

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño y propuesta de instalación de un sistema de climatización
para una iglesia ubicada en Bastión Popular.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Álvaro Fernando Cedeño Núñez

Juver Gonzalo Romero Bonilla

Guayaquil – Ecuador

2021

DEDICATORIA

Juver Romero.

El presente proyecto va dedicado a Dios, mi mamá, papá y hermano. Son los pilares fundamentales en cada paso que doy en mi vida.

Álvaro Cedeño.

A Dios, a mi familia, y a mi eterno amor Priscila, que gracias a ellos he logrado forjar mi camino, con perseverancia y ahínco.

AGRADECIMIENTOS

Juver Romero

La vida entera no me alcanzará para agradecer a mi familia por el apoyo constante a lo largo de mi carrera. A Dios que, sin su voluntad, no habría sido posible nada de esto. Mi mamá, papá y hermano son lo más preciado que tengo, las personas que me motivan e impulsan en la vida.

Álvaro Cedeño

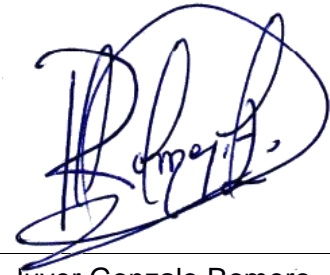
A cada una de las personas que siempre mostraron su apoyo incondicional en esta larga travesía, quienes siempre me alentaron a crecer y superarme. No me alcanzan las palabras para cada uno de ellos.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Álvaro Fernando Cedeño Núñez* y *Juver Gonzalo Romero Bonilla* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

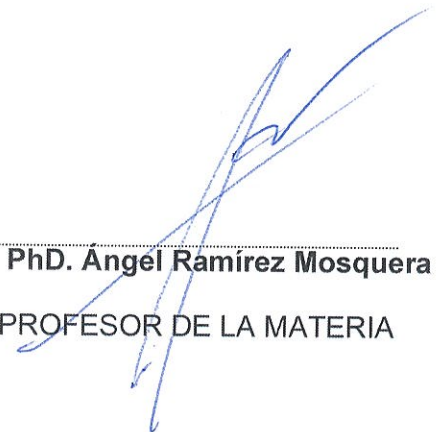


Álvaro Fernando
Cedeño Núñez




Juver Gonzalo Romero
Bonilla

EVALUADORES



Ph.D. Ángel Ramírez Mosquera
PROFESOR DE LA MATERIA



Ph.D. Freddy Xavier Jervis Calle
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Se quiere diseñar un sistema de climatización para la iglesia “JESUCRISTO DE LOS SANTOS DE LOS ÚLTIMOS DÍAS”, la cual está ubicada en el sector Bastión Popular de la ciudad de Guayaquil. Para llevar a cabo esto, se consideró como alternativas a dos sistemas de forma específica: sistema VRF y sistema por expansión directa; opciones a las cuales se les hizo un profundo estudio, enfocando en sus pros y contras, para una correcta elección. Para esto, en primer lugar, se realizó un análisis para establecer una demanda de calor por parte del lugar que, en este caso, se obtuvo un total de 46 [TR]. Adicional, la selección se basó en requerimientos del cliente y aspectos importantes que pueden ofrecer los sistemas estudiados. El sistema VRF fue el que cumplió de mejor forma cada una de las variables de forma más eficiente; es así como fue implementado en los planos a la par con los materiales y cañerías. Posteriormente, se realizó el cálculo de los costos, donde el resultado fue de \$55.480,28. Se puede justificar mediante un análisis de costos energéticos anualmente, donde se puede apreciar que existe un ahorro considerable mensualmente, corroborando la elección del sistema VRF como el adecuado.

En este documento se encontrará de forma detallada cada uno los datos e información en general que complementa lo ya mencionado.

Palabras clave: Climatización, VRF, Expansión directa, Demanda de calor, Ahorro.

ABSTRACT

It is intended to design an air conditioning system for the church "JESUCRISTO DE LOS SANTOS DE LOS ÚLTIMOS DÍAS", which is in the Bastión Popular sector of the city of Guayaquil. To carry out this, two systems were specifically considered as alternatives: VRF system and direct expansion system; options to which a deep study was made, focusing on their pros and cons, for a correct choice. For this, in the first place, an analysis was carried out to establish a heat demand by the place that, in this case, a total of 46 [TR] was obtained. Additionally, the selection was based on customer requirements and important aspects that the studied systems can offer. The VRF system was the one that best fulfilled each of the variables in the most efficient way; this is how it was implemented in the plans along with the materials and pipes. Subsequently, the calculation of the costs was carried out, where the result was \$55,480.28. It can be justified by means of an annual energy cost analysis, where there are considerable monthly savings, corroborating the choice of the VRF system as the appropriate one. In this document you will find in detail each one of the data and information in general that complements what has already been mentioned.

Keywords: Air conditioning, VRF, Direct expansion, Heat demand, Savings.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 Acondicionamiento de aire.....	2
1.4.2 Sistemas de climatización.....	3
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología.....	7
2.1 Información general de la edificación	7
2.2 Condiciones externas e internas	7
2.3 Cálculo de cargas térmicas	8
2.3.1 Calor sensible	8

2.3.2	Calor latente.....	18
2.3.3	Carga térmica total.....	19
2.4	Diseño de Sistema de Climatización	19
2.4.1	Alternativas de diseño.....	19
2.4.2	Selección alternativa más viable.....	20
2.4.3	Diseño conceptual	23
CAPÍTULO 3.....		25
3.	Resultados y análisis.....	25
3.1	Selección de equipos	25
3.1.1	Ala 1 (superior)	25
3.1.2	Ala 2 (inferior)	27
3.2	Selección de materiales y tuberías.....	28
3.3	Costos	29
3.3.1	Equipos.....	29
3.3.2	Tuberías y aislante térmico.....	31
3.3.3	Mano de obra y otros.....	31
3.3.4	Costos de consumo energético.....	32
3.4	Simulación del sistema de climatización en Trnsys.....	33
3.4.1	Análisis de la simulación.....	35
CAPÍTULO 4.....		37
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	37
4.1	Conclusiones.....	37
4.2	Recomendaciones.....	38
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

VRF Variable Refrigerant Flow

INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

SIMBOLOGÍA

U	Coeficiente Global de Transferencia de Calor
TR	Toneladas de refrigeración
T	Temperatura
Q	Ganancia de Calor
ft	Pies
W	Watts

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema VRF clásico	5
Figura 2.1 Vista frontal de la Iglesia	7
Figura 2.2 Datos proporcionados por Radio Sonda.....	8
Figura 2.3 Plano de la Iglesia para el análisis y diseño del sistema de climatización.....	24
Figura 3.1 Sistema de climatización simulado.....	33
Figura 3.2 Relación entre edificio/área y el sistema de climatización	34
Figura 3.3 Gráfica de Temperatura interna, temperatura externa, potencia vs Tiempo	34
Figura 3.4 Gráfica de Temperatura interna, temperatura externa, temperatura de salida del equipo, potencia vs Tiempo.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Condiciones de diseño para el diseño de climatización.....	9
Tabla 2.2 Dimensiones y áreas de las paredes que componen la Iglesia	9
Tabla 2.3 Coeficiente global de transferencia de calor para los elementos involucrados en los cálculos respectivos.....	10
Tabla 2.4 Pared Norte con sus parámetros y áreas totales.....	10
Tabla 2.5 Pared Sur con sus parámetros y áreas totales	10
Tabla 2.6 Pared Este con sus parámetros y áreas totales	11
Tabla 2.7 Pared Oeste con sus parámetros y áreas totales	11
Tabla 2.8 Cooling load temperatura difference en paredes y columnas.....	11
Tabla 2.9 Calor total obtenido por paredes y columnas	11
Tabla 2.10 Calor total obtenido por ventanas	13
Tabla 2.11 Calor total obtenido por puertas.....	13
Tabla 2.12 Calor total obtenido por el techo	14
Tabla 2.13 Calor total obtenido por luces	14
Tabla 2.14 Calor total obtenido por personas.....	15
Tabla 2.15 Calor total obtenido por equipos.....	15
Tabla 2.16 Calor total obtenido por infiltraciones.....	16
Tabla 2.17 Factor de corrección obtenido para el calor sensible.....	17
Tabla 2.18 Calor sensible total corregido	17
Tabla 2.19 Carga total obtenida por personas.....	18
Tabla 2.20 Carga total obtenida por infiltraciones	18
Tabla 2.21 Calor latente total obtenido.....	19
Tabla 2.22 Carga térmica total obtenida.....	19

Tabla 2.23 Detalle de ponderación para los sistemas de climatización.....	21
Tabla 2.24 Calificación de los sistemas de climatización	22
Tabla 3.1 Equipos y descripción del ala 1 (superior)	26
Tabla 3.2 Equipos y descripción del ala 2 (inferior)	27
Tabla 3.2 Tuberías y sus longitudes.....	28
Tabla 3.3 Aislantes térmicos usados en tuberías	28
Tabla 3.4 Costos de los equipos seleccionados para el ala 1 y 2	29
Tabla 3.5 Costos de tuberías y aislantes seleccionados	31
Tabla 3.6 Mano de obra y otros costos	31
Tabla 3.7 Parámetros de las unidades condensadoras del diseño	32
Tabla 3.8 Costo kW/h y horas a considerar.....	32
Tabla 3.9 Costos energéticos por ala	32
Tabla 3.10 Costos totales y ahorro energético	33

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Vista frontal de la iglesia

Plano 2 Vista isométrica de la Iglesia

Plano 3 Vista superior de la Iglesia. Distribución de equipos y tuberías

CAPÍTULO 1

1. Introducción

1.1 Definición del problema

La iglesia “Jesucristo de los Santos de los Últimos Días”, que se encuentra situada en el sector Bastión Popular de la ciudad de Guayaquil, requiere el diseño de un sistema de climatización. Para la ejecución del proyecto, es necesario cumplir y hacer énfasis en algunos aspectos importantes. El diseño tendrá análisis de cargas térmicas con base en estándares de calidad de normas ASHRAE, locales y de acuerdo con la iglesia, y una vez conocida la demanda, se da paso a la selección de equipos para su posterior instalación; así mismo, un análisis de costos en lo que respecta a la instalación y al consumo energético, y puesta en marcha del sistema. Otros aspectos para considerar en la resolución del problema, y no menos importantes, son: ubicación de la iglesia, distribución y labores que se ejercen en cada una de las áreas a analizar, y equipos que normalmente se encuentran ahí; así mismo, la condición ambiental de Guayaquil.

1.2 Justificación del proyecto

De acuerdo con el problema mencionado, se plantea el diseño de un sistema de climatización considerando los requerimientos del cliente, enfatizando dos parámetros fundamentales como la eficiencia y sostenibilidad.

Existe una gran relación en cuanto al confort en un área o espacio particular, con los sistemas de climatización. Si bien es cierto, los sistemas de climatización de carácter convencional proporcionan un alto consumo eléctrico; una vez expuesto esto, se vio la necesidad de implementar un sistema que satisfaga y cumpla a cabalidad las especificaciones solicitadas, y además minimice el gasto del consumo antes mencionado.

Se realizará el respectivo estudio y análisis para la selección del diseño de sistema de climatización que, así mismo, cumpla con otro factor y no menos

importante, la relación costo – beneficio, haciendo referencia que, el valor que se puede ahorrar a un plazo medio o largo pueda compensar lo invertido en el proyecto, donde también se debe considerar la instalación, equipos disponibles, impacto ambiental y sostenibilidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de climatización de acuerdo las normas y especificaciones solicitadas, manteniendo parámetros de sostenibilidad y eficiencia.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Seleccionar y simular el funcionamiento de los elementos mínimos necesarios que componen el sistema de climatización.
2. Simular el funcionamiento del sistema de climatización durante la operación normal en el transcurso del año.
3. Diseñar a detalle los elementos estructurales mecánicos e instrumentación para la construcción, instalación y puesta en marcha del sistema de climatización.
4. Realizar un estudio económico y factibilidad de construcción del sistema de climatización.
5. Realizar una guía de instalación y operación del sistema de climatización en base a las buenas prácticas para un funcionamiento eficiente y sostenible.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Acondicionamiento de aire

Según Miranda (2012), “La idea central en lo que respecta al aire acondicionado, es la aplicación tecnológica para modificar las condiciones del aire con el objetivo de generar confort o placer en un espacio, generalmente, cerrado” (pág. 1). A la par con lo que expresa Pita (2002), “Se entiende como acondicionamiento de aire al trato que recibe este dentro de un ambiente

donde se busca alcanzar estándares y parámetros de temperatura, limpieza, movimiento y humedad” (pág. 2).

De acuerdo con esto, se busca alcanzar un profundo control en cada una de las condiciones. En primer lugar, la temperatura del aire se controla al optar por calentarlo o enfriarlo. En segundo lugar, si de limpieza o calidad del aire se trata, esto se puede controlar mediante un proceso de filtración o ventilación; donde la primera consiste en, a través de filtros u otras herramientas, eliminar contaminantes no deseados; y la segunda consiste en la dilución de contaminantes concentrados mediante la introducción del aire exterior a un área interior. En tercer lugar, respecto al movimiento del aire, este hace referencia a la velocidad y dirección a la cual se distribuye, lo cual se controla con un equipo específico y adecuado para la situación. Finalmente, en cuanto a la humedad, se lleva el control de esta adicionando o eliminando el contenido de vapor de agua que hay en el aire, conocido también como proceso de humidificación o deshumidificación, respectivamente.

Adicional a esto, es posible considerar al ruido dentro de este análisis; sin embargo, se lo ubica como una función de carácter auxiliar del sistema de acondicionamiento seleccionado.

Todo lo mencionado previamente, para alcanzar el objetivo principal de un sistema de acondicionamiento de aire, que es brindar un ambiente confortable a todas y cada una de las personas que se encuentran dentro de un espacio cerrado. (Pita, 2002)

1.4.2 Sistemas de climatización

1.4.2.1 Sistemas VRV (Variable Refrigerant Volume)

Se caracterizan por ser sistemas más sofisticados y avanzados que otros. Comercialmente, también se los llama VRF (Variable Refrigerant Flow).

Es un sistema de expansión directa donde una unidad externa (condensadora) es conectada a un número determinado de unidades internas (evaporadoras), a través de tuberías de cobre. Las unidades

internas trabajan acorde a la demanda requerida en cuanto a temperatura para alcanzar confort; y se enfatiza que lo realizan de forma individual.

