener un confort térmico adecuado, a un costo razonable (es decir cuando los ahorros en OPEX puedan sobrepasar el costo de la inversión adicional). El presente proyecto de materia integradora presenta este análisis y plantea una solución en beneficio del dueño del edificio, así como para la sociedad.

El edificio tiene como actividad comercial la venta de partes y piezas automotrices, lo que genera un flujo de visitas de clientes constante que producen un aumento relevante a la carga térmica al edificio, y sumado a esto se tienen las condiciones climáticas de la ciudad de Guayaquil, con temperaturas por encima de lo sugerido por confort, altos índices de radiación y humedad, creando así la necesidad de climatizar el edificio, a fin de brindar un ambiente confortable tanto para los clientes como para el personal.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema de climatización para una edificación comercial ubicado en la ciudad de Guayaquil, conforme a las normativas ASHRAE y Normativa Ecuatoriana de Construcción NEC-HS-CL, con el propósito de brindar un ambiente confortable a sus ocupantes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar diferentes tecnologías de climatización (expansión directa y VRF), en términos de consumo de energía y emisiones.
- Investigar las características técnicas y componentes necesarios para la implementación del sistema de climatización, tomando en consideración factores como: cargas térmicas, clima, características de la envolvente de la edificación, normativas y estándares.
- Desarrollar un plano detallado de la instalación del sistema de climatización y detalle de costos.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Factores climáticos

Guayaquil es una ciudad con un índice elevado de radiación, y ha llegado a promediar de manera histórica en los años previos a 2022, temperaturas de entre los 23 hasta los 26°C, con picos de hasta los 28,7 °C (CLIMATE DATA ORG, 2021) tal como se observa en la figura 1.

Figura 1

Datos climatológicos generales en la ciudad de Guayaquil 1991 - 2021

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.8	25	25.3	25.3	24.7	23.6	23.1	23	23	23.3	23.7	24.6
Temperatura min. (°C)	23	23.2	23.3	23.3	22.7	21.5	20.9	20.6	20.5	20.8	21.1	22.2
Temperatura máx. (°C)	28.1	28.1	28.5	28.6	27.9	27	26.8	27.2	27.5	27.6	28.2	28.7
Precipitación (mm)	253	390	395	323	239	155	124	89	101	73	57	122
Humedad(%)	84%	87%	86%	85%	85%	85%	83%	81%	81%	80%	78%	79%
Días lluviosos (días)	17	19	19	18	17	15	13	11	12	10	7	11
Horas de sol (horas)	5.8	5.9	6.5	6.5	5.7	5.0	4.7	4.9	4.8	4.4	5.0	6.0

Nota: Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol Extraído de: Climate Org.

Sin embargo, puesto que las condiciones climáticas del planeta han hecho que las temperaturas se eleven a nuevos históricos, llegando hasta los 31°C inclusive, solamente en lo que va del mes de mayo del año presente. (Tiempo3.com, 2024)

Los parámetros climatológicos referenciales que se utilizarán para el análisis de las cargas térmicas y el diseño de un sistema de climatización son los provistos por la tabla climatológica del Handbook ASHRAE 2013 véase anexo.

Tabla 1*Parámetros climatológicos referenciales del Aeropuerto de Guayaquil*

Parámetro climatológico	Valor
Latitud	2,158
Elevación	9
Temperatura de Bulbo seco alrededores (DB)	33,2 °C
Temperatura de Bulbo húmedo alrededores (WB)	22,3 °C
Rango diario	7,2 °C

Nota: Datos extraídos de ASHRAE Handbook 2013 Appendix: Design Condition for selected Locations.

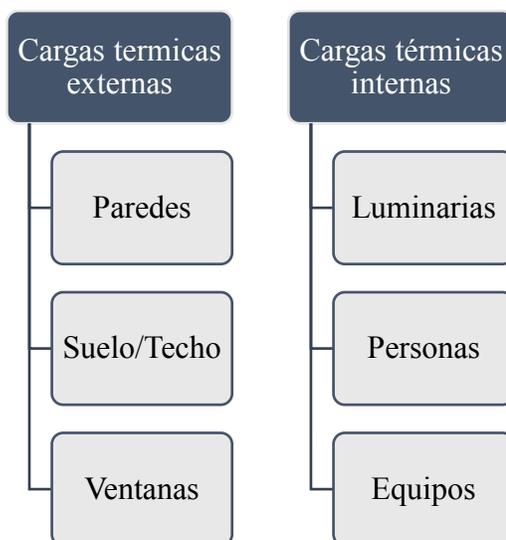
1.5.2 Cargas térmicas

Para el diseño de un sistema de climatización es necesario determinar la cantidad de calor que debe de ser extraído del espacio interior que se busca acondicionar, con el fin de alcanzar una temperatura que favorezca el confort de sus ocupantes. Este “calor extraído” está asociado a las personas y a la actividad que desarrollan dentro del espacio interior, los equipos encendidos, la iluminación, el aire exterior proveniente de infiltraciones y ventilación, la transferencia de calor proveniente del exterior a través de la envolvente de la edificación (puertas, pisos, paredes, ventanas, techos) y la masa térmica de los objetos y elementos de la envolvente. A todas estas “fuentes de calor” se las denomina cargas térmicas.

Estas cargas térmicas se subdividen en 2 grupos según su interacción con el espacio a acondicionar. Las cargas térmicas exteriores son las que se encuentran afuera de las fronteras del sistema a analizar (espacio interior o edificación) y transfieren energía (en forma de calor o masa) entre el ambiente exterior y el interior de la edificación a través de sus fronteras. Por otro lado las cargas térmicas internas resultan de la interacción del ambiente interior con los objetos o cuerpos que se encuentran dentro del edificio y que no tienen la misma temperatura del aire interior.

Figura 2

Tipos de cargas térmicas a considerar en diseño de sistema VRF



1.5.3 Sistemas de climatización

Los sistemas de climatización o de acondicionamiento de aire son un conjunto de elementos mecánicos que realizan el intercambio de calor entre el espacio interior y el ambiente exterior empleando un fluido de trabajo denominado refrigerante. Para el caso de Guayaquil estos sistemas se utilizan para enfriar un determinado espacio interior hasta alcanzar una temperatura deseada y con ello brindar un ambiente cómodo a sus ocupantes. Los sistemas de climatización funcionan dentro de un ciclo por compresión de vapor, el cual tiene cuatro elementos principales: condensador, evaporador, válvulas de expansión, y compresor.

Los sistemas de climatización se clasifican en: aire – aire e hidrónicos agua- agua, aire – agua.

Sistemas aire-aire: Los sistemas aire-aire. Estos sistemas también son denominados sistemas de expansión directa (DX), en donde el refrigerante es el único medio por el cual se intercambia calor. Una de las tecnologías de expansión directa que han surgido en los últimos años son los sistemas de flujo de refrigerante variable...

Sistemas hidráulicos... los sistemas con agua disminuyen la temperatura mediante el agua suministrada desde una torre de enfriamiento o desde algún caudal natural tales como ríos.

Sistemas convencionales de expansión directa y sus componentes

El sistema de expansión directa es muy sencillo ya que cada unidad exterior se comunica con un equipo interior, y realiza el intercambio de calor con la ayuda del flujo continuo del refrigerante que va desde el condensador hasta el evaporador. Su instalación es sencilla y su mantenimiento debe ser ejecutado en periodos cortos.

El sistema de expansión directa consta de: unidades exteriores y unidades interiores.

Los sistemas de expansión directa pueden ser compactos al climatizar con un equipo o pueden ser divididos al climatizar con un equipo exterior y otro equipo interior dentro de un mismo sistema. Los sistemas divididos pueden incluso intercambiar calor con algunas unidades interiores llamadas splits conectadas con un equipo exterior. Los *splits* son ubicados en el interior de lugar que se desea climatizar cuentan con orificios grandes para mejor descarga del fluido a menor temperatura y además no generan tanto ruido al operar.

El tipo de descarga de las unidades interiores también influye en la selección de equipos de un sistema de climatización, ya que la descarga puede ser directa, es decir desde el equipo a un área exclusiva para climatizar o puede ser indirecta, es decir el fluido se descarga en varias zonas por medio de conductos (Universidad de Sevilla, s.f.).

Sistemas VRF

El sistema de climatización de flujo variable VRF permite el control programado a partir de una central mediante PLG. De modo que las distintas unidades interiores, que trabajan como evaporadores, puedan iniciar su arranque a distintas temperaturas adecuándose a las necesidades específicas de demanda de BTU/h de las distintas zonas, este sistema permite inclusive que ciertas unidades interiores se encuentren operativas mientras que otras permanecen apagadas.

Durante el enfriamiento, las unidades evaporadoras absorben y transfieren calor de las áreas internas a las unidades condensadoras ubicadas en el exterior para así rechazar el calor, dejando una bobina interior fría. Un ventilador sopla aire a través de esta bobina hacia el espacio que se busca climatizar. Las unidades interiores integradas a un sistema de bomba de calor VRF funcionan en un solo modo: calefacción o refrigeración. Esta posibilidad de contar con ambos sistemas integrados en uno solo es especialmente útil para edificios con necesidades de confort diversas, tales como apartamentos u hoteles, puesto que los propietarios de edificios tienen la posibilidad de elegir un sistema de recuperación de calor VRF para calefacción o refrigeración, en base a su necesidad (HITACHI, 2024).

Componentes de Sistema VRF

Los componentes de sistemas VRF son: unidades exteriores o condensadores, unidades interiores o evaporadores, *branches*¹, controladores y termostatos.

