

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un sistema sostenible de climatización para un edificio
multifamiliar”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Mecánica

Presentado por:

Katherine Mischel Burbano Gómez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para todas las personas especiales para mí, en especial para mi madre Aracely, mi padre José, mi hermano Anthony Josué, mi hermano José Jacinto y mi hermano José Luis.

Katherine Mischel Burbano Gómez.

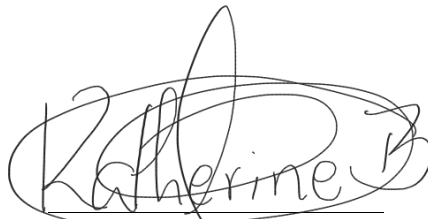
AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia que siempre estuvo conmigo en todo momento, mi madre, mi padre y mis hermanos, que fueron apoyo fundamental en mi carrera universitaria.

Katherine Mischel Burbano Gómez.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Katherine Mischel Burbano Gómez* doy mi consentimiento para que la ESPOL 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"

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Katherine B", written over a horizontal line.

Katherine Mischel
Burbano Gómez

EVALUADORES

Emerita Delgado P., Ph.D

PROFESORA DE LA MATERIA

Juan Peralta J., Ph.D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La búsqueda de generación de energía se ha vuelto una necesidad indiscutible que impacta de forma directa en el ambiente, ya se da un uso inapropiado de recursos y contaminación al Bioma. El proyecto consistió en dos partes, para el sistema de climatización se utilizó el método de ASHRAE, se procedió a calcular las cargas térmicas del edificio. Seguidamente se realizó el diseño del sistema híbrido, para esto se procedió a calcular la cantidad de paneles solares que podían ser instalados en la terraza del edificio.

Como se puede observar en los resultados de carga térmica tanto para PLANTA BAJA como para PLANTA ALTA del edificio multifamiliar, las habitaciones y zonas con mayor densidad de ganancia de calor son aquellas que están con una o más superficies expuestas a la radiación solar. Se puede observar en las cartas de psicometría por zonas climatizadas que se encuentra dentro del rango de confort térmico con temperaturas de zonas entre 74°F (23°C) y 78°F (25°C) con una humedad relativa de 50%-55% que está dentro del rango de humedad para confort térmico según el diagrama de Olgay.

Mediante tablas de ahorro energético y ahorro económico que el retorno de inversión de la instalación, diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico es de 8.9 años es decir 8 años con 11 meses luego de la inversión inicial, con una tasa de rentabilidad del 7%, y si se estima una tasa del 5% anual, entonces las ganancias de la inversión serán a los 11 años de \$716.

Palabras claves: ASHRAE, VRF, Híbrido, Hisense, Longi, CO2

ABSTRACT

The search for energy generation has become an indisputable necessity that directly impacts the environment, since there is an inappropriate use of resources and pollution to the Biome. The project consisted of two parts, for the air conditioning system the ASHRAE method was used, the thermal loads of the building were calculated. Next, the design of the hybrid system was carried out, for this the number of solar panels that could be installed on the terrace of the building was calculated.

As can be seen in the thermal load results for both the GROUND FLOOR and the UPPER FLOOR of the multi-family building, the rooms and areas with the highest heat gain density are those with one or more surfaces exposed to solar radiation. It can be seen in the psychometry charts by climatic zones that it is within the thermal comfort range with zone temperatures between 74°F (23°C) and 78°F (25°C) with a relative humidity of 50%-55% which is within the humidity range for thermal comfort according to the Olgay diagram.

Through tables of energy savings and economic savings that the return on investment of the installation, design and dimensioning of the photovoltaic system is 8.9 years, that is, 8 years with 11 months after the initial investment, with a rate of return of 7%, and if estimates a rate of 5% per year, then the earnings on the investment will be \$716 after 11 years.