En el sistema VRV o VRF, la unidad exterior es la encargada de condensar o evaporar, mediante el aire que se encuentra en el exterior, el gas refrigerante; posteriormente, este es distribuido a través de las tuberías de cobre a cada una de las unidades interiores que, de acuerdo con la demanda, van a requerir, ya sea para enfriar o calentar.

Al ser un sistema inteligente, da paso a la adaptación de acuerdo con la demanda en lo que a consumo energético se refiere. De igual forma funciona con la cantidad del gas refrigerante, el cual es enviado tanto como la unidad interior demande; siendo posible esto por un sistema de control electrónico, el cual está trabajando en las válvulas de expansión. Posteriormente se muestra la figura donde se visualiza el esquema de un sistema de climatización VRV o VRF.

El sistema VRF posee una tecnología inteligente, inverter; con base en esto, el compresor tiene la facilidad de regular la velocidad si la demanda así lo requiere, lo cual permitirá un rendimiento superior o inferior.

En cuanto al refrigerante que se suministra a cada unidad compresora, va a depender del compresor y su potencia, donde esta variará si se requiere, causando un crecimiento de calor que se absorbe o cede al ambiente; esto será muy importante para llevar un control más efectivo de la temperatura de un área.

De esta forma, se impide arranques y paros repentinos por parte del compresor, por lo que evitará que este trabaje con un rendimiento límite todo el tiempo, y causando una ventaja en cuanto al ahorro – eficiencia. Considerando lo ya mencionado, se convierte en una alternativa muy aceptada en edificaciones grandes.

En este sistema, se puede optar por alternativas 2 o 3 tubos. Si de 2 tubos se trata, el sistema VRF tendrá la opción de brindar calor o frío,

mas no los dos a la par; sin embargo, el sistema de 3 tubos sí cuenta con esta capacidad de, proporcionar al mismo tiempo, frío y calor.

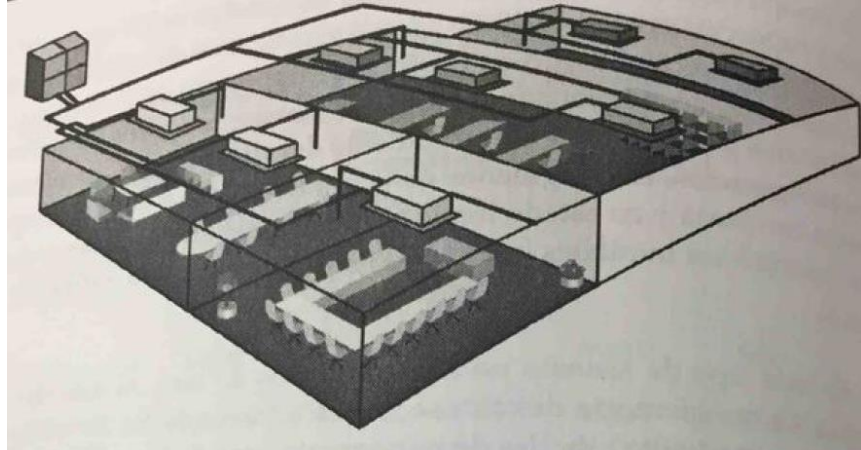


Figura 1.1 Sistema VRF clásico [Miranda, 2012].

Ventajas y desventajas del sistema VRF

Ventajas

Cuenta con una tecnología inteligente inverter, permitiendo una regulación en cuanto al caudal del gas refrigerante de acuerdo con lo demandado o requerido y, así mismo, una velocidad modulada en los compresores.

Modularidad en el diseño.

Control individual en cada unidad evaporadora/área requerida para la climatización.

Gran variedad en cuanto a la elección de la unidad interior/evaporadora de acuerdo con el requerimiento de cada zona o área.

Las unidades condensadoras/exteriores tienden a ser silenciosas. Adicional a eso, se deben cumplir requerimientos urbanísticos que rigen de acuerdo con lo señalado.

No existe inconveniente en que haya recorridos largos entre unidades interiores y exteriores.

Desventajas

Al ser un sistema sofisticado, existen costos elevados en cuanto a los equipos y su instalación respectiva. Por esto, se recomienda que, previo a la adquirir el sistema, se corrobore que haya una compensación en cuanto al ahorro energético con la inversión al inicio.

En caso de existir fuga en un área, el gas refrigerante va a tender a ocuparla, desplazando así el oxígeno de la zona. Cabe recalcar que el gas refrigerante carece de toxicidad.

1.4.2.2 Sistema de expansión directa

El refrigerante, el medio exterior y ambientes a climatizar son donde se da de forma directa la transferencia de calor. Como sistemas de expansión directa podemos encontrar a los tan mencionados equipos aire-aire, donde estos remueven del ambiente que se climatizó y lo envían al entorno. De igual forma existen los sistemas agua-aire, donde estos para la condensación emplean agua. La generación de ruido por parte de los equipos condensados por agua es menor que por aire. No obstante, generan una potencia calórica y frigorífica para un consumo equitativo de potencia. Se reducen en los sistemas de expansión las pérdidas por rendimiento por la remoción de calor en las cañerías. Para un sistema de calefacción y pérdida de calor, el aire pierde calor, a través de un serpentín el cual contiene el tubo refrigerante. Un ventilador genera la circulación de aire frío, y la distribución está dada por ducto a lo largo del recinto. El fluido en este caso el aire, ingresa a cada región mediante difusores, donde estos generan una correcta distribución en la habitación. El desalojo del aire viene dado por ductos de retorno que permiten el desfogue adecuado. Este aire al ser de retorno vuelve a ingresar y se enfría nuevamente y el proceso es cíclico. Se puede añadir más dispositivos para generar humedad en el aire.

CAPÍTULO 2

2. Metodología

2.1 Información general de la edificación

La iglesia “Jesucristo de los Santos de los Últimos días” es una iglesia de religión mormona ubicada en la ciudad de Guayaquil, en el sector Bastión Popular. La iglesia, de forma general, se divide en dos alas, donde se encuentran las áreas mencionadas a continuación: tres salas, seis aulas, dos secretarías, un ATA (sala grande de reuniones), y un salón sacramental (divido en 3 sectores). Eso en cuanto a los sectores que se procederá a climatizar.

Adicional, la iglesia cuenta con 4 baños que, por razones lógicas, no se procederán a climatizar.

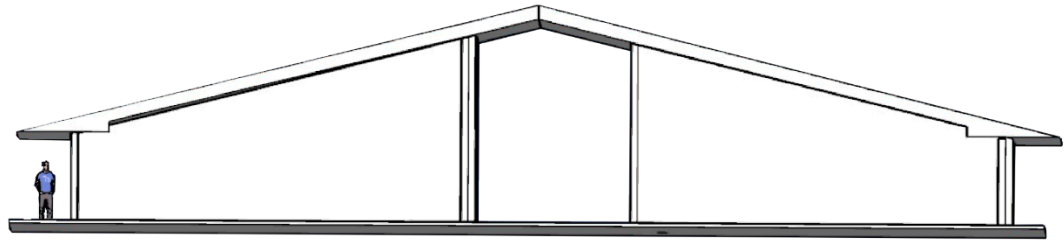


Figura 2.1 Vista frontal de la Iglesia [Elaboración propia].

2.2 Condiciones externas e internas

El diseño de climatización estará regido a diferentes condiciones, las cuales estarán basadas en ASHRAE. Dicho esto, para condiciones internas, se considerará como confort a la temperatura de 24°C en cuanto al bulbo seco, y una humedad relativa de 55%.

Así mismo, se establecieron las condiciones externas que, en este caso, hubo un enfoque en cuanto al mes de diciembre, según INAMHI. Específicamente, estación meteorológica M1096.

M1096		GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)							INAMHI										
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS			M E D I A S			Máxima	día	Mínima	día			Media	Suma Mensual		Máxima en 24hrs	día	
ENERO	33.7	34.8	4	21.9	15	30.8	23.7					26.9							
FEBRERO	61.7	33.6	23	21.8	17	31.0	23.8	27.0					79	23.0	28.0	282.3	55.8	21	21
MARZO	73.9	34.8	20	22.3	28	31.8	24.3	27.4					81	23.6	29.1	511.9			
ABRIL	131.2	34.3	2	21.0	27	32.0	23.7	27.6	96	18	54	6	76	22.7	27.7	109.8	23.2	18	16
MAYO	83.9	34.0	3	20.9	4	31.0	22.4	26.6	97	4	56	17	76	21.8	26.1	1.4	0.7	26	4
JUNIO	56.9			19.6	26	28.9	21.6	25.0	93	3	57	23	79	21.1	25.0	0.4	0.4	1	1
JULIO	83.7	31.0	20	19.3	16	28.6	20.6	24.3					78	20.2	23.7	0.0	0.0	1	0
AGOSTO	169.0	32.1	24	19.7	30	29.7	20.6	24.7	98	8	54	24	76	20.0	23.3	0.6	0.6	25	1
SEPTIEMBRE	179.5	38.8	29	20.0	1	31.4	21.2	25.5	91	25	54	15	74	20.4	24.0	0.0	0.0	1	0
OCTUBRE	137.5	34.5	6	20.4	4	31.0	21.7	25.7	92	20	47	6	76	20.9	24.7	0.2	0.2	16	1
NOVIEMBRE	138.9	33.1	21	20.9	26	30.6	21.9	25.6					75	20.7	24.5	0.0	0.0	1	0
DICIEMBRE	161.9	35.8	22	20.3	30	32.7	22.4	27.5					67	20.6	24.3	0.5	0.4	17	2
VALOR ANUAL	1311.8			19.3		30.8	22.3	26.2					76	21.5	25.7	1064.5			

Figura 2.2 Datos proporcionados por Radio Sonda [INAMHI].

2.3 Cálculo de cargas térmicas

Las cargas de enfriamiento pueden ser explicadas como la porción de calor que se tiende a extraer del aire dentro de un espacio o área para, de esa forma, conseguir una temperatura estable. Se sabe que las fuentes internas de energía térmica pueden contribuir significativamente a la ganancia de calor total de un espacio.

Para una habitación cerrada, la ganancia de calor total es causada completamente por fuentes internas. Estas fuentes internas se incluyen en las categorías generales de personas, conducción realizada por medio de techo, paredes y cristales, radiación por luz solar, infiltración y equipos en general.

2.3.1 Calor sensible

2.3.1.1 Cargas térmicas en paredes soleadas: paredes, columnas, ventanas y puertas

Para el cálculo del calor en paredes, columnas, ventanas y puertas de la iglesia, se procede a utilizar la siguiente ecuación 2.1 de forma general:

$$q = U \times A \times CLTD_c \quad (2.1)$$

Donde

U : Coeficiente global de transferencia de calor.

A : Área.

$CLTD_c$: Cooling load temperatura difference.

El Cooling load temperatura difference se calcula mediante la ecuación 2.2:

$$CLTD_c: [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)] \quad (2.2)$$

Donde

$CLTD$: Diferencia de temperatura según al grupo (N, S, E, O) que pertenece.

LM : Factor de corrección por latitud y mes.

k : Factor de corrección por el color.

T_r : Temperatura de diseño interior (24°C).

T_0 : Temperatura promedio exterior (29.9°C).

Condiciones de diseño:

Tabla 2.1 Condiciones de diseño para el diseño de climatización [INAMHI].

	Exterior	Interior	Delta T
Temperatura [°C]	35,8	24	11,8
Temperatura [°F]	96,44	75,2	21,24
Humedad realtiva [%]	90	55	
Mes de diseño	Diciembre		
V aire [km/h]	5		

Distribución de áreas totales:

Tabla 2.2 Dimensiones y áreas de las paredes que componen la Iglesia [Elaboración propia].

Pared	Ancho	Alto (largo)	Área total	Área total [ft2]
Norte	39,22	5	196,1	2109,72
Sur	39,22	5	196,1	2109,72
Este	25,4	5	127	1366,32
Oeste	25,4	5	127	1366,32

Cenit	39,22	25,4	996,188	10717,39
Nadir	39,22	25,4	996,188	10717,39

Coefficiente global de transferencia de calor:

Tabla 2.3 Coeficiente global de transferencia de calor para los elementos involucrados en los cálculos respectivos [Pita, 2002].

Coeficiente global de transferencia de calor (U)		
	$\left[\frac{W}{K \times m^2} \right]$	$\left[\frac{BTU}{F \times hr \times ft^2} \right]$
Piso	1,178	0,206
Pared	2,110	0,368
Ventanas	6,279	1,084
Puertas	6,203	1,071
Columnas en contacto con el exterior	1,050	0,182
Columnas sin contacto con el exterior	0,973	0,169

Áreas:

Tabla 2.4 Pared Norte con sus parámetros y áreas totales [Elaboración propia].

Pared Norte			
Parámetro	Área unitaria	Total	Total [ft2]
Ventana	-	22,84	245,71
Puerta	-	6,76	72,69
Columna	1,00	14,00	150,64
Pared	-	152,51	1641,00

Tabla 2.5 Pared Sur con sus parámetros y áreas totales [Elaboración propia].

Pared Sur			
Parámetro	Área unitaria	Total	Total [ft2]
Ventana	-	8,30	89,35
Puerta	-	0,00	0,00
Columna	1,00	14,00	150,64
Pared	-	173,80	1870,05

Tabla 2.6 Pared Este con sus parámetros y áreas totales [Elaboración propia].

Pared Este			
Parámetro	Área unitaria	Total	Total [ft2]
Ventana	-	0,00	0,00
Puerta	-	6,76	72,69
Columna	1,00	8,00	86,08
Pared	-	112,24	1207,75

Tabla 2.7 Pared Oeste con sus parámetros y áreas totales [Elaboración propia].

Pared Oeste			
Parámetro	Área unitaria	Total	Total [ft2]
Ventana	-	0,00	0,00
Puerta	-	0,00	0,00
Columna	1,00	8,00	86,08
Pared	-	115,04	1237,83

CLTDc en paredes y columnas:

Tabla 2.8 Cooling load temperatura difference en paredes y columnas [Pita, 2002].

CLTDc en paredes y columnas				
Hora solar	Norte	Sur	Este	Oeste
9	4,92	12,07	14,02	6,22
10	5,57	12,72	19,22	6,22
11	6,22	15,32	23,77	8,17
12	7,52	17,92	25,72	6,87
13	8,82	21,82	27,02	9,47
14	10,12	25,07	26,37	11,42
15	11,42	28,32	25,72	15,32
16	12,72	30,27	24,42	19,87
17	14,02	31,57	23,77	25,07

Calor en paredes y columnas:

Tabla 2.9 Calor total obtenido por paredes y columnas [Elaboración propia].