Los condensadores liberan el flujo de refrigerante requerido en cada unidad interior, los *branches* están encargados de las derivaciones de flujo entre las distintas dimensiones de tuberías

¹ *Branch* es un término en inglés que hace referencia a una ramificación, y para el contexto de los sistemas VRF, es utilizada para describir la conexión que deriva la trayectoria de una tubería hacia la unidad interior correspondiente. Existen dos principales *branches*: Branch tipo Y para UI, Branch Caja-Distribuidor

de cobre que van desde el condensador hasta los evaporadores. Los termostatos censan la temperatura en los diferentes retornos de las diferentes unidades interiores y de esta forma el controlador se asegura de que el sistema este en un correcto funcionamiento. Este sistema suele ser usados en edificaciones grandes y debe ser calcular la cantidad de BTU requerida en cada zona para proceder a diseñarlo.

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son refrigerantes que, aunque aún se utilizan, afectan la capa de ozono debido a su contenido de hidrógeno, lo que los hace químicamente menos estables al llegar a la atmósfera. Un ejemplo de HCFC es el R22, que es dañino para la capa de ozono y debe ser eliminado del mercado en los próximos años. Para lograr la eliminación de los HCFC, es necesario retirarlos gradualmente. El Ministerio de Medio Ambiente planea eliminarlos por completo para el año 2030.

Tipos de unidades interiores

- Tipo suelo: La unidad se instala en el suelo, a partir de la cual se distribuye ampliamente el aire acondicionado.

-Tipo horizontal de techo: La unidad se suspende del falso techo y distribuye horizontalmente el aire acondicionado.

-Tipo cassette: La unidad se instala en el falso techo de tal forma que se puede utilizar totalmente el espacio del ambiente. Es mejor desde el punto de vista del diseño interior que el modelo horizontal de techo.

- Tipo Fan Coil: La unidad esta incrustada en la pared para conectar el interior y exterior ya que cuenta con ventilación. El usuario puede activar el modo “fan” para ventilar o el modo “coil” para climatizar.

Refrigerantes

La mayor parte de los sistemas VRF utilizan refrigerante R-410A, lo que ha permitido conseguir una alta relación de eficiencia energética entre rangos de 15 a 25%. Y sumado a esto son entre un 20% a 30% más eficientes que los sistemas HVAC convencionales como lo son los sistemas de expansión directa, y esto debido al funcionamiento parcial de la carga, modulación de velocidad, y la capacidad de trabajo enfocado en zonas. Acorde a la norma ASHRAE 34 el refrigerante R-410A entra en la categoría de *Safety Group A1* (es decir *no tóxico* y *no inflamable*), de modo que no tiene potencial de agotamiento de ozono y cumple con los estrictos mandatos del Protocolo de Montreal y de los Estados Unidos (Handbook for the Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer, 2006).

No obstante, dada su capacidad para desplazar oxígeno, ASHRAE Standard 34 ha establecido el límite máximo de concentración de refrigerante (RCL) de R-410A a $26 \text{ lbs./}1000 \text{ ft}^3$ de volumen de habitación para los espacios ocupados. Además, la RCL de R-410A se reduce en un 50% a $13 \text{ lbs./}1000 \text{ ft}^3$ de volumen de habitación para todas las áreas de ocupación institucional de acuerdo con ASHRAE Standard 15. (VERTEX, 2020)

Refrigerante para Sistema de Expansión Directa

Los hidroclorofluorocarbónosos (HCFC) son refrigerantes que están vigentes, sin embargo, dañan la capa de ozono por su contenido de hidrógeno, el cual los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. Entre los HCFC está el R-22, un refrigerante perjudicial para la capa de ozono, que debe estar fuera del mercado mexicano en años próximos.

Para poder cumplir con la eliminación de los HCFC se establecen fechas para que su desaparición sea paulatina. La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales prevé eliminar el 10 por ciento en 2015; 30 para 2018 y su eliminación total para 2030, y después de este año sólo estará permitido el uso del 2.5 por ciento para uso crítico.

El refrigerante liberado en el condensador circula a baja temperatura y presión hasta llegar al evaporador para absorber el calor y de esta forma eleva la temperatura cambiando de estado del refrigerante de líquido a gas, de esta forma llega al compresor para ser transferido nuevamente al condensador y bajar su temperatura.

Mantenimiento de equipos de climatización

Para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de climatización se debe realizar mantenimiento preventivo cada 6 meses, así como inspecciones constantes en los componentes eléctricos. Se debe revisar: estado de soportes, toma de voltaje y amperaje, estado de serpentines, toma de presión y limpieza de forma externa e interna.

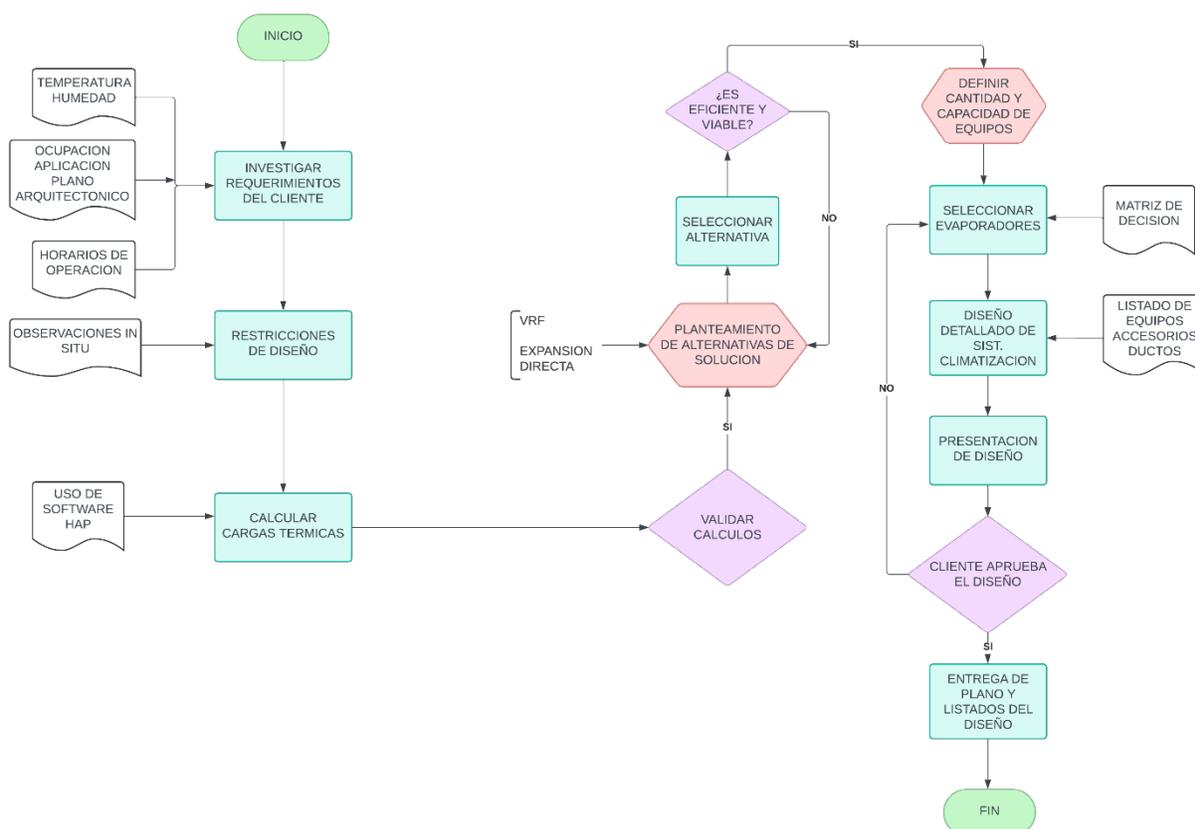
Capítulo 2

2.1 Metodología

Para el diseño del sistema de climatización, se tiene que considerar varios aspectos tanto de *diseño* como *requerimientos del arquitecto*, para ejecutar el proyecto se seguirá los pasos que se indican en el diagrama de la figura 3.

Figura 3

Diagrama de flujo del Proyecto de diseño de Sistema de Climatización VRF



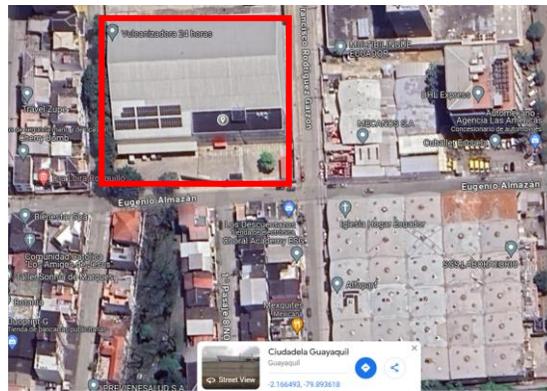
2.2 Características del Edificio y Programación de horario

El edificio que se climatizara está localizado en el norte de Guayaquil tal como se observa en la figura 4. Consta de tres plantas y terraza, está destinado a una actividad comercial de compra

y venta de repuestos de automóviles. En un 80% su edificación es de capas de concreto, en un 10% de vidrio y 10% de divisiones de madera. Se requiere el detalle de las áreas que se climatizarán, así como el coeficiente de global de transferencia de calor acorde con los materiales de la infraestructura.

Figura 4

Localización del Edificio, en mapa con coordenadas de longitud y latitud.