Keywords: ASHRAE, VRF, Hybrid, Hisense, Longi, CO2

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Marco teórico	3
1.4.1. Definición de nzeb.....	3
1.4.2. Condiciones ambientales	5
1.4.3. Confort térmico.....	6
1.4.4. Análisis energético de edificios residenciales	6
1.4.5. Componentes del sistema de climatización	7
1.4.5.1. Válvula de expansión	7
1.4.5.2. Evaporador	7
1.4.5.3. Compresor	7
1.4.5.4. Condensador	8
1.4.6. Sistema de climatización.....	8
1.4.6.1. Sistema dx	8
1.4.6.2. Sistema hidrónico.....	9
1.4.6.3. Sistema vrf.....	10
1.4.7. Sistema basado en energía solar.....	11
1.4.7.1. Componentes de un sistema fotovoltaico	11
1.4.7.1.1. Panel fotovoltaico.....	12

1.4.7.1.2. Inversor.....	12
1.4.7.1.3. Controlador.....	12
1.4.8. Dimensionamiento y selección de un sistema de climatización.....	12
1.4.9. Análisis en la carga térmica.....	13
1.4.10. Análisis de la envolvente.....	13
1.4.10.1. Análisis de las condiciones ambientales.....	13
1.4.10.2. Requerimiento de ventilación.....	13
1.4.11. Modelaje del Sistema de Climatización.....	13
1.5. Arquitectura.....	14
1.5.1. Diagrama Bioclimático de Givoni.....	14
1.5.2. Diagrama Bioclimático de Olgyay.....	15
CAPÍTULO 2.....	17
2. Metodología.....	17
2.1. Diseño del sistema de climatización.....	17
2.1.1. Condiciones ambientales.....	17
2.1.2. Condiciones de confort térmico.....	18
2.1.3. Orientación geográfica del edificio.....	19
2.1.4. Cálculo de carga térmica.....	19
2.1.5. Carga térmica a través de estructuras de exteriores.....	20
2.1.6. Carga térmica por iluminación.....	20
2.1.7. Carga térmica por personas.....	22
2.1.8. Carga térmica debido a equipos eléctricos.....	23
2.2. Caracterización del potencial energético.....	23
2.2.1. Irradiación solar.....	23
2.3. Datos geo-climáticos de la zona “El Triunfo”.....	24
2.4. Temperatura de bulbo húmedo, temperatura promedio, radiación directa, radiación difusa en periodo de un año.....	25
2.5. Consumo Energético.....	26
2.6. Ahorro energético y económico mediante uso de fuentes de energía renovables.....	27
2.7. Irradiación incidente en los paneles.....	28
2.8. Rendimiento.....	29

2.9.	Numero de paneles.....	29
2.10.	Distancia mínima entre paneles.....	30
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultado y análisis	31
3.1.	Parámetros de Diseño	31
3.2.	Estructura arquitectónica	32
3.2.1.	Paredes:.....	32
3.2.2.	Techo y Suelo	33
3.3.	Sistema de climatización	33
3.3.1.	Carga térmica del edificio	34
3.4.	Análisis de comparación entre cargas térmicas (block load – teórico – psychometric analyzer).....	35
3.5.	Planta baja de la residencia multifamiliar	36
3.5.1.	Selección de equipos de climatización	37
3.6.	Planta alta de la residencia multifamiliar	37
3.6.1.	Selección de equipos de climatización	39
3.7.	Consumo energético de la red eléctrica por parte de equipos de refrigeración	40
3.8.	Resultados de cálculo de dimensionamiento del sistema fotovoltaico	40
3.9.	Resumen de selección de paneles solares.....	42
3.10.	Resumen de ahorro energético y económico con el uso de sistemas fotovoltaicos	42
3.11.	Esquema de conexión de sistema fotovoltaico híbrido con conexión a la red eléctrica	44
CAPÍTULO 4.....		46
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	48

BIBLIOGRAFIA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
CLDT	Cooling Load Temperature Difference
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Condition
VRF	Variable Refrigerant Fluent

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ciclo de Refrigeración.....	8
Figura 1.2 Componentes de un sistema fotovoltaico	11
Figura 1.3 Gráfico Psicométrico de Givoni.....	14
Figura 1.4 Diagrama Bioclimático de Olgyay	16
Figura 2.1 Diagrama Bioclimático de Olgyay para datos climáticos de la zona “El Triunfo”	18
Figura 2.2 Datos Geo-climáticos de la zona “El Triunfo”	25
Figura 2.3 Fila de Placas Solares	30
Figura 3.1 Conexiones de sistema fotovoltaico.....	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Estrategias de aplicación NZEB.....	4
Tabla 2.1 Condiciones Ambientales.....	17
Tabla 2.2 Condiciones Interiores	19
Tabla 2.3 Carga Térmica por iluminación	21
Tabla 2.4 Carga Térmica por ocupantes.....	22
Tabla 2.5 Carga Térmica por equipos eléctricos.....	23
Tabla 2.6 Irradiación Solar.....	24
Tabla 2.7 Tabla de datos geo-climáticos de la zona “El Triunfo”	26
Tabla 2.8 Consumo energético de la red eléctrica 2021 – vs – 2020.....	26
Tabla 2.9 Ahorro energético mediante uso de fuentes ER.....	27
Tabla 2.10 Ahorro económico mediante uso de fuentes ER	28
Tabla 3.1 Carga Térmica - Cuartos	34
Tabla 3.2 Análisis comparativo teórico – simulación.....	35
Tabla 3.3 Áreas Residencia.....	36