Calor (Q)	
Paredes	Columnas

Hora solar	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
9	2968,28	8298,33	6225,26	2830,63	134,88	330,89	219,63	97,44
10	3360,43	7674,08	8534,21	2761,85	152,70	348,71	301,08	97,44
11	3752,58	9242,68	10554,53	3627,70	170,52	419,98	372,36	127,98
12	4536,88	10811,29	11420,39	3050,47	206,15	491,26	402,91	107,62
13	5321,18	13164,19	11997,62	4204,94	241,79	598,17	423,27	148,35
14	6105,48	15124,94	11709,00	5070,79	277,43	687,27	413,09	178,90
15	6889,78	17085,69	11420,39	6802,50	313,07	776,36	402,91	239,99
16	7674,08	18262,14	10843,15	8822,83	348,71	829,82	382,54	311,27
17	8458,38	19046,44	10554,53	11131,77	384,34	865,46	372,36	392,73

Calor de ventanas:

Conducción:

Para el cálculo del calor por conducción se utilizó la ecuación 2.1, y para hallar el $CLTD_c$, la ecuación 2.3 mostrada a continuación.

$$CLTD_c = CLTD + (78 - T_r) + (T_0 - 85) \quad (2.3)$$

Radiación:

Así mismo, para determinar el calor por radiación en las ventanas, se usó la ecuación 2.4.

$$q = A \times SC \times SHFG \times CLF \quad (2.4)$$

Donde

A: Área.

SC: Coeficiente de sombreado para vidrio.

SHFG: Factor de ganancia de calor solar.

CLF: Factor de carga de friamiento para vidrios.

Tabla 2.10 Calor total obtenido por ventanas [Elaboración propia].

Hora solar	Calor de ventanas					
	Ventana Norte			Ventana Sur		
	Conducción	Radiación	Total	Conducción	Radiación	Total
9	964,09	4344,19	5308,28	350,58	6165,14	6515,72
10	2029,39	4928,98	6958,37	737,96	6288,44	7026,40
11	964,09	5430,23	6394,33	350,58	5548,62	5899,20
12	3361,01	5847,94	9208,96	1222,19	4808,81	6030,99
13	964,09	6098,57	7062,66	350,58	4315,59	4666,17
14	4426,31	6265,65	10691,97	1609,57	3945,69	5555,25
15	964,09	6349,20	7313,29	350,58	3575,78	3926,36
16	4692,64	6182,11	10874,75	1706,41	3205,87	4912,28
17	964,09	6265,65	7229,75	350,58	2835,96	3186,54

Calor de puertas:

Tabla 2.11 Calor total obtenido por puertas [Elaboración propia].

Hora solar	Calor de puertas					
	Puerta Norte			Puerta Este		
	Conducción	Radiación	Total	Conducción	Radiación	Total
9	281,70	1285,08	1566,77	281,70	1285,08	1566,77
10	592,96	1458,07	2051,03	592,96	1458,07	2051,03
11	281,70	1606,35	1888,04	281,70	1606,35	1888,04
12	982,05	1729,91	2711,96	982,05	1729,91	2711,96
13	281,70	1804,05	2085,75	281,70	1804,05	2085,75
14	1293,32	1853,48	3146,79	1293,32	1853,48	3146,79
15	281,70	1878,19	2159,89	281,70	1878,19	2159,89
16	1371,13	1828,76	3199,90	1371,13	1828,76	3199,90
17	281,70	1853,48	2135,17	281,70	1853,48	2135,17

2.3.1.2 Cargas térmicas en techo y suelo

En lo que respecta al cálculo de las cargas térmicas en techo y suelo, se toma en consideración que, al ser una planta baja, el suelo no se encuentra expuesto al “calor” del sol, por lo cual se considera solo carga térmica en el techo.

Para determinar el valor de calor en el techo, se utilizó la ecuación 2.1, y para encontrar el $CLTD_c$ fue usada la ecuación 2.2.

Calor en el techo:

Tabla 2.12 Calor total obtenido por el techo [Elaboración propia].

Calor en el techo	
Hora solar	Q
9	7230,59
10	11633,30
11	20438,70
12	29244,11
13	40250,87
14	51257,63
15	60063,03
16	67767,77
17	72170,47

2.3.1.3 Cargas misceláneas

Carga por luces:

Se calculó la carga térmica por luces a través de la ecuación 2.5 que se muestra en breve.

$$q = 3,41 \times W \times CLF \times FUL \times FSA \quad (2.5)$$

Donde:

W: Potencia útil de las lámparas.

CLF: Factor de carga de enfriamiento para luces.

FUL: Factor de uso de iluminación.

FSA: Factor especial de iluminación.

Tabla 2.13 Calor total obtenido por luces [Elaboración propia].

Calor por luces	
Hora solar	Q [Btu/h]

8am - 17 pm	37507,97
17pm - 24 pm	37507,97
24 pm - 8 am (iglesia vacía)	0

Carga por personas:

El calor ganado por parte de una persona está estrictamente ligado con la actividad que realiza, donde mientras más actividad ejerza, más calor generará, que se visualiza en la ecuación 2.6.

Posteriormente se mostrarán unos datos relacionados con el calor que se genera en distintas labores o actividades.

$$q = \# \text{ personas} \times \text{factor de ocupación} \times CLF \times \text{calor sensible} \quad (2.6)$$

Tabla 2.14 Calor total obtenido por personas [Elaboración propia].

Calor por personas	
Hora solar	Q [Btu/h]
8am - 17 pm	42966,00
17pm - 24 pm	42966,00
24 pm - 8 am (iglesia vacía)	0,00

Carga por equipos:

En este caso, por equipos se tienen únicamente las computadoras en áreas como: aulas, secretarías y ATA. Entonces, se procede a calcular la carga generada por este equipo en los sectores mencionados con la ecuación 2.7.

$$q = 3,41 \times W \times FUL \quad (2.7)$$

Tabla 2.15 Calor total obtenido por equipos [Elaboración propia].

Calor por equipos	
Hora solar	Q [Btu/h]

8am - 17 pm	5456,00
17pm - 24 pm	5456,00
24 pm - 8 am (iglesia vacía)	0,00

2.3.1.4 Carga térmica por infiltraciones

Según plano la iglesia, cuenta con dos infiltraciones "grandes" en los lados este y oeste, donde inicia y termina el pasillo, por medio de los "huecos" de $1.80 \times 2.20 \text{ m}^2$. El flujo de aire en una de estas infiltraciones (oeste) se da las 24 horas del día, mientras que la otra regularmente permanece cerrada, por lo que se la calculó como puerta, esto se puede ver reflejado en la ecuación 2.8.

$$q = 1.10 \times cfm \times \Delta T \quad (2.8)$$

Donde:

cfm: Flujo de aire que entra o sale (cubic foot per minute).

ΔT : Diferencia de temperatura exterior con interior.

Tabla 2.16 Calor total obtenido por infiltraciones [Elaboración propia].

$[(\text{m}^3/\text{min}) * \text{m}^2]$	$[\text{m}^3/\text{h}]$	caudal [cfm]	Delta T	Q
549	36,23	1278,61	10,62	14936,71

2.3.1.5 Factor de corrección del calor sensible

$$K_t = \left(\frac{1}{L_f} \right) \times (U_n \times A_n + U_s \times A_s + U_e \times A_e + U_o \times A_o) \quad (2.9)$$

$$F_c = 1 - 0,02K_t \quad (2.10)$$

Es necesario encontrar un factor que multiplica a todos los resultados obtenidos previamente para achicar un margen de error. El K_t se obtiene a través de la ecuación 2.9 y el factor, usando la ecuación 2.10.

Tabla 2.17 Factor de corrección obtenido para el calor sensible [Elaboración propia].

UxA	4488,25
L_f	423,91
K_t	10,59
F_c	0,79

2.3.1.6 Calor sensible total

Para determinar el total del calor sensible se utilizó la ecuación 2.11 que se visualiza a continuación.

$$q_{sensible} = [(q_{pared} \times F_c) + (q_{columnas} \times F_c) + (q_{ventanas} \times F_c) + (q_{puertas} \times F_c) + (q_{misceláneas} \times F_c)] + q_{infiltraciones} \quad (2.11)$$

Tabla 2.18 Calor sensible total corregido [Elaboración propia].

Hora solar	Q SENSIBLE
9	104442,92
10	106810,89
11	106977,07
12	112705,95
13	111761,10
14	119454,14
15	116409,84
16	123390,09
17	118883,10

2.3.2 Calor latente

2.3.2.1 Cargas misceláneas

Carga de personas

En lo que respecta al cálculo de calor latente por personas, se utilizó la ecuación 2.12.

$$q = \# \text{ personas} \times \text{factor de ocupación} \times CLF \times \text{calor latente} \quad (2.12)$$

Tabla 2.19 Carga total obtenida por personas [Elaboración propia].

Calor de personas	
Hora solar	Q [Btu/h]
8am - 17 pm	31508,40
17pm - 24 pm	31508,40
24 pm - 8 am (iglesia vacía)	0,00

2.3.2.2 Carga térmica por infiltraciones

El valor de la carga térmica por infiltraciones en la parte de calor latente se puede determinar mediante la ecuación 2.13, mostrada a continuación.

$$q = 4840 \times cfm \times \Delta W \quad (2.13)$$

Donde:

ΔW : Diferencia de relación de humedad.

Tabla 2.20 Carga total obtenida por infiltraciones [Elaboración propia].

Q	123769,37	[las 24h]
---	-----------	-----------

2.3.2.3 Calor latente total

Tabla 2.21 Calor latente total obtenido [Elaboración propia].

Hora solar	Q LATENTE
9	155277,77
10	155277,77
11	155277,77
12	155277,77
13	155277,77
14	155277,77
15	155277,77
16	155277,77
17	155277,77

2.3.3 Carga térmica total

Tabla 2.22 Carga térmica total obtenida [Elaboración propia].

Hora solar	Q TOTAL
9	259720,69
10	262088,66
11	262254,83
12	267983,71
13	267038,86
14	274731,91
15	271687,61
16	278667,86
17	274160,87

Se puede apreciar que, con base en los resultados, a las 16 horas del día es donde existe una carga térmica superior, siendo esta de 23 [TR]. Es así como nos regiremos a esta demanda para la posterior selección de equipos y análisis general.

2.4 Diseño de Sistema de Climatización

2.4.1 Alternativas de diseño

Para cumplir con el objetivo de la climatización de una edificación se opta por emplear distintos modelos de climatización.

Para esto, es necesario considerar diversos factores como: condiciones climáticas, localización geográfica, actividad prioritaria que se desempeñará en la edificación, y demás.

Para la ejecución del proyecto, y para asegurar la sensación de confort en el cliente/consumidor, se optó por seguir las normas técnicas dictadas por ASHRAE.

Para la selección de la alternativa optima se empleó una matriz de ponderación. Las alternativas de diseño que se propusieron como solución son las siguientes:

- Sistema de expansión directa (centrales y splits).
- Variable Refrigerant Flow (VRF).

2.4.2 Selección alternativa más viable

Posterior a realizar el respectivo estudio a cada una de las alternativas de diseño, se procedió a elaborar una matriz de decisión, esto con el fin de cumplir de mejor manera los requerimientos establecidos por el cliente.

Los parámetros empleados para establecer las ponderaciones de cada una de las alternativas de diseño son las que se muestran a continuación:

Consumo de energía y eficiencia: Flujo de energía requerido para la correcta operación del sistema; considerando que la alternativa óptima genere un consumo aminorado de energía.

Gastos de montaje y levantamiento: Financiamiento a emplear por el diseño, compra y montaje de cada uno de los elementos que conforman parte del sistema de climatización.

Área: Espacio solicitado para la instalación de los equipos que se requieren para la correcta operación del sistema.

Nivel de contaminación sonora: Ruido asociado al sistema.

Mantenimientos: Costo de mano de obra y repuestos de equipo, en caso de requerir.

Luego de haber designado los parámetros más significativos para la elección del sistema de climatización, se procedió a definir una ponderación de peso para cada uno de ellos, en una escala de 0 a 4; donde 0 es el valor más bajo, y 4, el más alto.

Tabla 2.23 Detalle de ponderación para los sistemas de climatización [Elaboración propia].

Excelente	4
Muy bueno	3
Bueno	2
Regular	1
Malo	0

- Un parámetro fundamental para tomar en consideración es el consumo de energía y eficiencia. Lo más recomendable es optar por sistemas que permitan reducir el costo de energía a un valor relativamente bajo. En lo que respecta al sistema VRF, posee una tecnología inteligente inverter, permitiendo que los compresores regulen su velocidad, similar a lo que sucede con la válvula de expansión y el paso del gas refrigerante, dependiendo de la demanda que haya. Por otro lado, el sistema de expansión directa sí tiene la posibilidad de contar con compresores inverter, mas no la regulación de la válvula de expansión.
- En cuanto a los gastos de montaje y levantamiento, el VRF, al ser un sistema más avanzado en cuanto a su tecnología, los equipos tienen precios más elevados y es necesaria una mano de obra más preparada para el caso. Con respecto al Sistema de expansión directa, siendo más convencional, los equipos no son costosos y la instalación tiende a ser mucho más sencilla, por lo cual la mano de obra es más asequible.
- Respecto al área que ocupa cada sistema, el VRF tiene la facilidad de, con tan solo un condensador, alimentar hasta 15 compresores, siempre y cuando se considere la demanda. Por otro lado, en el sistema de

expansión directa, se dispone de una unidad condensadora para cada compresor; sin embargo, igual optimiza de gran forma el espacio.

- Si del nivel de contaminación sonora se trata, el VRF es excelente al ser un sistema inverter, los compresores emiten un ruido que puede pasar desapercibido. De igual forma, un sistema de expansión directa puede contar con tecnología inverter; pero no cuenta con la tecnología avanzada que sí tiene el VRF. Adicional a esto, y en relación al número de equipos, al haber más equipos, por obvias razones, la tendencia de haber ruido será mayor.
- Finalmente, otro parámetro para tomar en cuenta es el mantenimiento general al sistema. En el caso del VRF, al ser más sofisticado, los repuestos son más costosos, igual que su mano de obra. Diferente panorama en el caso de los Sistemas de expansión directa, donde los elementos que se requieran son más comunes y menos costosos en el mercado.