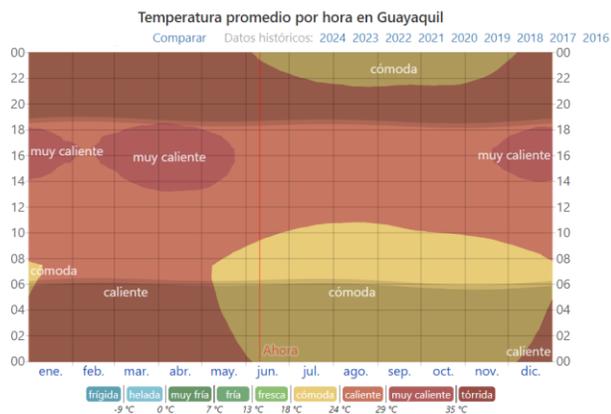


Nota: El edificio comercial se encuentra encerrado en un rectángulo rojo. Imagen extraída de: Google Maps.

La operación de los equipos se debe ejecutar en un rango de horarios de mayor necesidad, específicamente en horas con mayor intensidad de temperatura según los análisis estadísticos de la ciudad de Guayaquil como se puede notar en la figura 5. Es decir, se establecerá en horario laboral de oficina de 9:00 am a 6:00 pm. Sin embargo, el Arquitecto y encargado de la obra solicitó una hora previo de operación para mayor comodidad y por esta razón, se encenderán de 8:00 am a 6:pm.

Figura 5

Temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas.



Nota: La figura compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora. Extraído de: Weatherspark.com

2.2.1 Aplicación y Ocupación

Es necesario destacar que se climatizara un edificio que tiene como actividad comercial la venta de partes y piezas de autos, así como repuestos automotrices. Sin embargo, este espacio comercial ocupa solo el 50% de la planta baja, el 50% restante es ocupado como comedor y cocina. La planta media y la planta alta está dividida en oficinas.

En lo que respecta al tipo de actividad que realiza el personal de la empresa, ASHRAE en su *Handbook versión 1997*, cataloga en la tabla 4 del capítulo 8, los valores típicos de tasas metabólicas correspondientes para actividades frecuentes, siendo para nuestro caso particular una Actividad de Oficina (Load Calculation, 1997, pág. 130).

2.3 Requerimiento y Restricciones del Diseño

El Arquitecto de la obra tiene requerimientos para la obra con el fin de no estropear el diseño arquitectónico.

- Cuidar la estética del techo y para esto se usarán ductos de material de espuma rígida de polisocianurato revestido con lamina de aluminio.
- Los baños y vestidores no se climatizarán.
- Los ductos no superaran los 6 cm de altura, debido a que no debe superar la altura de las vigas transversales de acero.
- Las unidades evaporadoras y condensadoras quedaran fuera de la edificación administrativa, por cuestión de estética y espacio.

En la visita in situ se encontraron las siguientes restricciones de diseño:

- Vigas metálicas salidas que obstruyen al montaje de ductos.
- Puntos de conexión eléctrica.
- Posición de alumbrado en el techo.

2.4 Cálculo de Cargas Térmicas y Eficiencia

Se realizará cálculos demostrativos para explicar el desarrollo de las ecuaciones y como intervienen ciertos factores en el valor en la carga térmica, debido a que el edificio tiene tres niveles y varias divisiones zonales los cálculos totales se desarrollan en tablas ubicadas en Anexos.

2.4.1 Cálculo de Carga Térmica

Carga Sensible: Carga que incide en el aumento de temperatura. Las variables que involucran carga sensible son: conducción de calor por estructura, incidencia solar por las ventanas, iluminación. La ecuación (2.1) indica como calcular la carga sensible.

$$Q_{sensible} = N * q_s * CLF \quad (2.1)$$

q_s = calor sensible

N = número de personas

CFL = factor de carga de enfriamiento

Carga Latente: Carga que incide en el cambio de la humedad en el área. Las variables involucran carga latente son: persona y equipos. La ecuación (2.2) indica como calcular la carga latente.

$$Q_{latente} = N * q_l \quad (2.2)$$

q_l = carga latente

N = número de personas

2.4.1.1 Carga térmica de techo y paredes

Para el cálculo de carga térmica de techo y paredes se aplica la ecuación (2.3)

$$Q = U * A * CLTD_{corregido} \quad (2.3)$$

$$CLTD_{corregido} = [(CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_o - 85)]f$$

$$CLTD_{corregido} = [(7)(0,5) + (78 - 75,2) + (91,76 - 85)](1)$$

$$CLTD_{corregido} = 13,06$$

LM = factor de corrección por latitud

K = factor de corrección por color de superficie

f = factor de corrección por ventilación entre pisos 0.75

t_R =temperatura de recinto

t_o =temperatura de diseño exterior

2.4.1.2 Carga Térmica de Ventanas

Para el cálculo de la carga térmica de las ventanas aplicamos las ecuaciones (2.4) y (2.5), en la ecuación (2.5) usamos el CLTD indicado en la normativa ASHRAE de la tabla 30.

$$Q_{\text{vidrio}} = U * A * (CLTD_{\text{vidrio corregido}}) \quad (2.4)$$

$$CLTD_{\text{vidrio corregido}} = [CLTD_{\text{vidrio}} + (78 - TR) + (TM - 85)] \quad (2.5)$$

(78-TR) = factor de corrección para diseño interior

(TM-85) = factor de corrección para diseño exterior

TR= temperatura exterior

TM= temperatura media del exterior

2.4.1.3 Cálculo de Eficiencia

El cálculo de eficiencia de un sistema de climatización consiste en la capacidad de absorción del calor desde el interior de una zona y transferirlo al refrigerante usado en el sistema. Este factor de eficiencia es el “Ratio de Eficiencia Energética de Temporada” o como se lo suele conocer en las hojas técnicas por sus siglas en inglés “SEER”. El SEER de un sistema de un sistema de expansión directa tomando en cuenta el modelo piso techo de 48000 BTU tiene un SEER es 14.5 (Climaproyectos, Climaproyectos.com.mx, 2024). Por otro lado, para un fan coil para ducto de 48000 BTU indica tener un SEER 16 (Hisense, 2024).

Para determinar el consumo eléctrico de cada sistema se puede dividir la cantidad de BTU para el factor SEER de la unidad interior y obtendremos la energía que consume el equipo en vatios. Como se muestra a continuación en las ecuaciones (2.6) :

$$\frac{\text{Capacidad del evaporador BTU/h}}{\text{SEER del equipo}} = \frac{W}{h} \quad (2.6)$$

1) Sistema de expansión directa

$$48000 \frac{BTU/h}{14.5 SEER} = 3310 \frac{W}{h}$$

2) Sistema VRF

$$48000 \frac{BTU/h}{16 SEER} = 3000 \frac{W}{h}$$

2.5 Software para cálculo de carga térmica

Para el correcto uso del software se necesitarán como datos de entrada, las siguientes variables, y se espera las respectivas variables de salida: Variables de entrada en software

- Áreas de paredes, ventanas, techos
- Condición meteorológica
- Número de personas
- Cantidad de equipos electrónicos
- Iluminación

Variables de salida en software:

- Carga detallada por zona
- Cargas resumidas
- Cargas totales del edificio
- Cantidad de CFM
- Datos Psicométricos.

Una vez se tienen estos datos definidos se ingresan los valores respectivos, configurando parámetros correctivos como las cargas latentes y sensibles que son ajenas a las ya contempladas por el número de personas, pero que suelen ser influyentes en los resultados.

2.6 Alternativas para diseño de sistema de climatización

Se debe tomar en cuenta los factores que influyen en el diseño y que a su vez se consolide con los requerimientos del cliente, por esta razón se realiza un listado de las variables de mayor relevancia y las opciones de sistemas de climatización que se ajustan a la necesidad de la edificación comercial.

2.6.1 Variables y ponderación para la matriz de decisión del tipo de diseño

En la Tabla 2, se describen las variables a considerar y la ponderación respectiva. Al considerar la cantidad de equipos en el edificio, se debe implementar un sistema que controle a todo el sistema de climatización. Por otro lado, al tener zonas que no se ocupen con la misma cantidad de personas es necesario mantener una correcta distribución de flujo y de esta forma aportar a la optimización de recursos energéticos. El valor económico tanto del montaje como del mantenimiento influye en el análisis para decidir sobre la mejor opción ya que se desea hacer una inversión no tan elevada. Por último, el techo no tiene material de cobertura para la estructura

metálica por ende es necesario realizar un diseño que sea estético. A continuación, se describen las variables que definirán la matriz de decisión.

Tabla 2

Variables que influyen en el proceso de selección de la mejor alternativa.

Variable	Descripción
Sistema de Control	Debe ser un sistema programable para que opere en el horario establecido.
Costo de Montaje	El costo del montaje de equipos y accesorios debe ser económico.
Costo de Mantenimiento	El costo de mantenimiento de condensadores y evaporadores debe ser económico.
Distribución de Flujo	El sistema debe de ser capaz de climatizar varias áreas.
Eficiencia Energética	El sistema debe de minimizar el consumo de energía.
Estética	El diseño debe ser estético y no mayor a 6 cm de altura.
Facilidad de Operación	El sistema debe ser fácil de operar cuando se desconfigure o se de mantenimiento.
Menor Emisión	El sistema no debe ser toxico para el medio ambiente.

Se establece valores según sea la categoría, y cada categoría es establecida de acuerdo con los lineamientos mencionados en los objetivos del proyecto, tal como indica la simbología (Tabla 3).

Y posteriormente se asigna la ponderación respectiva en la Tabla 8.