CAPÍTULO 1

1. Introducción

La búsqueda de generación de energía se ha vuelto una necesidad indiscutible que impacta de forma directa en el ambiente, ya se da un uso inapropiado de recursos y contaminación al Bioma. En este documento plantea el desarrollo de una solución que permita minimizar el uso de energía en los edificios residenciales, y contribuir a la reducción las emisiones globales de CO₂ (durante el ciclo de vida de la edificación). Una estrategia para lograr esta meta es optimizar el uso de la energía por medio del análisis de eficiencia, que, además, debe considerar un equilibrio entre la tecnología, el costo, el confort térmico, y la calidad del aire interior. Dentro de este contexto, un edificio de balance de energía neta cero (nZEB), contempla que el consumo de energía de la red eléctrica debería ser cubierta, ya sea de forma parcial o total, por la generación de energía renovable (ER) en el sitio.

1.1. Descripción del problema

El incremento de la temperatura ambiental en zonas urbanas y la necesidad de lograr el confort térmico en las edificaciones, en especial en ciudades como Guayaquil donde las temperaturas y valores de humedad son relativamente elevados; dentro de este contexto Raúl Cordero cita que: *“Las temperaturas superiores a los 33°C eran menos frecuentes que hoy en Guayaquil en los 80’s. En el futuro esa misma temperatura será todavía más frecuente”* (Raul Cordero, 2020). Este escenario guarda relación directa con la formación de islas de calor en la ciudad descrita dentro de los efectos de cambios climáticos.

Hoy es necesario el uso de sistemas de climatización, que en la práctica su selección no considera aspectos asociados al diseño bioclimático, generación de externalidades ambientales o parámetros socioeconómicos. En la práctica, la mayoría de los sistemas representan un costo elevado en la planilla de consumo eléctrico, además, de gastos adicionales asociados a mantenimiento y operación para el usuario.

Nuestro caso de estudio corresponde a una zona residencial multifamiliar que cuenta con un negocio de picantería en la planta baja y primer piso. El segundo

y tercer piso están destinados para vivienda y actualmente no cuenta con ningún sistema de climatización. Se plantea el diseño de una solución sostenible de climatización por ductos centralizados, basada en parámetros y variables asociadas a NZEB, que permita la conversión de la infraestructura en un edificio energético casi nulo.

1.2. Justificación del problema

Es evidente que el diseño tradicional de sistemas de climatización genera impactos sobre el ambiente y contribuyen de manera directa o indirecta a la generación de gases de efecto invernadero. En la actualidad es fundamental cambiar el paradigma de climatización por criterio de bioclimáticas arquitecturas sostenibles, sostenibilidades energéticas, entre otras estrategias establecidas en el marco del objetivo del desarrollo sostenible, una de las principales propuestas para este cambio de modelo es el diseño basado en NZEB el cual considera todas las variables energéticas, ambientales, sociales y económicas que permitan un diseño sostenible a la edificación.

Adicionalmente en el Ecuador, el incremento en el cobro de las planillas de consumo eléctrico residencial afecta directamente la capacidad económica del usuario de la edificación; como una solución tecnológica y económica se recomienda el diseño basado en NZEB que permitirán a largo plazo una reducción del gasto mensual, ligado al consumo eléctrico residencial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar el sistema de climatización para un edificio residencial multifamiliar empleando los criterios de consumo energéticos casi nulo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar la demanda energética del edificio para el desarrollo del sistema de climatización.

- Dimensionar el sistema de energización basado en fuentes de energía renovable por medio del análisis del consumo energético del edificio.
- Rediseñar el sistema de climatización existente por medio del análisis de cargas térmicas y criterios de bioclimatismo.

1.4. Marco teórico

El presente proyecto consiste en realizar un Sistema sostenible de climatización para un edificio multifamiliar en el cantón el triunfo, por lo que se debe considerar ciertos conceptos que involucran a los sistemas de climatización.