Tabla 2.24 Calificación de los sistemas de climatización [Elaboración propia].

Criterios	Peso	VRF	Expansión directa (Splits y Centrales)
Consumo de energía y eficiencia	0.30	4	2
Gastos de montaje y levantamiento	0.25	2	3
Área	0.15	4	3
Nivel de contaminación sonora	0.10	3	2

Mantenimientos	0.20	2	4
TOTAL		3.00	2.80

Considerando los resultados obtenidos en la matriz, el sistema VRF es el indicado para el proyecto.

2.4.3 Diseño conceptual

El diseño de del sistema Variable Refrigerant Flow (VRF) está predispuesta como un grupo de unidades que realizan el trabajo de condensación sobre el gas refrigerante empleado, el cual es dirigido próximamente a las unidades evaporadoras.

Los condensadores son ubicados en los exteriores, en sitios donde se ha verificado un entorno favorable en todo tipo de contexto; en este caso será en un cuarto de máquinas de $3.5 [m] \times 2.5 [m]$, después son conectados a mediante tuberías que, generalmente, son de cobre, hacia los evaporadores. En la siguiente figura 2-2, es posible visualizar cómo están distribuidas las unidades tanto condensadoras como evaporadoras; así mismo, las tuberías de cobre.



Figura 2.3 Plano de la Iglesia para el análisis y diseño del sistema de climatización [Elaboración propia].

CAPÍTULO 3

3. Resultados y análisis

Con respecto a los resultados obtenidos en el capítulo 2 referente a la demanda de calor, 278.667,86 [BTUs] que, en toneladas de refrigeración, da un total de 23 toneladas de refrigeración. Adicional, se hizo un previo análisis al contexto en el cual se estaba sometiendo dicho cálculo, esto debido al impacto de la pandemia y sus consecuencias como tal; se consideró un factor de seguridad de 2, ya que la carga calculada se realizó considerando una reducción del aforo al 50% de lo recomendado por el manual de cálculo de carga ASHRAE (capítulo 6), por lo que, en condiciones normales, estos resultados podrían verse afectados. El factor de seguridad nos permite suplir cualquier demanda térmica adicional y posibles eventualidades. De esta forma, se obtienen 46 toneladas de refrigeración como valor final.

Posteriormente, se dio paso a la elección de equipos que componen el sistema.

3.1 Selección de equipos

Se procedió a usar el software LG HVAC LATAM, donde además de corroboró el valor de la carga térmica total que, en el programa se obtuvo como resultado 42 toneladas de refrigeración.

Se anexaron los respectivos resultados en la parte de apéndices.

3.1.1 Ala 1 (superior)

En la siguiente tabla 3-1, están las descripciones y detalles en general de cada uno de los equipos seleccionados para el ala superior de la iglesia. En esta parte se optará por 13 unidades interiores o evaporadoras; donde 8 son tipo cassette de 1 vía, considerando diseño, estética y un área relativamente pequeña; y 4 unidades tipo cassette de 4 vías, esto porque se requiere una mejor distribución del aire en un área poco más grande.

Tabla 3.1 Equipos y descripción del ala 1 (superior) [Elaboración propia].

Proforma Iglesia Mormones Bastión Popular VRF				
ítem	Unid.	Modelo	Descripción	Btu/H
Ala 1				
1	1	ARUV216BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 22 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	216.421
2	4	ARNU18GTQB4	Unidad Interior tipo Cassette de 4 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 18,600 Btus. Incluye panel.	18.600
3	7	ARNU09GTUD4	Unidad Interior tipo Cassette de 1 Vías para Sistemas VRF Multi V5 LG, con Capacidad Nominal de 9,600 Btus. Incluye panel.	9.600
4	1	ARNU073TUD4	Unidad Interior tipo Cassette de 1 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 7,900 Btus. Incluye panel.	7.900
5	1	ARNU36GTNC4	Unidad Interior tipo Cassette de 4 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 36000 Btus. Incluye panel.	36.900
6	13	PT-TAHW0	Control Remoto Alámbrico pantalla táctil marca LG, para controlar una zona con hasta 16 evaporadores simultáneamente.	0
7	3	ARBLN01621	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0
8	4	ARBLN03321	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0
9	5	ARBLN07121	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0

3.1.2 Ala 2 (inferior)

En la tabla 3-2 se puede apreciar la cada uno de los detalles y descripciones de los equipos que se eligieron para el ala inferior de la iglesia. En este caso, se optó por 5 fancoils de presión estática alta, ya que son áreas más grandes que necesitan una distribución de aire uniforme a través de ductos.

Tabla 3.2 Equipos y descripción del ala 2 (inferior) [Elaboración propia].

Proforma Iglesia Mormones Bastión Popular VRF				
Ítem	Unid.	Modelo	Descripción	Btu/H
Ala 2				
10	1	ARUV168BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 16 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	168.421
11	1	ARUV121BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 12 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	121.800
12	1	ARNU36GBRA4	Unidad Interior tipo Fan-Coil High Static Ceiling Concealed Duct para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 37,500 Btus	37.500
13	4	ARNU60GB7A4	Unidad Interior tipo Fan-Coil High Static Ceiling Concealed Duct para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 61,200 Btus	61.200
14	5	PT-TAHW0	Control Remoto Alámbrico pantalla táctil marca LG, para controlar una zona con hasta 16 evaporadores simultáneamente.	0
15	1	ARBLN03321	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0
16	3	ARBLN07121	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0
17	1	ARCNN21	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0

3.2 Selección de materiales y tuberías

El sistema de climatización a diseñar está compuesto también de tuberías de cobre que poseen una variedad de diámetros dependiendo del lugar donde estén ubicados. Es necesario mantener un flujo del gas refrigerante que sea distribuido a los evaporadores.

A continuación, en la tabla 3-2 se puede visualizar a detalle los tubos seleccionados.

Tabla 3.2 Tuberías y sus longitudes [Elaboración propia].

Ítem	Unidades		Descripción
1	33,0	[m]	Tubo cobre flex 1/4"x50
2	38,1	[m]	Tubo cobre flex 3/8"x50
3	57,4	[m]	Tubo cobre flex 1/2"x50
4	23,0	[m]	Tubo cobre flex 5/8"x50
5	23,0	[m]	Tubo cobre flex 3/4"x50
6	2,0	[m]	Tubo cobre flex 7/8"x50
7	23,0	[m]	Tubo cobre flex 1 3/8" rígido
8	39,5	[m]	Tubo cobre flex 1 1/8" rígido

De igual forma, se usará aislante térmico para los tubos por donde pasará el gas refrigerante. Se utilizará el poliestireno o rubatex (término común) como material y se detalla en la tabla 3-3 mostrada a continuación.

Tabla 3.3 Aislantes térmicos usados en tuberías [Elaboración propia].

Ítem	Unidades		Descripción
9	57,4	[m]	Aislante térmico 1/2"
10	23,0	[m]	Aislante térmico 5/8"
11	23,0	[m]	Aislante térmico 3/4"
12	2,0	[m]	Aislante térmico 7/8"
13	39,5	[m]	Aislante térmico 1 1/8"
14	23,0	[m]	Aislante térmico 1 3/8"

3.3 Costos

3.3.1 Equipos

En la tabla 3-4 de a continuación se brindan detalles en cuanto a los equipos seleccionados y su inversión para el sistema de refrigeración.

Tabla 3.4 Costos de los equipos seleccionados para el ala 1 y 2 [Elaboración propia].

Proforma Iglesia Mormones Bastión Popular VRF						
Item	Unid.	Modelo	Descripción	Btu/H	P. Unitario	P Total
1	1	ARUV216BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 22 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	216.421	10.394,12	\$10.394,12
2	4	ARNU18GTQB4	Unidad Interior tipo Cassette de 4 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 18,600 Btus. Incluye panel.	18.600	540,2	\$2.160,80
3	7	ARNU09GTUD4	Unidad Interior tipo Cassette de 1 Vías para Sistemas VRF Multi V5 LG, con Capacidad Nominal de 9,600 Btus. Incluye panel.	9.600	432,2	\$3.025,40
4	1	ARNU073TUD4	Unidad Interior tipo Cassette de 1 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 7,900 Btus. Incluye panel.	7.900	385,56	\$385,56
5	1	ARNU36GTNC4	Unidad Interior tipo Cassette de 4 Vías para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 36000 Btus. Incluye panel.	36.900	664,71	\$664,71
6	13	PT-TAHW0	Control Remoto Alámbrico pantalla táctil marca LG, para controlar una zona con hasta 16 evaporadores simultáneamente.	0	58,26	\$757,38
7	3	ARBLN01621	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	89,98	\$269,94
8	4	ARBLN03321	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	117,48	\$469,92

9	5	ARBLN07121	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	133	\$665,00
10	1	ARUV168BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 16 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	168.421	9.524,39	\$9.524,39
11	1	ARUV121BTE5	Unidad Exterior VRF MultiV5 LG Modular tipo Bomba de Calor, de 12 HP Térmicos de Capacidad Nominal, que opera a 220V / 3Ph / 60Hz.	121.800	8990,2	\$8.990,20
12	1	ARNU36GBRA4	Unidad Interior tipo Fan-Coil High Static Ceiling Concealed Duct para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 37,500 Btus	37.500	528,34	\$528,34
13	4	ARNU60GB7A4	Unidad Interior tipo Fan-Coil High Static Ceiling Concealed Duct para Sistemas VRF MultiV5 LG, con Capacidad Nominal de 61,200 Btus	61.200	489,44	\$1.957,76
14	5	PT-TAHW0	Control Remoto Alámbrico pantalla táctil marca LG, para controlar una zona con hasta 16 evaporadores simultáneamente.	0	58,26	\$291,30
15	1	ARBLN03321	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	117,48	\$117,48
16	3	ARBLN07121	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	133	\$399,00
17	1	ARCNN21	Juego de Branch (2 piezas) marca LG, para interconexión de unidad interior en sistemas de 2 tubos VRF Multi V5 Bomba de Calor.	0	170	\$170,00
Subtotal						\$40.771,30
IVA 12%						\$4.892,56
Total						\$45.663,86

3.3.2 Tuberías y aislante térmico

En la tabla 3-5 que se muestra a continuación se brindan los respectivos detalles en cuanto a las tuberías y aislantes, y su inversión para el sistema de refrigeración.

Tabla 3.5 Costos de tuberías y aislantes seleccionados [Elaboración propia].

Ítem	Unidades		Descripción	P. Unitario	P. Total
1	33,0	[m]	Tubo cobre flex 1/4"x50	\$ 1,44	\$47,52
2	38,1	[m]	Tubo cobre flex 3/8"x50	\$ 2,23	\$84,96
3	57,4	[m]	Tubo cobre flex 1/2"x50	\$ 3,05	\$175,07
4	23,0	[m]	Tubo cobre flex 5/8"x50	\$ 4,82	\$110,86
5	23,0	[m]	Tubo cobre flex 3/4"x50	\$ 5,55	\$127,65
6	2,0	[m]	Tubo cobre flex 7/8"x50	\$ 7,55	\$15,10
7	23	[m]	Tubo cobre flex 1 3/8" rígido	\$ 26,67	\$613,41
8	39,5	[m]	Tubo cobre flex 1 1/8" rígido	\$ 20,87	\$824,37
9	57,4	[m]	Aislante térmico 1/2"	\$ 0,61	\$35,01
10	23,0	[m]	Aislante térmico 5/8"	\$ 0,96	\$22,08
11	23,0	[m]	Aislante térmico 3/4"	\$ 1,13	\$25,99
12	2,0	[m]	Aislante térmico 7/8"	\$ 1,51	\$3,02
13	39,5	[m]	Aislante térmico 1 1/8"	\$ 2,69	\$106,26
14	23,0	[m]	Aislante térmico 1 3/8"	\$ 3,19	\$73,37
				Subtotal	\$2.264,67
				IVA 12%	\$271,76
				Total	\$2.536,43

3.3.3 Mano de obra y otros

En la tabla 3-6 que se visualiza posteriormente se brindan los respectivos detalles en cuanto a mano de obra y otros costos para el sistema de refrigeración.

Tabla 3.6 Mano de obra y otros costos [Elaboración propia].

Ítem	Unidades		Descripción	P. Unitario	P. Total
1	1	[u]	Izada de equipos	\$ 500,00	\$500,00
2	1	[u]	Lote de ducto para ala 2	\$ 1.500,00	\$1.500,00
3	1	[u]	Mano de obra	\$ 4.500,00	\$4.500,00

		Incluye instalación e interconexión de unidades exteriores e interiores, así como suministro de materiales adicionales necesarios para la instalación de estos, Arranque y pruebas pertinentes de Sistema MultiV5.	
			Subtotal \$6.500,00
			IVA 12% \$780,00
			Total \$7.280,00

3.3.4 Costos de consumo energético

Tabla 3.7 Parámetros de las unidades condensadoras del diseño [Elaboración propia].

UNIDAD CONDENSADORA	INPUT					
VRF condensadora 22hp	16,41	[kW]	EER	3,87	COP	4,35
VRF condensadora 16hp	11,93	[kW]	EER	4,11	COP	4,36
VRF condensadora 12hp	8,95	[kW]	EER	4,36	COP	4,91

Tabla 3.8 Costo kW/h y horas a considerar [Elaboración propia].

Costo en el sector	\$0,10	kWh
LOCALES	8	horas/día

Tabla 3.9 Costos energéticos por ala [Elaboración propia].

ALA 1		
Costos VRF 22 hp	\$13,13	/día
	\$393,84	/mes
ALA 2.1		
Costos VRF 16 hp	\$9,54	/día
	\$286,32	/mes
ALA 2.2		
Costos VRF 12 hp	\$7,16	/día
	\$214,80	/mes

Tabla 3.10 Costos totales y ahorro energético [Elaboración propia].