Tabla 3*Simbología y valor asignado por categoría*

Valor	Categoría
3	Muy importante
2	Medianamente Importante
1	Poca importancia

Tabla 4*Descripción de variables para matriz de decisión*

	Puntaje	VRF	VRF DX
<i>Sistemas de Control</i>	3	3	3
<i>Costo Montaje</i>	1	1	1
<i>Costo Mantenimiento</i>	2		1
<i>Distribución de Flujo</i>	3	3	
<i>Eficiencia Energética</i>	3	3	
<i>Estética</i>	2	2	
<i>Facilidad de Operación</i>	1	1	1
<i>Menor Emisión</i>	2	2	
<i>Total</i>	17	15	6

Nota. Variables de selección para diseño de sistemas de climatización

2.6.2 Matriz de comparación en pares

Con las variables ya definidas, se realiza la comparación por pares de forma en que se relacionen las variables con mayor importancia y se pueda obtener la ponderación de cada variable (véase Tabla 5). Las mismas variables serán usadas en los distintos sistemas de climatización que se desee analizar.

Tabla 5*Matriz de comparación en pares*

Factor de Influencia	Sistema de Control	Costo Montaje	Costo Mantenimiento	Distribución de Flujo	Eficiencia Energética	Estética	Facilidad de Operación	Menor Emisión	Calificación	Peso
Sistemas de Control		2	2	3	3	1	2	3	16	0.15
Costo Montaje	2		2	1	3	1	2	3	14	0.13
Costo Mantenimiento	2	2		2	3	1	1	3	14	0.13
Distribución de Flujo	3	1	3		3	2	1	2	15	0.14
Eficiencia Energética	3	1	3	3		1	2	2	15	0.14
Estética	1	1	1	2	1		2	2	10	0.09
Facilidad de Operación	2	1	1	1	1	1		2	9	0.08
Menor Emisión	1	2	2	3	3	1	1		13	0.12
TOTAL									106	1.00

Nota: Comparación por pares para determinar el valor de cada variable

De acuerdo con la magnitud del edificio, así como la distribución de las zonas sugiere equipos de operación industrial.

Se establecen dos opciones: Diseño de flujo variable o VRF, y Diseño de expansión directa o DX.

Tabla 6*Alternativas de Diseño de Sistema de Climatización*

Alternativa	Descripción
Diseño VRF	Sistema con expansión indirecta con la ayuda de ductos.
Diseño DX	Sistema con expansión directa.

Nota. Descripción de alternativas de diseño

2.6.3 Matriz de decisión de máquinas evaporadoras

Uno de los elementos principales al momento del diseño, es el tipo de unidades interiores que se utiliza, puesto que existe una diversidad de opciones para una misma capacidad, y el decidir entre un modelo u otro depende del criterio del diseñador. Con el fin de simplificar el proceso de

selección se evaluarán 2 tipos de evaporadoras: *tipo horizontal*, y *tipo fan coil*. Y las variables a contemplar son las listadas en la tabla 8.

Tabla 7

Descripción de variables para matriz de decisión

Variable	Descripción
Ruido	En un ambiente de oficina es importante no causar ruidos
Expansión	Es necesario climatizar por expansión con ductos
Izaje	Los equipos deben estar sujetos de forma segura fuera del edificio
Tamaño	El equipo no debe ocupar tanto espacio en eje horizontal

Nota. Variables de selección para evaporadores

Tabla 8

Alternativas de modelos de evaporadores

Alternativa	Descripción
Tipo horizontal	Unidad interna piso/techo versátil en sitio
Tipo fan coil	Unidad Interna que puede climatizar o ventilar

Nota. Descripción de usos de evaporadores

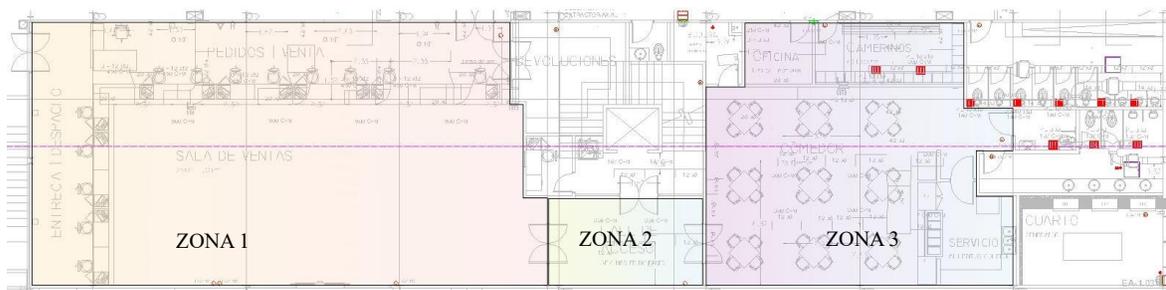
2.7 Espacios a climatizar

En primer lugar, se denotan en el plano las áreas en específico que se va a climatizar, puesto que, en el edificio comercial, tal como se explica en la metodología, áreas como baños y patio no se climatizan, sino que por ejemplo en el caso de los baños se realiza netamente extracción de aire. Se detallan en el plano arquitectónico las zonas en la Figura 6 se muestran las zonas de planta baja,

en la Figura 7 se muestran las zonas de planta media y en la Figura 8 se muestran las zonas de planta alta.

Figura 6

Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Baja del edificio.

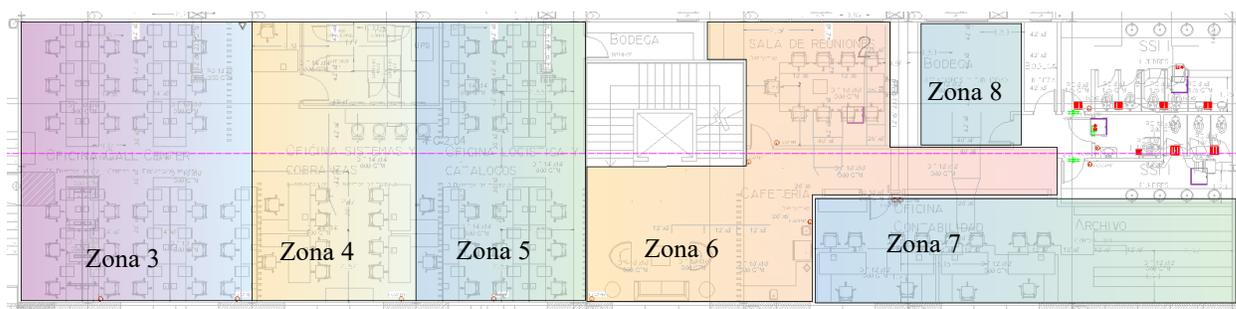


Nota. Descripción de limitación de zonas de Planta Baja

En la Figura 6 se detalla el área de trabajo según las actividades que se realizan. Zona 1: Sala de Ventas, Zona 2: Hall de Acceso, Zona 3: Comedo

Figura 7

Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Media del edificio.

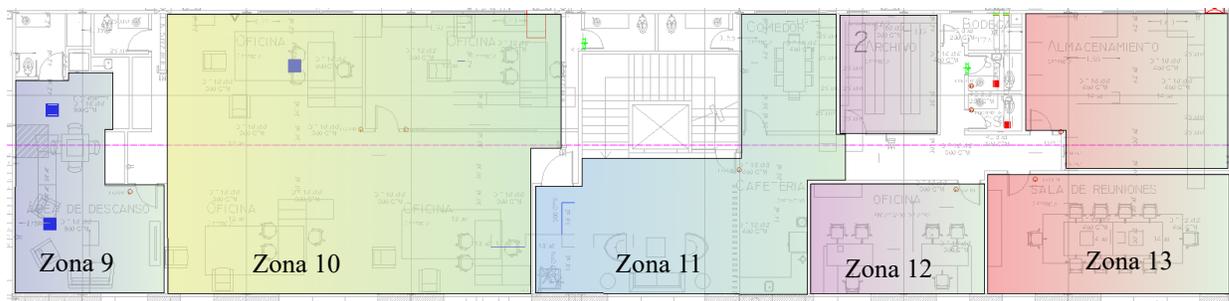


Nota. Descripción de limitación de zonas Planta Media

Se detalla las áreas de trabajo de las zonas de la Figura 7 . Zona 3: Call Center, Zona 4: Cobranzas, Zona 5: Catalogo, Zona 6: Sala de espera, Cafetería, Zona 7: Contabilidad y Archivos, Zona 8: Bodega.

Figura 8

Zonas para climatizar correspondientes a la Planta Alta del edificio.



Nota. Descripción de limitación de zonas de planta alta.

Áreas de trabajo según las zonas limitadas en la Figura 8. Zona 9: Área de descanso, Zona 10: Área de oficinas y gerencia, Zona 11: Sala de espera y cafetería, Zona 12: Oficina y archivo, Zona 13: Sala de reuniones y almacenamiento.

2.8 Parámetros de diseño

Para el correcto desarrollo de cálculos de carga térmica se deben de tomar en cuenta factores que contribuyen al aumento de temperatura en las distintas áreas, puesto que todas las áreas tienen distinta demanda de flujo de climatización, es importante no solo tomarlas en cuenta, sino que también se debe tener en cuenta la cantidad en la que estos factores influyen. El valor térmico designado para cada factor descrito en la Tabla 11 es tomado de la normativa ASHRAE en el *Handbook* versión 1997 (Load Calculation, 1997).

Tabla 9*Parámetros de diseño para cálculo de carga térmica*

Parámetro	Valor	Unidades
Coefficiente de resistividad térmica pared	1,3	W/m^2K
Carga térmica para actividad física moderada por persona	70	W
Carga térmica por equipos	1000	W
Carga térmica por iluminación	800	W
Carga térmica adicional por tejado	1200	W
Coefficiente de resistividad térmica ventana	5,91	W/m^2K
Calor latente por persona q_l	155	BTU/h
Calor sensible por persona q_s	245	BTU/h
Coefficiente correctivo CLF	0,92	
Coefficiente correctivo CLTD	13,06	
Tr	75,2	°F
To	91,76	°F
TR	75,2	°F
TM	88,16	°F

Nota. Los valores mostrados en la tabla son tomados del Handbook 1997

Capítulo 3

En este capítulo se presentan los resultados de los cálculos realizados a partir de la metodología y las ecuaciones mostradas en el capítulo 2. Se presentan los resultados finales de las matrices de decisión, y los valores de cargas térmicas calculados, para en base a los mismos, dimensionar las capacidades de las evaporadoras a fin de cumplir con la temperatura deseada.