1.4.1. Definición de nzeb

El concepto nZEB se refiere a un edificio con un consumo energético neto de casi cero durante un año típico. El objetivo de un nZEB no se limita a minimizar el consumo de energía con una envolvente de eficiencia energética y el uso racional de energía (RUE), sino que requiere equilibrar sus requisitos energéticos con la explotación de fuentes renovables in situ, disponibles localmente, no contaminantes y de bajo costo (Gagliano, Giuffrida, & Nocera, 2017).

Por otro lado, un amplio número de investigadores establecen que una edificación NZEB debe incorporar estrategias de diseño bioclimático, uso de energía renovable, gestión de la energía de la energía y criterios de eficiencia energía entre otros campos enmarcados en la sostenibilidad energética; en la tabla 1, se muestra algunas estrategias de aplicación a considerar.

Tabla 1.1 Estrategias de aplicación NZEB [Elaboración propia]

Ref	Autores	Enfoque del artículo	Tipo de edificio		Envolvente del edificio		Sistema HVAC	
			Vivienda	Público	Contribución	Estrategias pasivas	Fuente renovable	Emisor
[14]	Loukaidou-2017	nZEBs: Construcción de análisis de costo óptimo	Sí	Sí	Características del sobre	Aislante y ventana	Caldera y HP	-
[15]	Barthelme-2014	La influencia de la energía... Objetivos y economía	Sí	No	Insultos comparativos	Materiales aislantes	Agua HP & Ventilación	Paneles radiantes
[16]	Murano-2017	El desequilibrio significativo de la necesidad de energía nZEB	Sí	Sí	Características del sobre	Aislamiento y sombreado	-	-
[17]	Cormaro-2017	Caracterización al aire libre de PCM y evaluación	No	Sí	Características del sobre	PCM	Solar Th, HP y Caldera	Suelo Radiante
[18]	Cormaro-2017	Evaluación de ahorro de energía de fotovoltaicos semitransparentes	No	Sí	Características del sobre	STPV	-	-
[19]	Kurnitski-2011	Costo óptimo y rendimiento energético casi nulo	Sí	No	Sistema HVAC comparativo	Aislante y ventana	Solar Th, HP y PV	Suelo Radiante
[20]	Kang-2017	Desarrollo de un nZEB, vida Evaluación del ciclo de costo	No	Sí	Sistema HVAC comparativo	Aislante y ventana	HP y PV	Radiador
[21]	Karlessi-2017	El concepto de edificios inteligentes y nZEB	Sí	Sí	Edificio inteligente comparativo	Masa térmica	-	-
[22]	Péan-2017	Impacto de la gestión del lado de la demanda en la térmica	Sí	No	Análisis de eficiencia	Masa térmica	Geo, Solar Th, HP y PV	-

Específicamente, los edificios residenciales representan un desafío fascinante ya que generalmente son sistemas de construcción complejas y, al mismo tiempo, necesitan minimizar sus costos de energía sin comprometer la calidad de estadía (Tsoutsos, Tournaki, & Sonvilla, 2017).

Los edificios residenciales tienen algunas características especiales que deben tenerse en cuenta al planificar una renovación energética: Operación estacional con una gran fluctuación en la demanda de energía y un gran uso de la energía entregada para funciones que no son hospedaje, cocina, etc. Para garantizar la comodidad. Numerosas investigaciones sobre el uso de energía en edificios residenciales muestran que consumen alrededor de 200-400 kWh/m² por año y casi la mitad, un 48% se utiliza para sistemas HVAC (heating ventilation air conditioning). Sin embargo, la amplia variedad de edificios residenciales difiere en dimensiones por lo que no permite tener un enfoque único para la modernización energética. Por lo tanto, las intervenciones de modernización deben definirse y diseñarse cuidadosamente (Zanki-Alujeviv & Galaso, 2005).

1.4.2. Condiciones ambientales

Vemos pues que las condiciones ambientales de un espacio interior deben procurarnos un ambiente sano y confortable. Para ello, los puntos que deben ser sometidos a consideración son los siguientes: temperatura, humedad y presión atmosférica.

- La temperatura del aire exterior es un factor por considerar para un correcto diseño de un sistema de climatización, la temperatura de bulbo seco considerada para el diseño de climatización es de 31 °C, establecido como la media máxima anual.
- Una Excesiva humedad relativa del aire ocasiona excesiva sudoración si la temperatura es alta, o aumenta la sensación de frío a bajas temperaturas. También puede ocasionar daños materiales en el mobiliario y provocar aparición de mohos. Según el Instituto Nacional

Meteorología e Hidrología la humedad relativa corresponde a una media anual del 85% (Hidrología, 2014).