TOTAL	\$894,96	/mes	TOTAL INVERTIDO	\$545,93	AHORRO	\$349,03
--------------	----------	------	----------------------------	----------	---------------	-----------------

3.4 Simulación del sistema de climatización en Trnsys

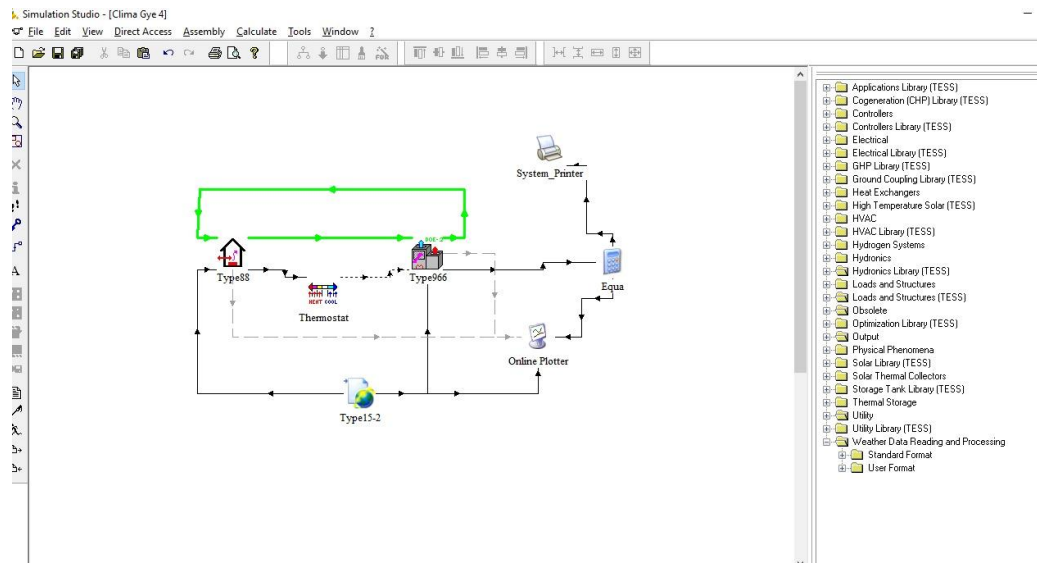


Figura 3.1 Sistema de climatización simulado [Elaboración propia].

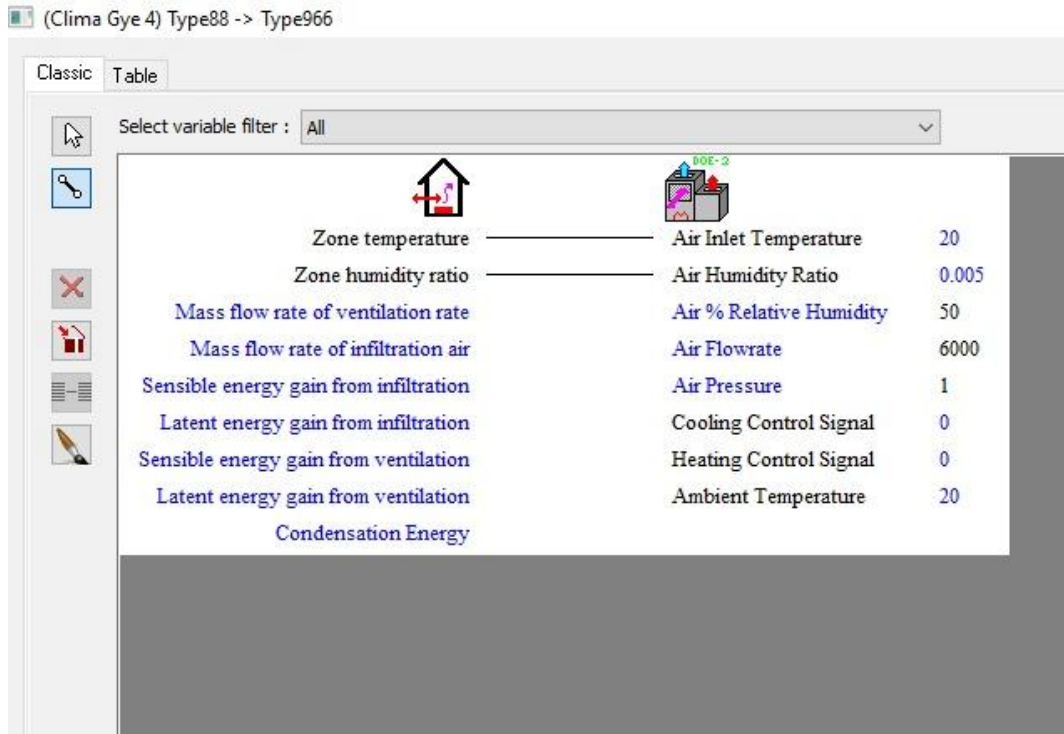


Figura 3.2 Relación entre edificio/área y el sistema de climatización [Elaboración propia].

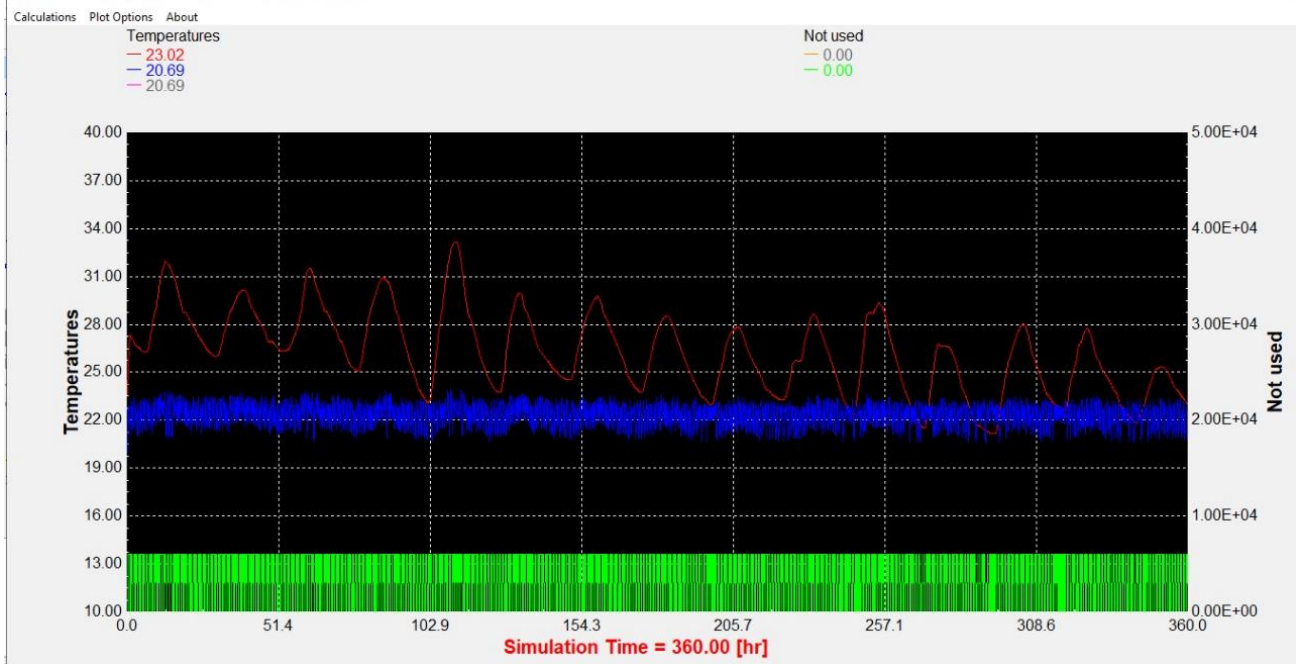


Figura 3.3 Gráfica de Temperatura interna, temperatura externa, potencia vs Tiempo [Elaboración propia].

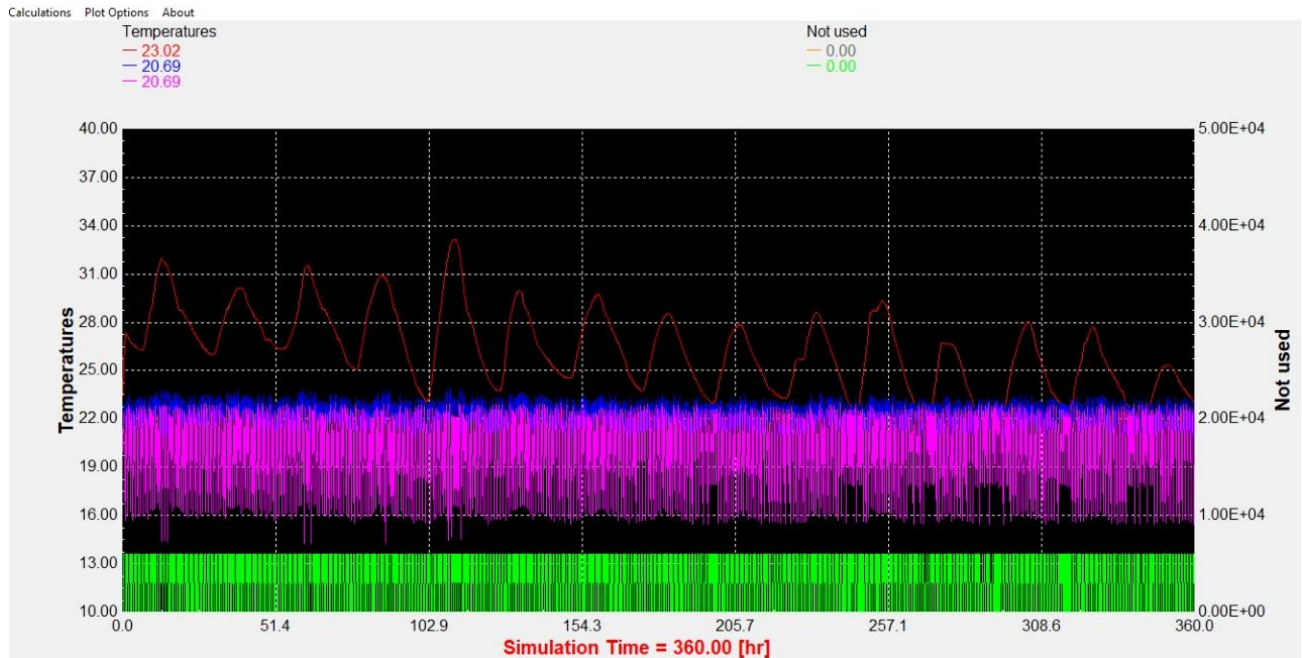


Figura 3.4 Gráfica de Temperatura interna, temperatura externa, temperatura de salida del equipo, potencia vs Tiempo [Elaboración propia].

3.4.1 Análisis de la simulación

Se simuló la operación para el caso base de una determinada región de la iglesia, tomando en cuenta la unidad evaporadora seleccionada. Para este caso el equipo tomado en análisis fue una unidad evaporadora de 90,000 BTU operando durante todo un mes, donde a través de los parámetros y condiciones climáticas ya establecidas se procedió a correr el programa, se notó en la gráfica, que dicho equipo abastecía la demanda de calor existente en el medio, por lo que se puede corroborar que el equipo seleccionado, cumple con la capacidad de llevar al confort al habitáculo analizado. No obstante, el caso base se analizó tomando en cuenta que un sistema VRF trabaja con refrigerante variable, por lo que el paso del fluido está regulado a través de una válvula electrónica de expansión. Este caso base fue analizado considerando la apertura de la válvula al 100%. Es decir, trabajando los equipos a su máxima capacidad. Al revisar la curva generada de potencia vs temperatura, podemos notar que suplente la demanda y a su vez el consumo

generado que arroja la simulación es de 6.5 kW, donde se procedió a realizar la comparativa con un equipo del catálogo de LG para sistemas de climatización VRF y se corroboró que en efecto la potencia de arranque del equipo es menor a la potencia ya antes mencionada, el equipo escogido fue una unidad ARNU963B8A4, donde la potencia tabulada es de 800 W. Corroborando así, que existe un ahorro energético, y confirmando la viabilidad del proyecto dada que existe reducción de gastos, al tener una mayor inversión en equipos más eficientes.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Se comprobó que la alternativa de sistema de climatización seleccionada a través de la matriz de decisión satisface la demanda térmica de la edificación.

Se demostró mediante el uso de un software de simulación la diferencia de consumo de un sistema VRF vs un sistema convencional (expansión directa), siendo el sistema VRF el de menor consumo eléctrico.

El sistema de climatización escogido, VRF, permite el uso de, con una unidad condensadora, hasta 15 unidades evaporadoras, siempre y cuando la suma de la carga térmica total no exceda de la capacidad del condensador.

Una de las grandes ventajas del sistema VRF fue el enorme ahorro y eficiencia de energía que ofrece, así como también la baja contaminación sonora.

En cuanto al aspecto de inversión en este sistema de climatización, el VRF es un modelo muy viable; esto porque el costo total del diseño, instalación y puesta en marcha se puede recuperar en un rango de tiempo relativamente corto.

El ahorro energético es una, por no decir la más importante, de las ventajas de un sistema VRF, lo cual se da a partir del uso de compresores tipo inverter que funcionan a carga de forma parcial.

4.2 Recomendaciones

- Tomar en consideración cada aspecto posible para determinar el resultado de la carga térmica total puesto que, un resultado erróneo podría desencadenar en una elección incorrecta de sistema de climatización y, por lo tanto, de diseño.
- Al momento de hacer el diseño en CAD, realizarlo a tamaño escala e incluyendo especificaciones necesarias que se usarán posteriormente.
- Seguir las instrucciones de forma detallada del manual de instalación y operación para proceder con las buenas prácticas de LG, así como también la conservación y mantenimiento de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

Spitler, Jeffrey D. (2014). Load Calculation Applications Manual (2nd Edition). Atlanta, NE: ASHRAE.

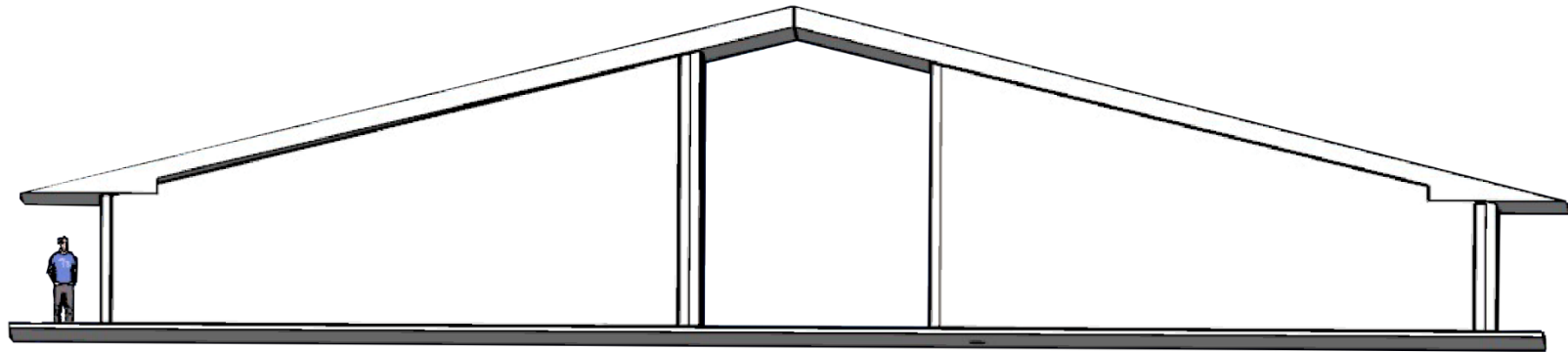
Pita, Edward G. (2002). Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas (2nd Edition). México D.F.