3.1 Resultados De Las Matrices De Decisión

Tras realizar el análisis de las alternativas de solución mostradas en la Tabla 5, en base a los parámetros de la tabla 6, se tienen las siguientes ponderaciones (Tabla 8) y valores comparativos concluyentes (Tabla 9).

3.1.1 Matriz De Decisión: Alternativas De Solución VRF vs DX

A partir de la matriz de decisión del análisis de los diseños utilizados, se consideraron parámetros relevantes solicitado por el cliente desde el punto de vista estética del sistema y requerimientos de abastecimiento para climatización del edificio (véase Tabla 8). Finalmente, en la tabla 10, se muestra el resultado final de la matriz de decisión.

Tabla 10

Matriz de selección de diseño

Alternativa y Ponderación	Sistema de Control	Costo Montaje	Costo Mantenimiento	Distribución de flujo	Eficiencia energética	Estética	Facilidad de operación	Menor Emisión	Total
Diseño VRF	3	2	2	3	3	2	1	2	2,31
	0,15	0,13	0,13	0,14	0,14	0,09	0,08	0,12	
Diseño DX	3	2	1	1	1	2	3	1	1,66
	0,15	0,13	0,13	0,14	0,14	0,09	0,08	0,12	

Nota. Comparación de diseños con variables de selección

Analizando los resultados obtenidos de las dos alternativas, se establece que la alternativa más conveniente para desarrollar el diseño es la climatización con tecnología VRF por su amplia adaptabilidad de distribución de flujo y eficiencia energética.

3.1.2 Matriz de decisión: Maquinas Evaporadoras

Tras realizar el análisis respectivo y la valoración de cada uno de los parámetros se llegó a la calificación de los dos tipos de máquinas evaporadoras, tal como se evidencia en la tabla 11, y se opta por las unidades interiores tipo *fan coil* como la opción más conveniente para su uso en el diseño.

Tabla 11

Matriz de decisión de evaporadores

Alternativa y ponderación	Ruido	Expansión	Izaje	Tamaño	Total
Tipo horizontal	1	1	2	2	1.5
Tipo fan coil	2	3	2	3	2.54
	0.23	0.27	0.23	0.27	

Nota. Calificación total para seleccionar evaporador

El modelo de evaporador seleccionado es el Tipo Fan Coil. Teniendo la factibilidad de poderse instalar en el exterior del edificio, lo que se ajusta a los requerimientos de estética de la fachada, que solicita el cliente.

3.2 Resultados: Cálculo de cargas térmicas

Para empezar a realizar los cálculos de carga térmica es necesario realizar el conteo de factores como cantidad de luminarias, cantidad de personas, cantidad de equipos informáticos, así como, el área ya que estos valores serán usados en las ecuaciones de la sección 2.4 y además varían de acuerdo a la zona del edificio. En la tabla 12 se muestran los valores de los factores antes mencionados para el diseño por zona. Y de esta forma, se obtienen los resultados de la Tabla 13.

Tabla 12

Valor total de cada parámetro.

Valores de parámetros por Zona de diseño

Planta Baja	Área piso [m²]	Área ventanas [m²]	CantidadPersonas	Iluminación	Equipos informáticos	Zona
	207	20	16	10	13	Sala de Venta
	49,77	20	6	7	0	Hall de Acceso, Oficina, Camerino
	90,61	20	36	8	0	Comedor
Planta Media	86,15	15	27	10	24	Call Center
	71,3	12	13	10	5	Oficinas sistemas y cobranzas
	53,57	12	20	10	20	Oficina logísticas y catálogos
	77,86	10	12	6	0	Sala de reuniones, cafetería
	87,18	12	12	7	4	Bodega, Contabilidad, Archivos
Planta Alta	41,84	9	8	3	0	Área de descanso
	150,04	23	18	17	4	Oficina Gerencia
	31,8	9	10	5	0	Comedor , cafetería
	49,09	9	7	5	2	Archivo, Oficina
	82,59	30	11	8	2	Almacenamiento, sala de reuniones

Nota. Detalle de factores que influyen en la carga térmica por zonas

Tabla 13

Resumen de los valores de cargas térmicas calculadas.

CARGAS TERMICAS (BTU/h)

Planta	Zona	Q_s	Q_l	$Q_{ventana}$	$Q_{paredes}$	$Q_{equipos}$	$Q_{iluminación}$	Q_{total}
Baja	Sala de Venta	3606	2480	891	27656	17732	750	53115
	Hall de Acceso, Oficina, Camerino	1352	930	891	35464	0	525	39162
	Comedor	8114	5580	891	60529	0	600	75714
Media	Call Center	6086	4185	668	26857	32736	750	71282
	Oficinas sistemas y cobranzas	2930	2015	534	38104	6820	750	51154
	Oficina logísticas y catálogos	4508	3100	534	28629	27280	750	64801
	Sala de reuniones, cafetería	2705	1860	445	45077	0	450	50537
	Bodega, Contabilidad, Archivos	2705	1860	534	42708	5456	525	53788
Alta	Área de descanso	1803	1240	401	44720	0	225	48389
	Oficina Gerencia	4057	2790	1024	80184	5456	1275	94786
	Comedor , cafetería	2254	1550	401	36821	0	375	41401
	Archivo, Oficina	1578	1085	401	45910	2728	375	52077
	Almacenamiento, sala de reuniones	2479	1705	1336	44137	2728	600	52986

Nota. Resultados de aplicación de ecuaciones (2.1), (2.2),(2.3),(2.4),(2.5) . Donde Q_s representa el calor sensible, Q_l el calor latente.

Se observa que la zona que registra el valor más alto de calor total es la *Oficina de Gerencia*, y esto es atribuible a su alto valor de calor por conducción a través de las paredes, además esto se suma al hecho de que tiene una gran exposición al calor por radiación debido a que $Q_{ventana}$ es de 1024 BTU/h, el segundo más alto registrado en todo el edificio.

Otras zonas que registran valores altos son el *Comedor* y el *Call Center*, por parte del comedor se observa un alto calor sensible, y latente, producto justamente de la naturaleza de la actividad que se desarrolla en el espacio. Sin embargo, es interesante que el *Call Center* también tiene un valor muy aproximado y la razón es debido al calor debido por la presencia de equipos informáticos y la cantidad de personas que permanecerán en el lugar durante 7 horas diariamente, situación que contrasta respecto al Comedor.

Por otro lado, se realiza el análisis por planta se tiene que los valores totales por planta son los mostrados en la tabla 14:

Tabla 14

Valores totales por planta

Piso de edificio	Valor total (BTU/h)
Planta baja	167992
Planta media	291562
Planta alta	289639

Se tiene que el valor total de planta media como la alta son un 17,4% superiores respecto a la planta baja, por lo que esto será importante al momento de distribuir las unidades interiores. Adicionalmente, a pesar de que la oficina de gerencia era la zona con el valor crítico, la planta alta no es el piso con mayor demanda, sino más bien la planta media con un 291562 BTU/h.

3.3 Capacidades y distribución de evaporadoras

Una vez se cuenta con los valores de cargas térmicas totales, por cada zona a climatizar, se conoce el valor en específico de la capacidad que deben suplir las unidades interiores a fin de que se logre mantener la temperatura que garanticen un ambiente confortable para las personas del edificio. En base a este valor se asigna una cantidad de unidades evaporadoras, y las capacidades individuales por zona, tal y como se evidencia en la tabla 14.

Tabla 15

Unidades interiores en cada zona con su respectiva capacidad

Nivel	Zona	Capacidad unitaria de UI [BTU/h]	Cantidad de unidades interiores (UI)
Planta Baja	Sala de Venta	54000	3
	Hall de Acceso, Oficina, Camerino	48000	1
	Comedor	76000	1
Planta Media	Call Center	76000	1
	Oficinas sistemas y cobranzas	54000	1
	Oficina logísticas y catálogos	76000	1
	Sala de reuniones, cafetería	54000	1
	Bodega, Contabilidad, Archivos	54000	1
Planta Alta	Área de descanso	54000	1
	Oficina Gerencia	94786	2
	Comedor, cafetería	48000	1
	Archivo, Oficina	54000	1
	Almacenamiento, sala de reuniones	54000	1

Nota. Capacidad y cantidad de equipos por zona y por planta.

3.4 Resultados de cálculos de cargas térmicas mediante uso de software

Se puede observar en la Tabla 15 los datos resultantes del software y paralelamente se tienen los totales por planta correspondientes a los resultados analíticos. De estos resultados se observa que en los resultados analíticos resultan ser menores que los obtenidos a partir del Software , siendo la planta baja un 8,62% menos que el valor por software, mientras que en la planta alta esta diferencia se incrementa hasta un 17,77% .

Tabla 16

Valores totales de carga térmica por método analítico vs Software

Zona	Carga térmica total software	Carga térmica total M. Analítico	% Diferencia
Planta baja	183852	167992	8,62
Planta media	322674	291562	9,64
Planta alta	352246	289639	17,77

Nota. Diferencias entre valores de software y cálculos de carga térmica

3.5 Comparación Costos de Montaje y Mantenimiento de Sistemas de Climatización

3.5.1 Costos totales de montaje VRF y Dx

Se presenta en la tabla 16 , un resumen con los costos del proyecto, incluyendo los suministros, materiales y mano de obra, el desglose de cada uno de los ítems puede verificarse en el anexo 5 al anexo 10, el detalle de los costos de los ítems 1,2 y 3 correspondientes al montaje de los diferentes sistemas de climatización.