- La Presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire sobre la tierra en un determinado punto. La presión atmosférica varía conforme la altitud, mientras mayor es la altitud menor es la presión, a altitud menor la presión aumenta (ASHRAE, 2010). La presión atmosférica para la ciudad de Guayaquil es de 1012hPa (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014).

1.4.3. Confort térmico

El hombre siempre se ha esforzado por crear un ambiente térmicamente cómodo. El confort térmico se define a la norma ASHRAE como 'Esa condición de mente a la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico'. El intervalo de supervivencia puede extenderse sin producir ningún daño, oscila desde los 28°C hasta los 36°C de temperatura interna con una humedad relativa del 30% a 40% como mínimo y 60% al 70% como máximo (ANSI/ASHRAE, 2010).

1.4.4. Análisis energético de edificios residenciales

Sobre la base del estudio de un edificio residencial se han delineado diferentes estrategias y medidas de reacondicionamiento energético rentables, con el fin de evaluar no solo la viabilidad y la sostenibilidad ambiental de las soluciones de modernización, sino también la oportunidad de maximizar el equilibrio entre técnico-ambiental y económico-financiero.

Sin duda la Energética es una de las áreas importantes en la industria de sistema de calefacción, ventilación, refrigeración (Heating Ventilation Air Conditioning and Refrigeration – HVAC/R). Un ejemplo es hacer énfasis a un crecimiento en el mercado en la actualidad por esto se vuelve indispensable estudiar a fondo esta temática.

1.4.5. Componentes del sistema de climatización

Un sistema de climatización conceptualmente se basa en los siguientes componentes

- Válvula de expansión
- Evaporador
- Compresor
- Refrigerador

1.4.5.1. Válvula de expansión

La válvula de expansión regula el flujo de tu refrigerante mediante la compresión o expansión de acuerdo con la cantidad de presión que tu aparato de aire acondicionado necesita para vaporizar con eficacia el refrigerante en su interior (UdeSantiago, 2020).

1.4.5.2. Evaporador

Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo (UdeSantiago, 2020).

1.4.5.3. Compresor

Es una bomba de calor que tiene la función de comprimir el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo de compresión/descompresión producir una transferencia de calor de una parte a otra de un circuito frigorífico. El compresor genera una fuerza comprimiendo el gas que llega desde el evaporador en estado gaseoso. Esta presión aumenta la temperatura del gas que vuelve a su estado líquido y se calienta (UdeSantiago, 2020).

1.4.5.4. Condensador

Este está diseñado para disipar calor, y normalmente está localizado frente al radiador, pero a veces, debido al diseño aerodinámico de la carrocería del vehículo, se coloca en otro lugar. El condensador debe tener un buen flujo de aire siempre que el sistema esté en funcionamiento (UdeSantiago, 2020).

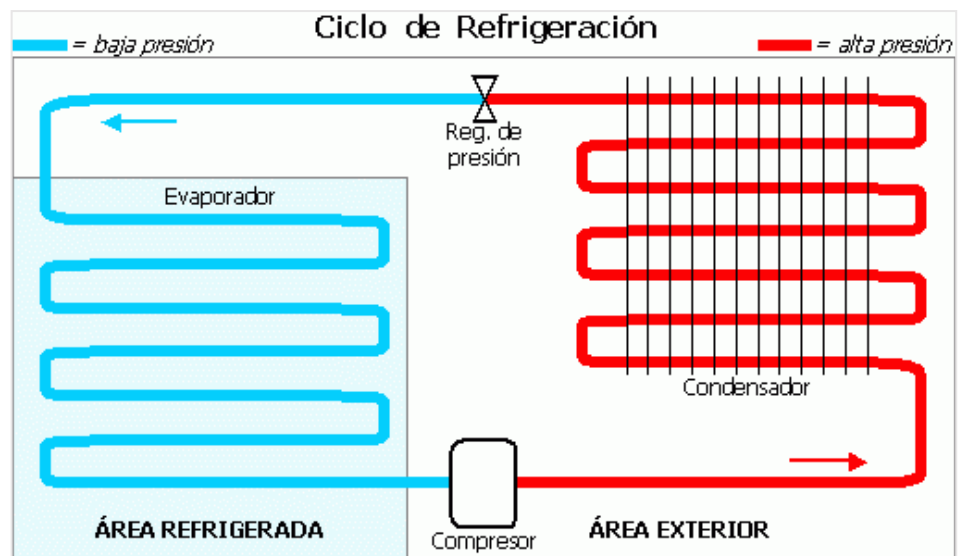


Figura 1.1 Ciclo de Refrigeración [ASHRAE]