ASHRAE. (2015). ASHRAE Handbook HVAC Applications. Atlanta.

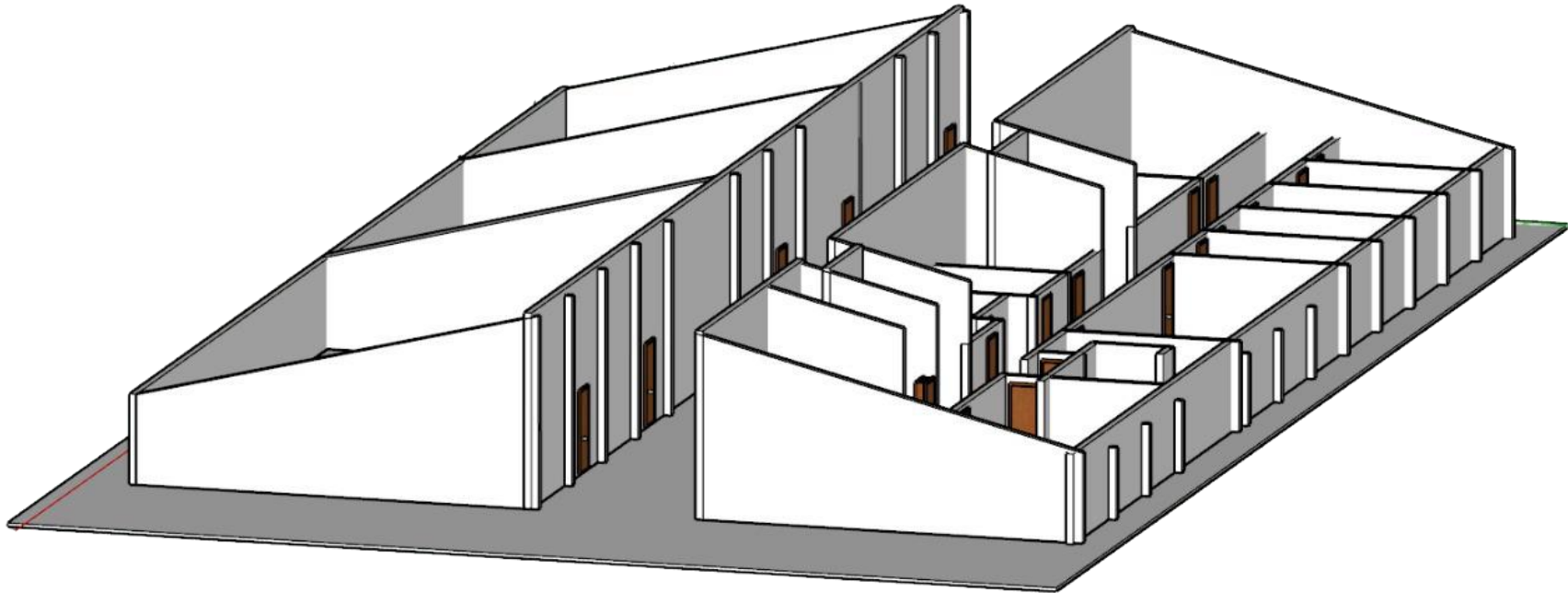
APÉNDICES

APÉNDICE A

Fachada y planos de la Iglesia



Plano 1 Vista frontal de la iglesia



Plano 2 Vista isométrica de la Iglesia



Plano 3 Vista superior de la Iglesia. Distribución de equipos y tuberías

Apéndice B

Información y detalles encontrados en bibliografías

Apéndice B-1 Datos meteorológicos anual, estación M1096

M1096		GUAYAQUIL U.ESTATAL (RADIO SONDA)							INAMHI									
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		M E D I A S		Mensual	Máxima	Minima	Máxima	Minima	Media			Mensual	Máxima en 24hrs		Mensual	
ENERO	33.7	34.8	4	21.9	15							30.8	23.7			26.9		
FEBRERO	61.7	33.6	23	21.8	17	31.0	23.8	27.0			79	23.0	28.0	282.3	55.8	21	21	
MARZO	73.9	34.8	20	22.3	28	31.8	24.3	27.4			81	23.6	29.1	511.9				
ABRIL	131.2	34.3	2	21.0	27	32.0	23.7	27.6	96	18	54	6	76	22.7	27.7	109.8	23.2	18
MAYO	83.9	34.0	3	20.9	4	31.0	22.4	26.6	97	4	56	17	76	21.8	26.1	1.4	0.7	26
JUNIO	56.9			19.6	26	28.9	21.6	25.0	93	3	57	23	79	21.1	25.0	0.4	0.4	1
JULIO	83.7	31.0	20	19.3	16	28.6	20.6	24.3					78	20.2	23.7	0.0	0.0	1
AGOSTO	169.0	32.1	24	19.7	30	29.7	20.6	24.7	98	8	54	24	76	20.0	23.3	0.6	0.6	25
SEPTIEMBRE	179.5	38.8	29	20.0	1	31.4	21.2	25.5	91	25	54	15	74	20.4	24.0	0.0	0.0	1
OCTUBRE	137.5	34.5	6	20.4	4	31.0	21.7	25.7	92	20	47	6	76	20.9	24.7	0.2	0.2	16
NOVIEMBRE	138.9	33.1	21	20.9	26	30.6	21.9	25.6					75	20.7	24.5	0.0	0.0	1
DICIEMBRE	161.9	35.8	22	20.3	30	32.7	22.4	27.5					67	20.6	24.3	0.5	0.4	17
VALOR ANUAL	1311.8			19.3		30.8	22.3	26.2					76	21.5	25.7	1064.5		

Fuente: INAMHI

Apéndice B-2 Factor de corrección por latitud y mes en paredes

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	-9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-5	-8	-1
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
	8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12
Ene/Nov		-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
Feb/Oct		-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
Mar/Sept		-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
Abr/Ago		2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
May/Jul		7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-1
Jun		9	6	4	0	-2	-5	-8	-9	-7	-1
16		Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-4	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	0	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
	24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13
Ene/Nov		-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
Feb/Oct		-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
Mar/Sept		-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
Abr/Ago		-2	-1	0	-1	-2	-1	-2	-3	-3	0
May/Jul		1	2	2	0	0	-3	-5	-6	-6	1
Jun		3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32		Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
	40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10
Ene/Nov		-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
Feb/Oct		-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
Mar/Sept		-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
Abr/Ago		-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
May/Jul		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
Jun		1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48		Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
	56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3
Ene/Nov		-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
Feb/Oct		-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
Mar/Sept		-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
Abr/Ago		-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
May/Jul		0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2

Fuente: Acondicionamiento de Aire, Pita E., 2002

Apéndice B-3 CLTD. Diferencia de temperatura de paredes según grupo al que pertenece (N, S, E, O)

	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máximas	DTCE mínimas	DTCE máximas	Diferencia de DTCE					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24									
Paredes grupo A																																	
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14					2	10	14	4		
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20					22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25					22	18	25	7	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24					23	18	24	6		
S	20	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20					23	14	20	6		
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	18	17	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25					24	17	25	8		
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18					18	18	27	9		
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	15	16	17	18	19	20	21					1	14	21	7			
Paredes grupo B																																	
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15					24	8	15	7		
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20					21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24					20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24					21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21					23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	24	25	26	28	28					24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	15	17	19	22	25	27	28	29	30					24	14	30	16		
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	13	15	17	19	21	22	23	23					24	11	23	12		
Paredes grupo C																																	
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	16					22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20					20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	25	27	29	30	30	30	29	28	27	26	24					18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	25	28	28	29	29	29	29	28	27	26	24					19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22					20	9	26	17	
SW	28	27	25	24	22	20	18	16	15	14	13	12	12	13	14	15	18	22	26	29	32	33	32	31					22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	13	14	15	18	20	24	29	32	35	35	35	33					22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26					22	10	27	17	
Paredes grupo D																																	
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	-16					21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18					19	7	25	18		
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	15	22	27	32	37	40	40	39	38	37	36	35	34	33	32					16	8	32	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22					17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22					19	8	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	37	34	31							21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34					21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27					22	7	32	25	
Paredes grupo E																																	
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14					20	3	22	19		
NE	13	11	9	7	6	4	3	4	5	6	7	9	11	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14					16	4	26	22		
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17					13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17					15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17					17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	3	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26					19	5	45	40	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29					20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24					20	5	38	33		
Paredes grupo F																																	
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11					19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	1	0	1	4	7	10	14	18	23	28	30	29	27	27	27	26	24	22	19	15	11					11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12					12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12					13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12					16	1	39	38		
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18					18	2	53	51	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21					19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18					19	2	46	44	
Paredes grupo G																																	
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5					18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	0	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5					8	-1	30	30
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6					10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6					11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5					14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8					16	0	63	63	
W																																	

Apéndice B-5 SHGF. Factor de ganancia de calor solar

0 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

Fuente: Acondicionamiento de Aire, Pita E., 2002

Apéndice B-6 Factor de carga de enfriamiento para vidrios

Latitud norte. Ventana viendo hacia él	Construc- ción del recinto	Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.
M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.
H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso

Fuente: Acondicionamiento de Aire, Pita E., 2002

Apéndice B-7 CLTD y U para el techo

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/h Ft²·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in (8)	7	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	25	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in (10)	9	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	25	20
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Fuente: Acondicionamiento de Aire, Pita E., 2002

Apéndice B-8 Calor de personas de acuerdo con la actividad que realiza

Table 6.1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity

[Source: ASHRAE Handbook—Fundamentals [2013], Chapter 18, Table 1]

Degree of Activity	Location	Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30		
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant ^c	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling ^d	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

Fuente: Load Calculation Applications Manual, Spitler J., 2014

Apéndice B-9 LPD. Densidad de luz por unidad de área

Table 6.2 Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method

(Source: ASHRAE/IES Standard 90.1-2010, Table 9.6.1)

Common Space Types ^a	LPD, W/m ²	RCR Threshold
Atrium		
First 13 m height	1.059 per m (height)	NA
Height above 13 m	0.706 per m (height)	NA
Audience/Seating Area—Permanent		
For auditorium	8.5	6
For Performing Arts Theater	26.2	8
For Motion Picture Theater	12.3	4
Classroom/Lecture/Training	13.3	4
Conference/Meeting/Multipurpose	13.2	6
Corridor/Transition	7.1	Width < 2.4 m
Dining Area		
For Bar Lounge/Leisure Dining	14.1	4
For Family Dining	9.6	4
Dressing/Fitting Room for Performing Arts Theater	4.3	6
Electrical/Mechanical	10.2	6
Food Preparation	10.7	6
Laboratory		
For Classrooms	13.8	6
For Medical/Industrial/Research	19.5	6
Lobby		
For Elevator	6.88	6
For Performing Arts Theater	21.5	6
For Motion Picture Theater	5.6	4
Locker Room	8.1	6
Lounge/Recreation	7.9	4
Office		
Enclosed	11.9	8
Open Plan	10.5	4
Restrooms	10.5	8

Sales Area (for accent lighting, see Section 9.6.2(b))	18.1	6
Stairway	7.4	10
Storage	6.8	6
Workshop	17.1	6
Building-Specific Space Types	LPD, W/m²	RCR Threshold
Automotive		
Service/Repair	7.2	4
Bank/Office		
Banking Activity Area	14.9	6
Convention Center		
Audience Seating	8.8	4
Exhibit Space	15.6	4
Courthouse/Police Station/Penitentiary		
Courtroom	18.5	6
Confinement Cells	11.8	6
Judges' Chambers	12.6	8
Penitentiary Audience Seating	4.6	4
Penitentiary Classroom	14.4	4
Penitentiary Dining	11.5	6
Dormitory		
Living Quarters	4.1	8
Fire Stations		
Engine Room	6.0	4
Sleeping Quarters	2.7	6
Gymnasium/Fitness Center		
Fitness Area	7.8	4
Gymnasium Audience Seating	4.6	6
Playing Area	12.9	4
Hospital		
Corridor/Transition	9.6	Width < 2.4 m
Emergency	24.3	6
Exam/Treatment	17.9	8
Laundry/Washing	6.5	4
Lounge/Recreation	11.5	6
Medical Supply	13.7	6
Nursery	9.5	6
Nurses' Station	9.4	6
Operating Room	20.3	6

Building-Specific Space Types	LPD, W/m ²	RCR Threshold
Patient Room	6.7	6
Pharmacy	12.3	6
Physical Therapy	9.8	6
Radiology/Imaging	14.2	6
Recovery	12.4	6
Hotel/Highway Lodging		
Hotel Dining	8.8	4
Hotel Guest Rooms	11.9	6
Hotel Lobby	11.4	4
Highway Lodging Dining	9.5	4
Highway Lodging Guest Rooms	8.1	6
Library		
Card File and Cataloging	7.8	4
Reading Area	10	4
Stacks	18.4	4
Manufacturing		
Corridor/Transition	4.4	Width < 2.4 m
Detailed Manufacturing	13.9	4
Equipment Room	10.2	6
Extra High Bay (>15.2 m Floor to Ceiling Height)	11.3	4
High Bay (7.6–15.2 m Floor to Ceiling Height)	13.2	4
Low Bay (<7.6 m Floor to Ceiling Height)	12.8	4
Museum		
General Exhibition	11.3	6
Restoration	11.0	6
Parking Garage		
Garage Area	2.0	4
Post Office		
Sorting Area	10.1	4
Religious Buildings		
Audience Seating	16.5	4
Fellowship Hall	6.9	4
Worship Pulpit, Choir	16.5	4

Fuente: Load Calculation Applications Manual, Spitler J., 2014

APÉNDICE C

Cálculos de cargas y selección de equipos por parte del software LG HVAC LATAM

Apéndice C-1 Ala 1 (superior)