Tabla 17

Rubros de costos para montaje de sistema de climatización

ÍTEM	RESUMEN DE COTIZACION	PRECIO TOTAL		PORCENTAJE DE DIFERENCIA
		VRF	DX	
1	SUMINISTRO DE EQUIPOS	\$ 62,312.13	\$ 213,928.94	71
2	MATERIALES	\$ 47,500.22	\$ 39,444.23	17
3	MANO DE OBRA	\$ 8,330.00	\$ 12,820.00	35
	SUBTOTAL	\$ 118,142.35	\$ 266,193.17	56
	IVA	\$ 14,177.08	\$ 31,943.18	56
	TOTAL	\$ 132,319.43	\$ 298,136.35	56

Nota. Diferencia de costos entre un sistema VRF y un sistema DX

Es muy considerable la diferencia de costos entre ambos sistemas de climatización, debido a la cantidad de condensadores que se deben instalar en el sistema DX, por esta razón la opción más económica es el sistema VRF,

3.5.2 Costos totales de mantenimiento preventivo de sistema VRF y DX

En las tablas 18 se muestran los valores totales de costo de mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de climatización VRF y DX. El desglose de los ítems 1 y 2 de las tablas se encuentra en el anexo 11 y 12.

Tabla 18

Rubros de costo de mantenimiento para sistema de climatización

RESUMEN DE COTIZACION DE MANTENIMIENTO		VRF	DX	PORCENTAJE DE DIFERENCIA	
1	MATERIALES	\$748.44	\$	102.48	86
2	MANO DE OBRA	\$4,800.00	\$	6,400.00	25
SUBTOTAL		\$5,548.44		\$6,502.48	
IVA		\$665.81	\$	780.30	
TOTAL		\$6,214.25	\$	7,282.78	

Nota. Diferencia de costos entre un sistema VRF y sistema DX

El mantenimiento preventivo en los equipos de climatización se debe realizar cada 6 meses para chequear el correcto funcionamiento de los componentes, así como su limpieza. Al observar el valor total de las tablas 18 se puede evidenciar que el sistema de climatización VRF es menos costoso debido a su menor cantidad de equipos.

3.6 Eficiencia Energética

Se aplico la ecuación 2.6 del Capítulo 2 para obtener el valor de consumo de cada sistema de climatización. A su vez, según lo indicado por la entidad pública Corporación Nacional de Electricidad CNEL SA la tarifa regulada para actividad comercial por hora es \$0.085 centavos (CNEL, 2023) dando como resultado lo mostrado en la tabla 19. Este cálculo fue realizado como estimación de costo mensual.

Tabla 19

Estimación de consumo eléctrico mensual para sistema de climatización

Consumo W/h	KW/h	Horas	Días	Total Consumo KW	Valor Hora	Valor Mensual
3310	3.31	9	20	595.8	\$ 0.085	\$ 50.64
3000	3	9	20	540	\$ 0.085	\$ 45.90

Nota. Costo mensual con tarifa comercial asignada por CNEL

Los valores mostrados en la tabla 19 indica una diferencia de ahorro del 9.36%. Es importante mencionar que este valor es tentativo a cancelar por consumo sin tomar en cuenta el valor de demanda y valores adicionales impuestos por el estado

Capítulo 4

Se realizan las conclusiones de acuerdo con los objetivos planteados en el capítulo 1. Por otro lado, se detallan las recomendaciones que surgieron durante el desarrollo de este proyecto con el fin de ser usado como guía para implementar otros diseños de sistemas de climatización.

4.1 Conclusiones

Con relación a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Tras comparar diferentes tecnologías de climatización (expansión directa y VRF), en términos de consumo de energía y emisiones, el diseño de climatización con VRF, logra reducir hasta un 9.36% de consumo energético en contraste con el sistema de expansión directa. Además, se logra una significativa reducción de emisión de CO₂ y consecuentemente se disminuye el impacto ambiental que surge por el uso de equipos de climatización de alcance industrial.
- Para el diseño del sistema de climatización, se realizó una investigación de las características técnicas del edificio por lo que fue necesario recolectar información tal como: cantidad de objetos y equipos que contribuyen a elevar la carga térmica, cantidad de personas y la cantidad de tiempo que se frecuentaba el lugar. Teniendo en cuenta que estos factores y en base a los datos referenciales y ecuaciones provistas por el Handbook de ASHRAE 1997, se realizaron los cálculos de cargas térmicas, y se halló que la planta alta necesitaba equipos con mayor capacidad de climatización puesto que gran parte de su infraestructura estaba construida con vidrio y contaba con más cantidad de luminaria en comparación con las demás plantas, además de que no todas las áreas serían usadas durante el horario laboral. Por esta misma razón el sistema VRF al ser un sistema con flujo controlado y programable se ajustaría a las necesidades de climatización de las diferentes zonas ya que cuenta con

termostatos que censan constantemente la temperatura con el fin de optimizar recursos y brindar comodidad a los usuarios.

- Finalizado el Desarrollo del plan detallado de la instalación del sistema de climatización y detalle de costos, se comparó los costos de mantenimiento y de montaje entre los dos sistemas de climatización y se concluye que el sistema VRF es el más económico con una diferencia mayor al 60%. Por esta razón, se diseña un sistema VRF sobre el plano arquitectónico compuesto de evaporadores ubicados en la parte externa del edificio, termostatos ubicados lo más cercano posible a los retornos de cada equipo, sistema de control, condensadores y ductos estéticos, respetando de esta forma los requerimientos del cliente.

4.2 Recomendaciones

Al realizar la selección de equipos se debe tener en cuenta que el rango de capacidades varía acorde al fabricante, es decir la marca proveedora, por ende se sugiere seleccionar una marca que disponga de equipos con capacidades cercanas a la demanda térmica, y que estas tengan una capacidad superior al valor calculado, a manera de margen de seguridad.

Otra recomendación es que la normativa ASHRAE es aplicable para el planteamiento y análisis de diseño de sistema climatización. Sin embargo, la normativa NEC-HS-CL es aplicable en el caso de que se desee realizar el montaje para poder garantizar la calidad y la seguridad del sistema.

Por último, se debe realizar visitas constantes conforme se desarrolle la construcción del edificio, es importante tener en cuenta que intervienen otras áreas como electricidad, aguas residuales, sistemas contra incendio, arquitectura y obra civil puesto que surgen cambios en la infraestructura y como diseñador se debe cuidar de no intervenir o echar a perder el trabajo de otra área.

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4049/fichero/3.+EQUIPOS+DE+CLIMATI+ZACI%C3%93N.pdf>

A.A, S., Y.D, I., & Anigbogu, N. (enero de 2008). MODELLING OF COST OF MECHANICAL AND ELECTRICAL SERVICES IN SELECTED RESIDENTIAL BUILDING PROJECTS IN ABUJA AND NIGER STATE USING SELECTED DESIGN VARIABLES. *ResearchGate*. Obtenido de Research Gate:

https://www.researchgate.net/figure/M-E-as-a-Percentage-of-Total-Cost-for-Residential-Bungalow-Building-Projects_tbl2_235916527

ASHRAE Handbook. (1997).

Climaproyectos. (2024). *Climaproyectos.com.mx*. Obtenido de

https://climaproyectos.com.mx/wp-content/uploads/2020/06/Brochure_Equipos_1_1-CP_compressed.pdf

Climaproyectos. (2024). *Climaproyectos.com.mx*. Obtenido de

<https://climaproyectos.com.mx/wp-content/uploads/2024/02/BROCHURE-AUV-36UR5S-CP.pdf>

CLIMATE DATA ORG. (2021). *Clima Guayaquil Ecuador*. Obtenido de Climate Data:

<https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/guayaquil-2962/>

CNEL. (Diciembre de 2023). *CENELEP Pliego Tarifario 2023*. Obtenido de

<https://www.cnelep.gob.ec/pliego-tarifario-2023/>

DIPAC. (s.f.). *Losa Colaborante*. Obtenido de DIPAC PRODUCTOS DE ACERO:

<https://dipacmanta.com/producto/techos/losa-colaborante/dipanel-losa/losa-colaborante/>

Dong-Hwi Kim, Kyeongjoo Park, Jong-Jin Baik, Han-Gyul Jin, & Beom-Soon Han. (julio de 2024). Contrasting interactions of urban heat islands with dry and moist heat waves and their implications for urban heat stress. *ELSEVIER Urban Climate*. doi:102050

Gutierrez, I. (2023). *¿Cómo optimizar los costes del sistema de climatización de manera eficaz?*

Obtenido de ABB. Eficiencia Energética:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://library.e.abb.com/public/f77ea831229d4f4aac24c99d21b5464/ACH580_LNC_Expert_tip_1_Total_cost_of_ownership.pdf&ved=2ahUKEwiyxtrFsseHAxUBZzABHfoQAI0QFnoECUQAQ&usg=AOvVaw24mStv_MWGEjL

Handbook for the Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. (2006). En U. N. Secretariat, *UNEP/Earthprint*. Ozone Secretariat.