1.4.6. Sistema de climatización

Existen varias soluciones tecnológicas para la solución de climatización, las principales son:

- Sistema DX
- Sistema Hidrónico
- Sistema VRF

1.4.6.1. Sistema dx

Una unidad de aire acondicionado de expansión directa, también llamada unida DX, enfría el aire interior utilizando un líquido refrigerante condensado. Es el tipo de unidad de aire acondicionado es una de las más utilizada en los Estados Unidos.

La unidad enfría el aire al pasar el refrigerante condensado a través de un intercambiador de calor dentro del edificio para ser enfriado. En esta parte de la unidad, llamada evaporador, el refrigerante se expande a medida que absorbe el calor y eventualmente se convierte en gas. La unidad luego bombea el refrigerante a un compresor, que comprime el gas y lo pasa a través de otro intercambiador de calor, el condensador, fuera del edificio. El calor que ha sido absorbido por el refrigerante se libera al aire exterior, y el refrigerante comprimido enfriado vuelve a estar en forma líquida. La unidad bombea el líquido refrigerante enfriado de vuelta al evaporador y el ciclo comienza nuevamente.

Una unidad de aire acondicionado de ventana incluye el evaporador, el compresor y el condensador, junto con ventiladores para distribuir el aire fresco dentro del edificio, en una sola unidad. Son fáciles de instalar ya sea en una ventana existente, o en el caso de una unidad a través de la pared, en una abertura especialmente hecha en una pared exterior. Sin embargo, generalmente son menos eficientes que otros tipos de unidades y son adecuados para enfriar solo áreas pequeñas.

1.4.6.2. Sistema hidrónico

Los sistemas hidrónicos se utilizan ya sea para enfriar o para calentar un ambiente. Además, se pueden emplear en diferentes proyectos, son seguros, eficientes y compatibles con las energías renovables. Para su funcionamiento utilizan agua y, en los últimos años, se encuentran al alza debido a sus múltiples beneficios. En algunos casos se puede conseguir un ahorro energético superior al 20 por ciento.

El director de DHIMEX, expresa que un sistema hidrónico es uno hidráulico que se utiliza para el intercambiador de calor, para

calentar o enfriar procesos o para confort humano, y el líquido-por lo general agua- es el medio de transporte del calor (energía térmica).

En este sistema se puede distinguir básicamente tres tipos de elementos: la generación de frío y/o calor, el método de distribución y las unidades terminales.

Gracias a su confort y eficiencia, estos sistemas pueden emplearse en medianas y grandes instalaciones, como en procesos industriales que necesitan energía térmica. Por eso es frecuente verlos en proyectos que involucran mayores cargas térmicas: centros comerciales, hoteles, oficinas, departamentos, hospitales, aeropuertos, teatros o edificios verdes.

1.4.6.3. Sistema vrf

Los sistemas VRF –del inglés Variable Refrigerant Flow y conocidos en español como Caudal de Refrigerante Variable o VRV Volumen de Refrigerante variable- son sistemas de climatización de gran eficiencia idóneos para la climatización de edificios y grandes locales comerciales ya que permiten regular el caudal de flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores utilizando la tecnología inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas adaptándose a la demanda de cada unidad interior.

En este tipo de sistemas, las unidades exteriores generalmente se instalan en las azoteas de los edificios para su correcta ventilación. Tienen capacidad para climatizar hasta un edificio completo gracias a la posibilidad de conectar múltiples unidades interiores de diferentes tipos con una gran flexibilidad y regulación independiente.

Esta tecnología no solo adapta el consumo energético a la demanda, sino que además es capaz de variar la cantidad de refrigerante que

se envía a las unidades interiores en función de la regulación de temperatura de cada una de ellas.

1.4.7. Sistema basado en energía solar

Actualmente, dos de los sistemas más importantes en una microrred eléctrica aislada para autoconsumo son el sistema solar fotovoltaico y el sistema de almacenamiento de energía.