Iglesia Bastion Alvaro-Juver(ver 1.8.6.6)			
Model Selection - Summary			
Date: 11/05/2021			
1. Outdoor Units			
No.	Model Name	Quantity	Description
1	ARUV216BTE5	1	50,60Hz/R410A/Cooling Only/MULTI V 5/LATAM
Total		1	
2. Indoor Units			
No.	Model Name	Quantity	Description
1	ARNU073TUD4	1	Ceiling Cassette - 1Way
2	ARNU09GTUD4	7	Ceiling Cassette - 1Way
3	ARNU18GTQB4	4	Ceiling Cassette - 4Way
4	ARNU36GTNC4	1	Ceiling Cassette - 4Way
Total		13	
3. Branch/Header			
No.	Model Name	Quantity	
1	ARBLN01621	3	
2	ARBLN03321	4	
3	ARBLN07121	5	
4. Pipes			
No.	Diameter(Liq.Gas,inch)	Length(m)	
1	1/4 : 1/2	33.0	
2	3/8 : 5/8	12.0	
3	3/8 : 3/4	7.1	
4	3/8 : 7/8	2.0	
5	1/2 : 1+1/8	12.5	
6	5/8 : 1+1/8	9.1	
5. Accessories			
Index	Model Name	Quantity	Description
IDU	PT-UUC1	1	Grille (1 Way Cassette)
IDU	PT-MCHW0	1	Panel with motion sensor (4 Way Cassette TN, TM, TP)
IDU	PT-QAGW0	4	Panel
IDU	PT-TAHW0	7	Grille (1 Way Cassette)

System Model Selection - ODU

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

1. Design conditions - Outdoor

	Cooling			Heating		
	DBT(°C)	WBT(°C)	RH(%)	DBT(°C)	WBT(°C)	RH(%)
OAT	33.2	24.6	49.8	19.9	18.3	86.0
IAT	32.0	23.0	46.8	20.0	13.8	50.0

2. Outdoor Units

Model Name	Maximum Indoor Units	Maximum CR (kW(%))	Combination Ratio	Precharged Refrigerant (kg)	Additional Refrigerant (kg)	Fluid Type / Concentration (%)
ARUV216BTE5	50	126.6(200%)	86.6 %	14.00	8.35	

Rated / Corrected Capa. (kW)		Rated / Corrected Power Input (kW)	
Cooling	Heating	Cooling	Heating
63.3/66.9		15.5/12.3	0.0 / 0.0

Efficiency(W/W)		Weight(kg)	Dimension (WxHxD) (inch)	Electrical Characteristics				
Cooling	Heating			Volt	Phase	Hz	MCA (A)	Breaker (A)
5.4	-nan(ind)	274x1	48-13/16x66-17/32x29-29/32	220~240	3	50/60	71.4	90

3. Pipes

Diameter(Liq.Gas,inch)	Length(m)
1/4 : 1/2	33.0
3/8 : 5/8	12.0
3/8 : 3/4	7.1
3/8 : 7/8	2.0
1/2 : 1+1/8	12.5
5/8 : 1+1/8	9.1

4. Branch/Header

Model Name	Quantity
ARBLN01621	3
ARBLN03321	4
ARBLN07121	5
-	-
-	-
-	-

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.
The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

5. Indoor Units(1)

Room	Room Load(kW)			Room Design Temp.(Return Air Temp.)(°C)				Model Name	Rated TC/Corrected TC(kW)			Corrected Capa(Room Load%)		
	TC	SC	HC	Cooling		Heating			TC	SC	HC	TC	SC	HC
				DBT	WBT	DBT	WBT							
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU073TUD4	2.2/2.4	1.6/1.6	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU09GTUD4	2.8/3.0	2.0/1.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU18GTQB4	5.6/6.2	3.9/3.7	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU18GTQB4	5.6/6.2	3.9/3.7	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU18GTQB4	5.6/6.2	3.9/3.7	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU18GTQB4	5.6/6.2	3.9/3.7	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	23.0	20.0	13.8	ARNU36GTNC4	10.6/11.6	7.6/7.1	-	-	-	-

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

6. Indoor Units(2)

Tag	Model Name	Type	Est. Discharge Temp.(°C)		Air flow rate (CMM)	Remark
			Cooling	Heating		
AULA07	ARNU073TUD4	CASSETTE 1WAY	22.5	35.5	8.2	NA
SALA01	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
SALA02	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
SALA03	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
AULA08	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
SECRETARIA1	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
SECRETARIA2	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
AULA06	ARNU09GTUD4	CASSETTE 1WAY	21.8	37.2	9.2	NA
AULA 10	ARNU18GTQB4	CASSETTE 4WAY	15.8	47.9	11.2	NA
AULA09	ARNU18GTQB4	CASSETTE 4WAY	15.8	47.9	11.2	NA
AULA05	ARNU18GTQB4	CASSETTE 4WAY	15.8	47.9	11.2	NA
AULA11	ARNU18GTQB4	CASSETTE 4WAY	15.8	47.9	11.2	NA
ATA02	ARNU36GTNC4	CASSETTE 4WAY	17.9	43.6	25.0	NA

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWTT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

7. Indoor Units(3)

Tag	Model Name	Weight	Dimension (WxHxD)	Electrical Characteristics				
				Volt	Phase	Hz	MCA (A)	FLA (A)
AULA07	ARNU073TUD4	15 kg	33-7/8x6-11/16x17-3/4 inch	208~230	1	60	0.23	0.18
SALA01	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
SALA02	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
SALA03	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
AULA08	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
SECRETARIA1	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
SECRETARIA2	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
AULA06	ARNU09GTUD4	12.2 kg	33-27/32x5-3/16x17-23/32 inch	220~240	1	50/60	1.23	0.18
AULA 10	ARNU18GTQB4	15 kg	22-7/16x10-3/32x22-7/16 inch	220~240	1	50/60	0.25	0.20
AULA09	ARNU18GTQB4	15 kg	22-7/16x10-3/32x22-7/16 inch	220~240	1	50/60	0.25	0.20
AULA05	ARNU18GTQB4	15 kg	22-7/16x10-3/32x22-7/16 inch	220~240	1	50/60	0.25	0.20
AULA11	ARNU18GTQB4	15 kg	22-7/16x10-3/32x22-7/16 inch	220~240	1	50/60	0.25	0.20
ATA02	ARNU36GTNC4	23.5 kg	33-11/16x9-5/8x33-1/16 inch	220~240	1	50/60	0.71	0.56

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Validation Check

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

8. System Validation Check - General Condition

Contents	Limit	Current(Max value : connected unit)
Total pipe length	1000.0 m	75.7 m
Longest equivalent pipe length	175.0 m	50.2 m : ARNU18GTQB4[AULA05]
Longest pipe length after 1st branch	40.0 m	33.6 m : ARNU18GTQB4[AULA05]
Height difference [Above: IDU, Below: ODU]	110.0 m	3.0 m : ARNU18GTQB4[AULA11]
Height difference [Above: ODU, Below: IDU]	110.0 m	0.0 m
Height difference [IDU to IDU]	40.0 m	0.0 m : ARNU18GTQB4[AULA 10]-ARNU18GTQB4[AULA 10]
Longest actual pipe length	150.0 m	42.7 m : ARNU18GTQB4[AULA05]




Note : Except "Longest equivalent pipe length", the other pipe length limitations are actual length.

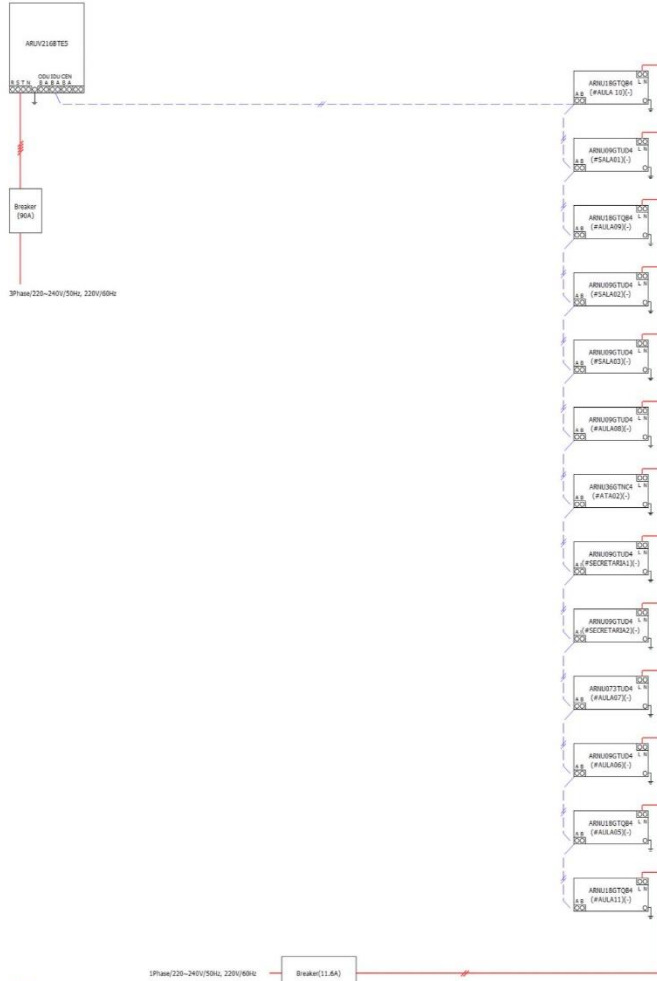
System Schematic Diagram

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

-  Power line(Outdoor unit)
-  Power line(Indoor unit /HR unit)
-  Communication line (DDU-EDU / DDU-ODU) : VCTF-SB 2C + 1.9 - 1.5 mm²
-  Communication line (DDU-ODU) : VCTF-SB 2C + 0.75 - 1.5 mm²
-  Communication line(AC remote controller) : VCTF-SB AC + 0.75 - 1.5 mm²(AC Ez: Simple central controller)
-  Communication line(Remote controller) : KFG 24 x 3C



Note :
We recommend one size bigger circuit breaker than the calculated size.

System Cost Estimate

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV216BTE5	1		0
SubTotal	1		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU073TUD4	1		0
ARNU09GTUD4	7		0
ARNU18GTQB4	4		0
ARNU36GTNC4	1		0
SubTotal	13		0

3. Accessories

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
PT-UUC1	1		0
PT-MCHW0	1		0
PT-QAGW0	4		0
PT-TAHW0	7		0
SubTotal	13		0

4. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN01621	3		0
ARBLN03321	4		0
ARBLN07121	5		0
SubTotal	12		0

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/4	33.0		0
1/2	45.5		0

System Cost Estimate

System Name: Multi V1

Date: 11/05/2021

System No : 1/1

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1+1/8	21.6		0
3/8	21.1		0
3/4	7.1		0
5/8	21.1		0
7/8	2.0		0
SubTotal			0

6. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	8.35		0
SubTotal			0

Cost Estimate - MULTI V**Date: 11/05/2021**

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV216BTE5	1		0
SubTotal	1		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU073TUD4	1		0
ARNU09GTUD4	7		0
ARNU18GTQB4	4		0
ARNU36GTNC4	1		0
SubTotal	13		0

3. Accessories

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
PT-UUC1	1		0
PT-MCHW0	1		0
PT-QAGW0	4		0
PT-TAHW0	7		0
SubTotal	13		0

4. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN01621	3		0
ARBLN03321	4		0
ARBLN07121	5		0
SubTotal	12		0

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/4	33.0		0
1/2	45.5		0
1+1/8	21.6		0

Cost Estimate - MULTI V**Date: 11/05/2021****5. Pipes**

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
3/8	21.1		0
3/4	7.1		0
5/8	21.1		0
7/8	2.0		0
SubTotal			0

6. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	8.35		0
SubTotal			0

Project Cost Estimate

Date: 11/05/2021

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV216BTE5	1		0
SubTotal	1		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU073TUD4	1		0
ARNU09GTUD4	7		0
ARNU18GTQB4	4		0
ARNU36GTNC4	1		0
SubTotal	13		0

3. Accessories

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
PT-UUC1	1		0
PT-MCHW0	1		0
PT-QAGW0	4		0
PT-TAHW0	7		0
SubTotal	13		0

4. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN01621	3		0
ARBLN03321	4		0
ARBLN07121	5		0
SubTotal	12		0

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/4	33.0		0
1/2	45.5		0
1+1/8	21.6		0

Project Cost Estimate

Date: 11/05/2021

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
3/8	21.1		0
3/4	7.1		0
5/8	21.1		0
7/8	2.0		0
SubTotal			0

6. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	8.35		0
SubTotal			0

Pipe Summary

Date: 11/05/2021

1. Refrigerant Pipe

System Name		Length(m)															
Diameter(inch)	Type	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1+1/8	1+3/8	1+1/4	1+5/8	1+1/2	1+3/4	2	2+1/8	
Multi V1	Liquid	33.0	21.1	12.5	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Low Gas	-	-	33.0	12.0	7.1	2.0	-	21.6	-	-	-	-	-	-	-	
	High Gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SubTotal	33.0	21.1	45.5	21.1	7.1	2.0	-	21.6	-	-	-	-	-	-	-	
Total		33.0	21.1	45.5	21.1	7.1	2.0	-	21.6	-	-	-	-	-	-	-	

Model Selection - Summary

Date: 11/17/2021

1. Outdoor Units

No.	Model Name	Quantity	Description
1	ARUV288BTE5		
1.1	ARUV168BTE5	1	MULTI V 5(Mexico)/50,60Hz/R410A/Cooling Only/MULTI V 5/LATAM
1.2	ARUV121BTE5	1	MULTI V 5(Mexico)/50,60Hz/R410A/Cooling Only/MULTI V 5/LATAM
Total		2	

2. Indoor Units

No.	Model Name	Quantity	Description
1	ARNU36GBRA4	1	Ceiling Concealed Duct - High Static(2)
2	ARNU60GB7A4	4	Ceiling Concealed Duct - High Static
Total		5	

3. Branch/Header

No.	Model Name	Quantity
1	ARBLN03321	1
2	ARBLN07121	3
3	ARCNN21	1

4. Pipes

No.	Diameter(Liq:Gas,inch)	Length(m)
1	3/8 : 5/8	17.0
2	1/2 : 1+1/8	11.9
3	5/8 : 1+1/8	6.0
4	3/4 : 1+3/8	23.0

5. Accessories

Index	Model Name	Quantity	Description

System Model Selection - ODU

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

1. Design conditions - Outdoor

	Cooling			Heating		
	DBT(°C)	WBT(°C)	RH(%)	DBT(°C)	WBT(°C)	RH(%)
OAT	33.2	24.6	49.8	19.9	18.3	86.0
IAT	32.0	21.5	39.4	20.0	13.8	50.0