Hisense, C. B. (2024). *Climaproyectos.com.mx*. Obtenido de <https://climaproyectos.com.mx/wp-content/uploads/2024/02/BROCHURE-AUV-36UR5S-CP.pdf>

HITACHI. (2024). *What are VRF Systems & Other Things You Need to Know About VRF AC Systems*. Obtenido de HOME&LIFESTYLE HITACHI:

<https://www.hitachiaircon.com/mea/en/magazine/what-are-vrf-systems-other-things-you-need-to-know-about-vrf-ac-systems>

MITSUBISHI ELECTRIC. (agosto de 2023). *Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems and Technology*. Obtenido de MITSUBISHI ELECTRIC HEATING& AIR

CONDITIONING: <https://www.mitsubishicomfort.com/articles/what-is-all-electric-vrf-technology>

PRIMICIAS. (25 de mayo de 2024). Estos son los tres factores que inciden en la ola de calor en Guayaquil. *PRIMICIAS EL PERIODISMO COMPROMETIDO*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/tres-factores-inciden-ola-calor-guayaquil/>

Ruiz, A. (30 de abril de 2019). *Alvaro Ruiz Arquitectura*. Obtenido de <https://www.alvaroruizarquitectura.com/los-sistemas-de-climatizacion-aire-acondicionado-sistema-aire-aire-n-35-es#:~:text=Los%20sistemas%20de%20climatizaci%C3%B3n%20son,una%20buena%20salubridad%20del%20aire.>

Soriano, G. E., Hidalgo-Leon , R., & Litardo, J. (octubre de 2021). Energy Performance and Benchmarking for University Classrooms in Hot and Humid Climates. *Research Gate*. doi:14. 10.3390/en14217013

Soriano, G., Espinoza, T., Villanueva, R., Gonzalez, I., Montero, A., Cornejo, M., & Lopez, K. (marzo de 2017). Thermal geological model of the city of Guayaquil, Ecuador. *ELSEVIER*, 66. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375650516301420>

Tiempo3.com. (2024). *Guayaquil Clima Mayo 2024*. Obtenido de Tiempo3.com: <https://www.tiempo3.com/south-america/ecuador/guayas/guayaquil?page=month&month=May>

Universidad de Sevilla. (s.f.). Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4049/fichero/3.+EQUIPOS+DE+CLIMATI+ZACI%C3%93N.pdf>

Universo, E. (24 de Octubre de 2023). *Inamhi prevee alta radiacion ultravioleta en Guayaquil, Quito y otras ciudades para este martes 24 de Octubre.*

VERTEX. (24 de junio de 2020). *Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems.* Obtenido de

VERTEX ARTICLES: <https://vertexeng.com/insights/variable-refrigerant-flow-vrf-systems/>

Weather Spark . (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/s/19346/3/Tiempo-promedio-en-el-invierno-en-Guayaquil-Ecuador>

Anexo 2

Resultados de cargas de diseño para el nivel 1, correspondientes a los espacios de la planta

baja: SALA DE VENTAS, HALL DE ACCESO – OFICINA, COMEDOR.

Air System Design Load Summary for AHU_SYSTEM FIRST FLOOR			
Project Name: COJAPAN_V0		07/06/2024	
Prepared by: HVAC ENGINEERING		10:49	

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Dec 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 32,6 °C / 24,4 °C			HEATING OA DB / WB 19,4 °C / 13,3 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	50 m ²	9980	-	50 m ²	-	-
Wall Transmission	57 m ²	1376	-	57 m ²	123	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	50 m ²	2217	-	50 m ²	493	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	2600 W	2052	-	0	0	-
Task Lighting	17380 W	15343	-	0	0	-
Electric Equipment	5200 W	4711	-	0	0	-
People	80	4707	8028	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	300	150	-	0	0
Safety Factor	15% / 5%	6103	409	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	46788	8587	-	616	0
Zone Conditioning	-	50024	8587	-	-178	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	4110 L/s	0	-	4110 L/s	0	-
Ventilation Load	405 L/s	3921	6631	405 L/s	283	0
Supply Fan Load	4110 L/s	0	-	4110 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	53945	15218	-	105	0
Central Cooling Coil	-	53944	15220	-	0	0
>> Total Conditioning	-	53944	15220	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Nota: Es necesario mencionar que los resultados arrojados por el software están en unidades de W, por lo que para un mejor contraste de estos es necesario realizar la conversión a unidades de BTU/H

Anexo 3

Resultados de cargas de diseño para el nivel 2, correspondientes a los espacios del primer piso:

CALL CENTER, OFICINAS SISTEMAS Y COBRANZA, OFICINA LOGISTICA, SALA

REUNIONES Y CAFETERIA, BODEGA Y CONTABILIDAD.

Air System Design Load Summary for AHU_SECOND FLOOR		
Project Name: COJAPAN_V0		07/06/2024
Prepared by: HVAC ENGINEERING		10:49

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Dec 1500 COOLING OA DB / WB 32,8 °C / 24,4 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 19,4 °C / 13,3 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
ZONE LOADS						
Window & Skylight Solar Loads	55 m ²	10271	-	55 m ²	-	-
Wall Transmission	75 m ²	1600	-	75 m ²	162	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	55 m ²	2459	-	55 m ²	542	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	4200 W	3252	-	0	0	-
Task Lighting	45245 W	39570	-	0	0	-
Electric Equipment	4700 W	4227	-	0	0	-
People	174	10231	16262	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	1200	1250	-	0	0
Safety Factor	15% / 5%	10921	876	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	83729	18387	-	704	0
Zone Conditioning	-	88004	18387	-	-218	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	7495 L/s	0	-	7495 L/s	0	-
Ventilation Load	657 L/s	6622	10408	657 L/s	389	0
Supply Fan Load	7495 L/s	0	-	7495 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	94626	28795	-	171	0
Central Cooling Coil	-	94626	28808	-	0	0
>> Total Conditioning	-	94626	28808	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Anexo 4

Resultados de cargas de diseño para el nivel 3, correspondientes a los espacios de la planta alta: AREA DE DESCANSO, OFICINA GERENCIA, COMEDOR CAFETERIA, ARCHIVO OFICINA, ALMACENAMIENTO Y SALON.

Air System Design Load Summary for AHU_THIRD FLOOR		
Project Name: COJAPAN_V0		07/06/2024
Prepared by: HVAC ENGINEERING		10:49

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Dec 1500			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 32,8 °C / 24,4 °C			HEATING OA DB / WB 19,4 °C / 13,3 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	91 m ²	15090	-	91 m ²	-	-
Wall Transmission	44 m ²	881	-	44 m ²	95	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	91 m ²	4069	-	91 m ²	896	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	120 W	95	-	0	0	-
Task Lighting	38675 W	33824	-	0	0	-
Electric Equipment	39705 W	35705	-	0	0	-
People	82	4435	5459	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	800	850	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	94898	6309	-	991	0
Zone Conditioning	-	99820	6309	-	-112	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	8604 L/s	0	-	8604 L/s	0	-
Ventilation Load	347 L/s	3477	6056	347 L/s	295	1
Supply Fan Load	8604 L/s	0	-	8604 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	103298	12365	-	184	1
Central Cooling Coil	-	103298	12374	-	0	0
>> Total Conditioning	-	103298	12374	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Anexo 5

Tabla de Costos de Suministros para instalación de Sistema VRF

ITEM	SUMINISTRO	UNID.	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Unidad Exterior					
1.1	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-250F8FSC 250000 BTU/H	U	1	9940.91	\$ 9,940.91
1.2	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-272F8FSC 272000 BTU/H	U	1	13351.91	\$ 13,351.91
1.3	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-308F8FSC 308000 BTU/H	U	1	12689.1	\$ 12,689.10
Unidad interior					
1.4	Fan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 48000 BTU/H AVD-48H3FCH	U	2	894.81	\$ 1789.62
1.5	Fan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 54000 BTU/H AVD-54H3FCH	U	10	999.12	\$ 9991.20
1.6	AFan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 76000 BTU/H AVD-76H3FCH	U	4	1100.18	\$ 4,400.72
Branch					
1.7	Branch Pipe Kit (Heat Pump) HFQ-102F#ES	U	5	110.91	\$ 554.55
1.8	Branch Pipe Kit (Heat Pump) HFQ-162F#ES	U	5	12.31	\$ 61.55
1.9	Branch Pipe Kit (Heat Pump) HFQ-242F#ES	U	6	135.91	\$ 815.46
1.1	Branch Pipe Kit (Heat Pump) HFQ-302F#ES	U	10	221.56	\$ 2,215.60
1.12	Wired controller, 120x70mm, Pantalla LCD HYXE-S01H	U	29	224.19	\$ 6,501.51
SUBTOTAL			\$	62,312.13	
IVA			\$	7,477.46	
TOTAL			\$	69,789.59	

Anexo 6

Tabla de Costos de Materiales de Sistema VRF

ITEM No.	MATERIALES VRF	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2.1	Suministro e instalación de termostato de una etapa no programable.	U	29	\$ 98.91	\$ 2,868.39
2.2	Suministro de refrigerante R410A	LB	150	\$ 8.12	\$ 1,218.00
2.3	Suministro de NITROGENO	U	6	\$ 119.91	\$ 719.46
	DUCTERIA				
2.4	Fabricación e Instalación de ductos de lámina de acero galvanizado con aislamiento incluye, piezas y juntas en S&C.	Kg	2985	\$ 7.32	\$ 21,850.20
2.5	Fabricación e Instalación de ductos de lámina de acero galvanizado sin aislar incluye, piezas y juntas en S&C.	Kg	680	\$ 6.60	\$ 4,488.00
2.6	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 8"x8" 4 vías	U	8	\$ 22.71	\$ 181.68
2.7	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 12"x12"	U	10	\$ 28.91	\$ 289.10
2.8	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 14"x14"	U	12	\$ 35.01	\$ 420.12
2.9	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 16"x16"	U	13	\$ 39.91	\$ 518.83
2.10	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 18"x18"	U	16	\$ 44.19	\$ 707.04
2.11	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 20"x20"	U	2	\$ 48.91	\$ 97.82
2.12	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 8x8"	U	1	\$ 23.19	\$ 23.19
2.13	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 12x12"	U	3	\$ 29.99	\$ 89.97
2.14	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 16"x16"	U	8	\$ 41.21	\$ 329.68
2.15	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 18x18"	U	9	\$ 45.91	\$ 413.19
2.16	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 20x20"	U	2	\$ 48.91	\$ 97.82
	TUBERIAS DE COBRE				
2.17	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1	M	34	\$ 21.91	\$ 744.94
2.18	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1 1/2	M	52	\$ 27.23	\$ 1,415.96
2.19	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1 1/4	M	70	\$ 30.81	\$ 2,156.70
2.20	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1 1/8	M	99	\$ 33.99	\$ 3,365.01