Por otra parte, debido al aumento de la eficiencia y disminución del coste de los dispositivos más importantes de una instalación de autoconsumo (Paneles solares, baterías, inversor/cargador e inversor de conexión a red) se prevé un aumento significativo de montajes de instalaciones solares fotovoltaicas, lo cual beneficiaría al sector (ZARAGOZA, 2019).

1.4.7.1. Componentes de un sistema fotovoltaico

Dentro los componentes de un sistema de energía solar el módulo solar o conocido también como panel solar. El panel solar es el componente principal de todos los tipos de sistemas fotovoltaicos. Además de este existen diferentes partes que se suman al sistema que varían de acuerdo con la aplicación. En la siguiente ilustración se pueden ver de forma más didáctica los componentes. (Figura 1.2).

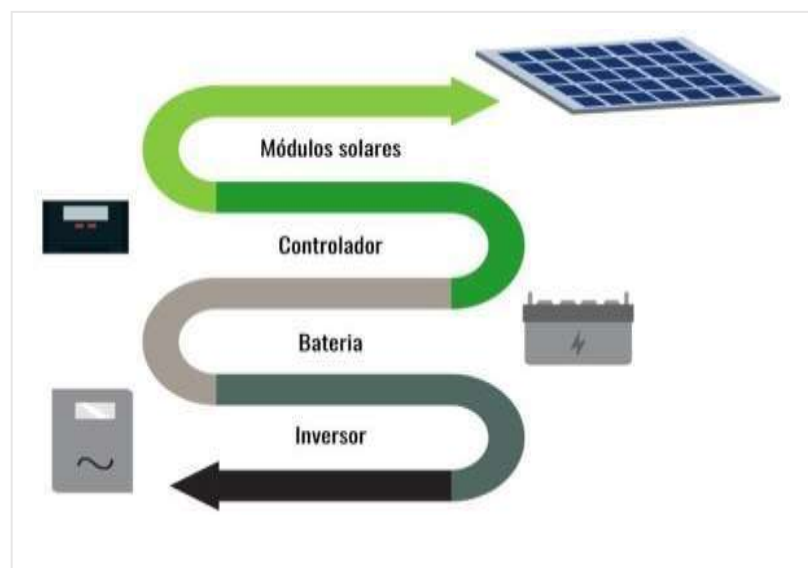


Figura 1.2 Componentes de un sistema fotovoltaico [Barriga]

1.4.7.1.1. Panel fotovoltaico

Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores (silicio) monocristalinos o policristalinos. Los de mejor precio y mayor disponibilidad en el mercado internacional y colombiano es el policristalino (SUPPLY, 2017).

1.4.7.1.2. Inversor

Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje (12v o 24v típicamente) proveniente de las baterías o controlador en corriente alterna, para el caso de Colombia 120 V, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en un tomacorriente convencional. Por lo general es comercializado basado en su potencia en Watts, la cual es calculada como el voltaje por corriente ($P=VI$) (SUPPLY, 2017).

1.4.7.1.3. Controlador

La energía eléctrica de los paneles, una vez regulada va a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder usarla en otro momento, su comercialización es basada en la capacidad de almacenar energía y es medida en Amperios hora (Ah) (SUPPLY, 2017).

1.4.8. Dimensionamiento y selección de un sistema de climatización

El diseño de un sistema de climatización se basa en:

- Análisis en la carga térmica
- Análisis de la envolvente
- Análisis de las condiciones ambientales
- Requerimiento de ventilación

1.4.9. Análisis en la carga térmica

Es la variable por calcular para el dimensionamiento del equipo, con la carga térmica puedo seleccionar el equipo. Es el calor que tengo que extraer.

1.4.10. Análisis de la envolvente

Es el factor más influyente en la transferencia de calor hacia una zona, se debe seleccionar el envolvente bajo dos criterios, el estructural o dimensionamiento y por sus propiedades térmicas.

1.4.10.1. Análisis de las condiciones ambientales

Es la primera variable de estudio al momento de realizar un diseño de climatización, porque estas variables dependen del tiempo, son transitorias es por eso por lo que el software realizado hace un análisis transitorio.

1.4.10.2. Requerimiento de ventilación

Es la segunda parte más importante del diseño, la cual se maneja únicamente por norma. No hay un análisis enfocado a la ventilación requerida o cambio de aire por horas en zonas. Tampoco se han hecho un estudio enfocado a las infiltraciones que son escapes de aire en orificios que se dan en el diseño arquitectónico.