2. Outdoor Units

Model Name	Maximum Indoor Units	Maximum CR (kW(%))	Combination Ratio	Precharged Refrigerant (kg)	Additional Refrigerant (kg)	Fluid Type / Concentration (%)
ARUV288BTE5	52	135.0(160%)	95.5 %	23.00	11.58	

Model Name	Combination
ARUV288BTE5	ARUV168BTE5 + ARUV121BTE5

Rated / Corrected Capa. (kW)		Rated / Corrected Power Input (kW)	
Cooling	Heating	Cooling	Heating
84.4/86.9		20.9/18.6	0.0 / 0.0

Efficiency(W/W)		Weight(kg)	Dimension (WxHxD) (inch)	Electrical Characteristics				
Cooling	Heating			Volt	Phase	Hz	MCA (A)	Breaker (A)
4.7	-nan(ind)	(260x1)+(188x1)	148-13/16x66-17/32x29-29/32x1+(36-9/8x66-17/32x29-29/32x1)	220-240	3	50/60	89.7	100

3. Pipes

Diameter(Liq.Gas,inch)	Length(m)
3/8 : 5/8	17.0
1/2 : 1+1/8	11.9
5/8 : 1+1/8	6.0
3/4 : 1+3/8	23.0

4. Branch/Header

Model Name	Quantity
ARBLN03321	1
ARBLN07121	3
ARCNN21	1
-	-

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length. The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

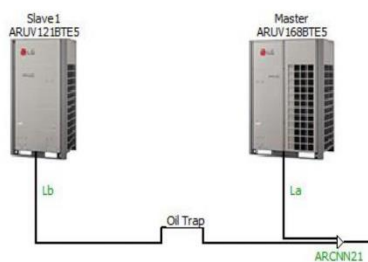
System Model Selection - ODU

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

5. ODU Installation



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

Outdoor Unit-Branch		
Pipe	Diameter(inch)	Length(m)
La	5/8 : 1+1/8	-
Lb	1/2 : 1+1/8	-

Height Difference	
Pipe	Length(m)
Hb (Master-Slave1)	-

#Notes: Height difference is calculated based on master ODU.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

6. Indoor Units(1)

Room	Room Load(kW)			Room Design Temp.(Return Air Temp.)(°C)				Model Name	Rated TC/Corrected TC(kW)			Corrected Capa(Room Load%)		
	TC	SC	HC	Cooling		Heating			TC	SC	HC	TC	SC	HC
				DBT	WBT	DBT	WBT							
Room	-	-	-	32.0	21.5	20.0	13.8	ARNU36GBRA4	10.6/8.8	7.8/8.3	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	21.5	20.0	13.8	ARNU60GB7A4	17.6/18.9	13.7/17.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	21.5	20.0	13.8	ARNU60GB7A4	17.6/18.9	13.7/17.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	21.5	20.0	13.8	ARNU60GB7A4	17.6/18.9	13.7/17.9	-	-	-	-
Room	-	-	-	32.0	21.5	20.0	13.8	ARNU60GB7A4	17.6/18.9	13.7/17.9	-	-	-	-

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

7. Indoor Units(2)

Tag	Model Name	Type	Est. Discharge Temp.(°C)		Air flow rate (CMM)	Remark
			Cooling	Heating		
Salon Sacramental 2.1	ARNU36GBRA4	DUCT HIGH STATIC	21.4	35.1	39.1	Setting Value: 110 / E.S.P: 0.0014 kgf/cm ²
Salon Sacramental 1	ARNU60GB7A4	DUCT HIGH STATIC	14.9	38.9	51.6	Setting Value: 117 / E.S.P: 0.0014 kgf/cm ²
Salon Sacramental 2	ARNU60GB7A4	DUCT HIGH STATIC	14.9	38.9	51.6	Setting Value: 117 / E.S.P: 0.0014 kgf/cm ²
Salon Sacramental 3	ARNU60GB7A4	DUCT HIGH STATIC	14.9	38.9	51.6	Setting Value: 117 / E.S.P: 0.0014 kgf/cm ²
Salon Sacramental 3.1	ARNU60GB7A4	DUCT HIGH STATIC	14.9	38.9	51.6	Setting Value: 117 / E.S.P: 0.0014 kgf/cm ²

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Model Section - IDU

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

8. Indoor Units(3)

Tag	Model Name	Weight	Dimension (WxHxD)	Electrical Characteristics				
				Volt	Phase	Hz	MCA (A)	FLA (A)
Salon Sacramental 2.1	ARNU36GBRA4	kg	mm	220~240	1	50/60	3.45	2.76
Salon Sacramental 1	ARNU60GB7A4	55 kg	48-716x14-31/32x23-7/32 inch	220~240	1	50/60	2.63	2.10
Salon Sacramental 2	ARNU60GB7A4	55 kg	48-716x14-31/32x23-7/32 inch	220~240	1	50/60	2.63	2.10
Salon Sacramental 3	ARNU60GB7A4	55 kg	48-716x14-31/32x23-7/32 inch	220~240	1	50/60	2.63	2.10
Salon Sacramental 3.1	ARNU60GB7A4	55 kg	48-716x14-31/32x23-7/32 inch	220~240	1	50/60	2.63	2.10

#Notes: Correction factor is corrected by such as, but not limited to, indoor unit combination, temperature, and pipe length.

The result can be slightly different from Product Data Book due to simulation.

EWT=Entering Water Temperature / LWT=Leaving Water Temperature.

System Validation Check

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

9. System Validation Check - General Condition

Contents	Limit	Current(Max value : connected unit)
Total pipe length	1000.0 m	57.9 m
Longest equivalent pipe length	175.0 m	54.1 m : ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 3.1]
Longest pipe length after 1st branch	40.0 m	27.9 m : ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 3.1]
Height difference [Above: IDU, Below: ODU]	110.0 m	3.0 m : ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 3.1]
Height difference [Above: ODU, Below: IDU]	110.0 m	0.0 m
Height difference [IDU to IDU]	40.0 m	0.0 m : ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 1]-ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 1]
Longest actual pipe length	150.0 m	50.9 m : ARNU60GB7A4[Salon Sacramental 3.1]

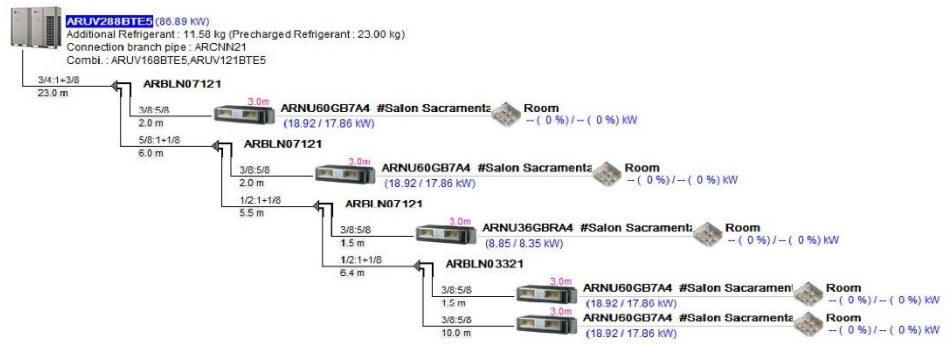
Note : Except "Longest equivalent pipe length", the other pipe length limitations are actual length.

System Tree Diagram

System Name: Multi V1

System No : 1/1

Date: 11/17/2021



* : Main pipe upsized
 ** : Conditional Application
Two pipe : Liquid : Gas

- Remote Controller, Group Control, Dry Contact
- Leakage Detector, Temperature Sensor, Air purification kit

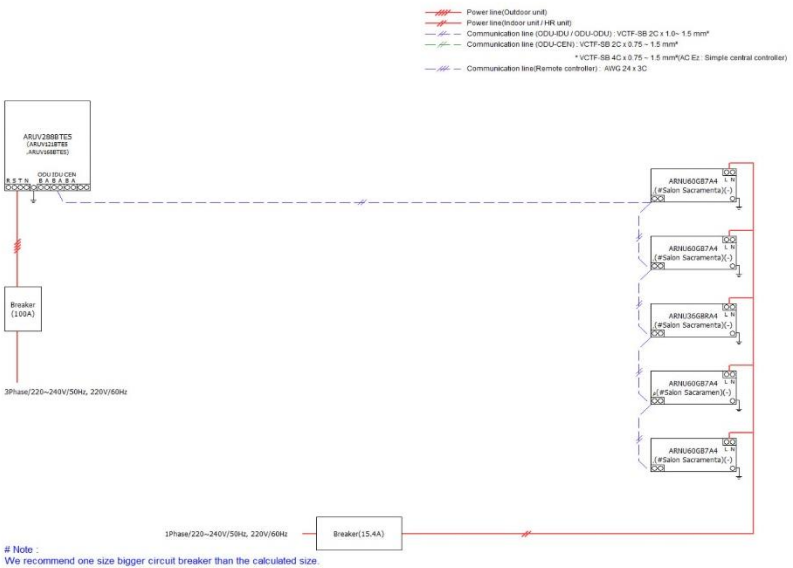
Indoor Units : 5 of 52
Combination Ratio : 80.6 of 84.4 (95%)
Total Pipe : 57.9 of 1000.0 m

System Schematic Diagram

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1



System Cost Estimate

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV121BTE5	1		0
ARUV168BTE5	1		0
SubTotal	2		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU36GBRA4	1		0
ARNU60GB7A4	4		0
SubTotal	5		0

3. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN03321	1		0
ARBLN07121	3		0
ARCNN21	1		0
SubTotal	5		0

4. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/2	11.9		0
1+1/8	17.9		0
1+3/8	23.0		0
3/8	17.0		0
3/4	23.0		0
5/8	23.0		0
SubTotal			0

System Cost Estimate

System Name: Multi V1

Date: 11/17/2021

System No : 1/1

5. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	11.58		0
SubTotal			0

Cost Estimate - MULTI V**Date: 11/17/2021**

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV121BTE5	1		0
ARUV168BTE5	1		0
SubTotal	2		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU36GBRA4	1		0
ARNU60GB7A4	4		0
SubTotal	5		0

3. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN03321	1		0
ARBLN07121	3		0
ARCNN21	1		0
SubTotal	5		0

4. Pipes

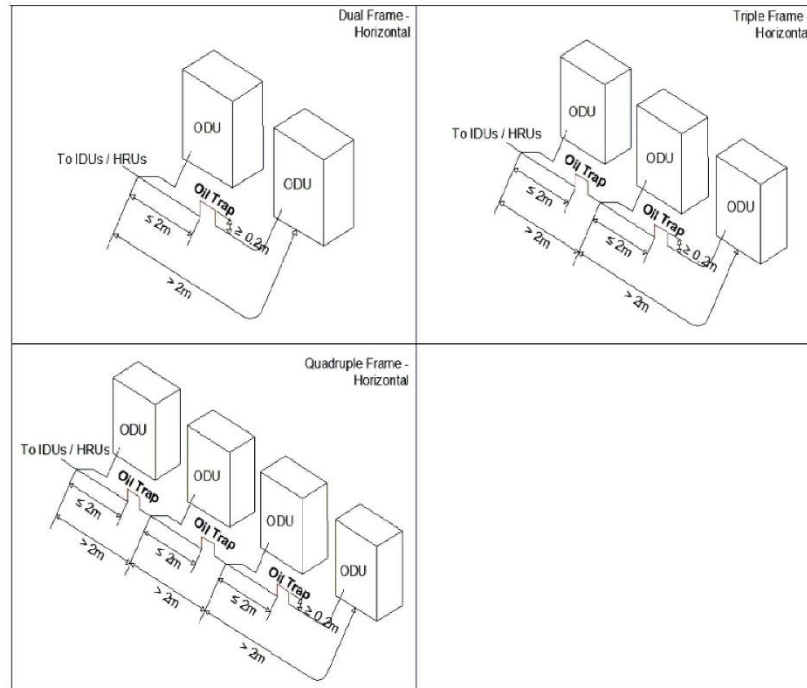
Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/2	11.9		0
1+1/8	17.9		0
1+3/8	23.0		0
3/8	17.0		0
3/4	23.0		0
5/8	23.0		0
SubTotal			0

5. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	11.58		0
SubTotal			0

Oil Trap Requirement

Date: 11/17/2021



Oil trap required:

- Horizontal piping when distance between the frame and connecting Y-branch exceeds 2 m.
- High Gas and Low Gas pipes only
- Oil trap must be minimum 0.2 m high and wide.
- Oil trap must be located close to connecting Y-branch (no farther than 2 m).
- Connecting Y-branch must be installed horizontally.

Project Cost Estimate

Date: 11/17/2021

Total Cost	0	Currency	\$
------------	---	----------	----

1. Outdoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARUV121BTE5	1		0
ARUV168BTE5	1		0
SubTotal	2		0

2. Indoor Units

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARNU36GBRA4	1		0
ARNU60GB7A4	4		0
SubTotal	5		0

3. Accessories

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
SubTotal	0		0

4. Branch/Header

Model Name	Quantity	Unit Cost	Total Cost
ARBLN03321	1		0
ARBLN07121	3		0
ARCNN21	1		0
SubTotal	5		0

5. Pipes

Diameter(inch)	Length(m)	Unit Cost	Total Cost
1/2	11.9		0
1+1/8	17.9		0
1+3/8	23.0		0
3/8	17.0		0
3/4	23.0		0
5/8	23.0		0
SubTotal			0

Project Cost Estimate

Date: 11/17/2021

6. Refrigerant

Refrigerant	Additional Refrigerant(kg)	Unit Cost	Total Cost
R410A	11.58		0
SubTotal			0

Pipe Summary

Date: 11/17/2021

1. Refrigerant Pipe

System Name		Length(m)															
Diameter(inch)	Type	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1+1/8	1+3/8	1+1/4	1+5/8	1+1/2	1+3/4	2	2+1/8	
Multi V1	Liquid	-	17.0	11.9	6.0	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Low Gas	-	-	-	17.0	-	-	-	17.9	23.0	-	-	-	-	-	-	
	High Gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SubTotal	-	17.0	11.9	23.0	23.0	-	-	17.9	23.0	-	-	-	-	-	-	
Total		-	17.0	11.9	23.0	23.0	-	-	17.9	23.0	-	-	-	-	-	-	