2.21	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1/2	M	50	\$ 4.67	\$ 233.50
2.22	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 1/4	M	18	\$ 8.51	\$ 153.18
2.23	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 3/4	M	110	\$ 9.67	\$ 1,063.70
2.24	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 3/8	M	160	\$ 6.46	\$ 1,033.60
2.25	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 5/8	M	200	\$ 6.34	\$ 1,268.00
2.26	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 7/8	M	14	\$ 9.51	\$ 133.14
	OTROS				
2.27	Fabricación e instalación de base metálica para unidad condensadoras en exteriores	U	4	\$ 45.00	\$ 180.00
2.28	Fabricación e instalación de base metálica para unidad evaporadora	U	16	\$ 45.00	\$ 720.00
2.29	Fabricación e instalación de drenajes para unidades de climatización, has ta un metro desde el equipo de A/C	U	16	\$ 45.00	\$ 720.00
				SUBTOTAL	\$ 47,500.22
				IVA	\$ 5,700.03
				TOTAL	\$ 53,200.25

Anexo 7

Tabla de Costos de Mano de Obra para Sistema VRF

ITEM	MANO DE OBRA VRF	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3.1	Mano de Obra por Instalación de Unidad Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-250F8FSC 250000 BTU/H	U	1	\$ 430.00	\$ 430.00
3.2	Mano de Obra por Intsalación de Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-272F8FSC 272000 BTU/H	U	1	\$ 430.00	\$ 430.00
3.3	Mano de Obra por Instalación Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R- 410A, Hi Flexi S AVWT-308F8FSC 308000 BTU/H	U	1	\$ 430.00	\$ 430.00
3.5	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 76.000 BTU/H	U	4	\$ 190.00	\$ 760.00
3.6	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 54.000 BTU/H	U	10	\$ 165.00	\$ 1,650.00
3.7	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 48.000 BTU/H	U	2	\$ 165.00	\$ 330.00
3.8	Dirección técnica de Obra	Glob	1	\$ 4,300.00	\$ 4,300.00
				SUBTOTAL	\$ 8,330.00
				IVA	\$ 999.60
				TOTAL	\$ 9,329.60

Anexo 8

Tabla de Costos de Suministro para instalación de Sistema DX

ITEM	SUMINISTRO	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Unidad Exterior				
1.1	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT- 76F8FSC 76000 BTU/H	U	4	9940.91	\$ 39,763.64
1.2	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT- 56F8FSC 56000 BTU/H	U	10	13351.91	\$ 133,519.10
1.3	Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT- 48F8FSC 48000 BTU/H	U	2	12689.1	\$ 25,378.20
	Unidad interior				
1.4	Fan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 48000 BTU/H AVD-48H3FCH	U	2	834.00	\$ 1668.00
1.5	Fan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 56000 BTU/H AVD- 56H3FCH	U	10	956.00	\$ 9560.00
1.6	AFan coil alta presión, R-410A, 220/1/60 - 76000 BTU/H AVD- 76H3FCH	U	4	1010.00	\$ 4,040.00
SUBTOTAL					\$ 213,928.94
IVA					\$ 25,671.47
TOTAL					\$ 239,600.41

Anexo 9

Tabla de Costos de Materiales para Sistema DX

ITEM No.	MATERIALES DX	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2.1	Suministro e instalación de termostato de una etapa no programable.	U	29	\$ 98.91	\$ 2,868.39
2.2	Suministro de NITROGENO	U	6	\$ 119.91	\$ 719.46
	DUCTERIA				
2.3	Fabricación e Instalación de ductos de lámina de acero galvanizado con aislamiento incluye, piezas y juntas en S&C.	Kg	2985	\$ 7.32	\$ 21,850.20
2.4	Fabricación e Instalación de ductos de lámina de acero galvanizado sin aislar incluye, piezas y juntas en S&C.	Kg	680	\$ 6.60	\$ 4,488.00
2.5	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 8"x8" 4 vías	U	8	\$ 22.71	\$ 181.68
2.6	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 12"x12"	U	10	\$ 28.91	\$ 289.10
2.7	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 14"x14"	U	12	\$ 35.01	\$ 420.12
2.8	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 16"x16"	U	13	\$ 39.91	\$ 518.83
2.9	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 18"x18"	U	16	\$ 44.19	\$ 707.04
2.1	Suministro e instalación de Difusor de Aire cuadrado 20"x20"	U	2	\$ 48.91	\$ 97.82
2.11	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 8x8"	U	1	\$ 23.19	\$ 23.19
2.12	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 12x12"	U	3	\$ 29.99	\$ 89.97
2.13	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 16"x16"	U	8	\$ 41.21	\$ 329.68
2.14	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 18x18"	U	9	\$ 45.91	\$ 413.19
2.15	Suministro e instalación de Rejilla de Retorno cuadrado 20x20"	U	2	\$ 48.91	\$ 97.82
	TUBERIAS DE COBRE				
2.17	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 3/8	M	160	\$ 6.46	\$ 1,033.60
2.18	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 5/8	M	200	\$ 6.34	\$ 1,268.00
2.19	Suministro e instalacion de tuberia de cobre diametro 7/8	M	14	\$ 9.51	\$ 133.14
	OTROS				
2.2	Fabricación e instalación de base metálica para unidad condensadoras en exteriores	U	16	\$ 45.00	\$ 1,305.00
2.21	Fabricación e instalación de base metálica para unidad evaporadora	U	16	\$ 45.00	\$ 1,305.00
2.22	Fabricación e instalación de drenajes para unidades de climatización, has ta un metro desde el equipo de A/C	U	16	\$ 45.00	\$ 1,305.00
SUBTOTAL					\$ 39,444.23
IVA					\$ 4,733.31
TOTAL					\$ 44,177.54

Anexo 10

Tabla de Costos de Mano de Obra de Sistema Dx

ITEM	MANO DE OBRA DX	UNI D.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3.1	Mano de Obra por Instalación de Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-76F8FSC 76000 BTU/H	U	4	\$ 430.00	\$ 1720.00
3.2	Mano de Obra por Intsalación de Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-54F8FSC 54000 BTU/H	U	10	\$ 320.00	\$ 3200.00
3.3	Mano de Obra por Instalación Unidad Exterior, 220/3/60, DC Inverter R-410A, Hi Flexi S AVWT-48F8FSC 48000 BTU/H	U	2	\$ 430.00	\$ 860.00
3.5	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 76.000 BTU/H	U	4	\$ 190.00	\$ 760.00
3.6	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 54.000 BTU/H	U	10	\$ 165.00	\$ 1,650.00
3.7	Mano de Obra por Instalacion de Unidad FANCOIL 48.000 BTU/H	U	2	\$ 165.00	\$ 330.00
3.19	Dirección técnica de Obra	Glob	1	\$ 4,300.00	\$ 4,300.00
				SUBTOTAL	\$ 12,820.00
				IVA	\$ 1,538.40
				TOTAL	\$ 14,358.40

Anexo 11

Tabla de Costo de Mantenimiento para Sistema VRF

ITEM No.	MATERIALES	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.1	Suministro de Agente de limpieza	UNID.	6	\$16.28	\$97.68
1.2	Suministro de Banda A-56	UNID.	16	\$37.86	\$605.76
1.3	Suministro de Timer On-Delay	UNID.	1	\$40.20	\$40.20
1.4	Suministro de Terminales	UNID.	6	\$0.80	\$4.80
SUBTOTAL					\$748.44
IVA					\$89.81
TOTAL					\$838.25
ITEM No.	MANO DE OBRA	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2.1	Mano de obra por limpieza externa e interna del evaporador y condensador . Limpieza de filtros.Revision de caidas de presion. Revision de amperaje y voltaje. Revision de banda de turbina. Revision de soporteria, pernos y tornillos. Revision de terminales, contactores y transformadores y demas componentes electricos. Limpieza de serpentin.	Gbl	1	\$4,800.00	\$4,800.00
SUBTOTAL					\$4,800.00
IVA					\$576.00
TOTAL					\$5,376.00

Anexo 12

Tabla de Costo de Mantenimiento de Sistema DX

ITEM No.	MATERIALES	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.1	Suministro de Agente de limpieza	UNID.	6	\$16.28	\$97.68
1.2	Suministro de Terminales	UNID.	6	\$0.80	\$4.80
SUBTOTAL					\$102.48
IVA					\$12.30
TOTAL					\$114.78
ITEM No.	MANO DE OBRA	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2.1	Mano de obra por limpieza externa e interna del evaporador y condensador . Limpieza de filtros.Revision de caidas de presion. Revision de amperaje y voltaje.. Revision de soporteria, pernos y tornillos. Revision de terminales, contactores y transformadores y demas componentes electricos. Limpieza de serpentin. Limpieza de bandeja de drenaje. Cambio de aceite del compresor.	Gbl	1	\$6,400.00	\$6,400.00
SUBTOTAL					\$6,400.00
IVA					\$768.00
TOTAL					\$7,168.00