En la actualidad este proceso se realiza por medio de software comerciales uno de ellos es el software Block Load.

1.4.11. Modelaje del Sistema de Climatización

En la actualidad existentes diferentes herramientas computacionales para el diseño, dimensionamiento y selección de un sistema de climatización, la mayoría de estas basan sus análisis en parámetros ambientales, tecnológicos y estructurales que en conjunto a la mecánica de fluidos computacional permiten el desarrollo de una

solución de climatización. Un ejemplo particular es el software Block Load que se basa en la información básica sobre su edificio y luego le proporciona toda la información de tamaño y carga que necesita para analizar y diseñar el sistema HVAC y seleccionar todos los equipos de aire acondicionado.

1.5. Arquitectura

Una estrategia esencial para proyectar un edificio bioclimático es tener en cuenta el clima del lugar. Existen herramientas muy sencillas para averiguar de manera aproximada cuales son las situaciones climáticas de un lugar concreto a lo largo del año y saber qué tipo de estrategias deben tenerse en cuenta para proyectar un edificio y para esto debemos tener en cuenta los siguientes diagramas

- Diagrama Bioclimático de Givoni
- Diagrama Bioclimático de Olgyay

1.5.1. Diagrama Bioclimático de Givoni

El diagrama de Givoni es un diagrama psicrométrico, es decir, tiene en cuenta las características del aire, la humedad y la temperatura para evaluar la sensación térmica y de confort. (Hernandez, 2014)

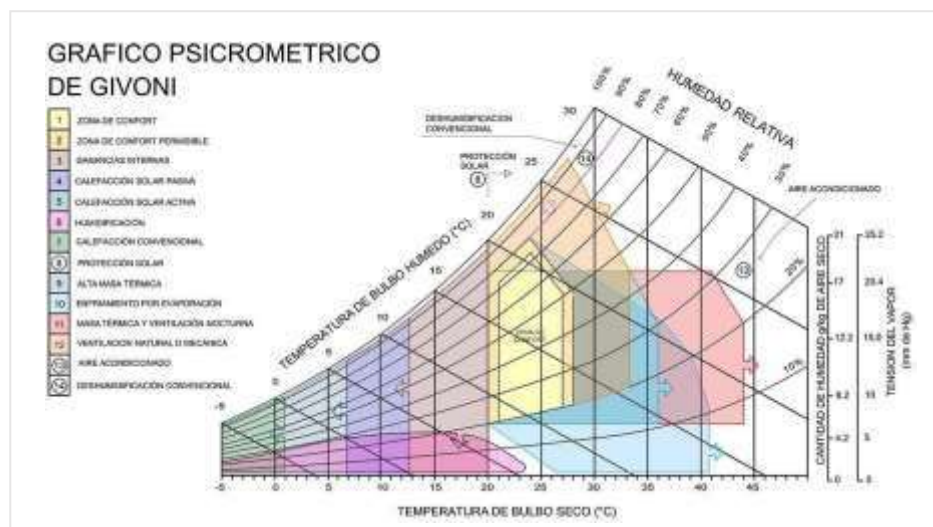


Figura 1.3 Gráfico Psicrométrico de Givoni [Hernandez]

El diagrama de Givoni contiene zonas que corresponden a áreas en las que se dan unos condicionantes climáticos similares, que pueden ser agrupados dentro de una misma categoría para la cual existe una solución bioclimática a resolver. Estas son las categorías

- Zona de confort
- Zona de confort permisible
- Calefacción por ganancias internas
- Calefacción solar pasiva
- Calefacción solar activa
- Humidificación
- Calefacción convencional
- Protección solar
- Refrigeración por alta masa térmica
- Enfriamiento por evaporación
- Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna
- Refrigeración por ventilación natural y mecánica
- Aire acondicionado
- Deshumidificación convencional

1.5.2. Diagrama Bioclimático de Olgay

Los hermanos Olgaya desarrollaron en una de sus obras “The bioclimatic Chart” una carta bioclimática en la que se integran dos variables fundamentales para el bienestar, la humedad y la temperatura.

“El procedimiento deseable será trabajar con y no contra las fuerzas naturales y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida...El procedimiento para construir una casa climáticamente balanceada se divide en cuatro pasos, de los cuales el último es la expresión arquitectónica. La expresión debe estar precedida por el estudio de las variables climáticas, biológicas y tecnológicas...” (Olgaya, 1963).

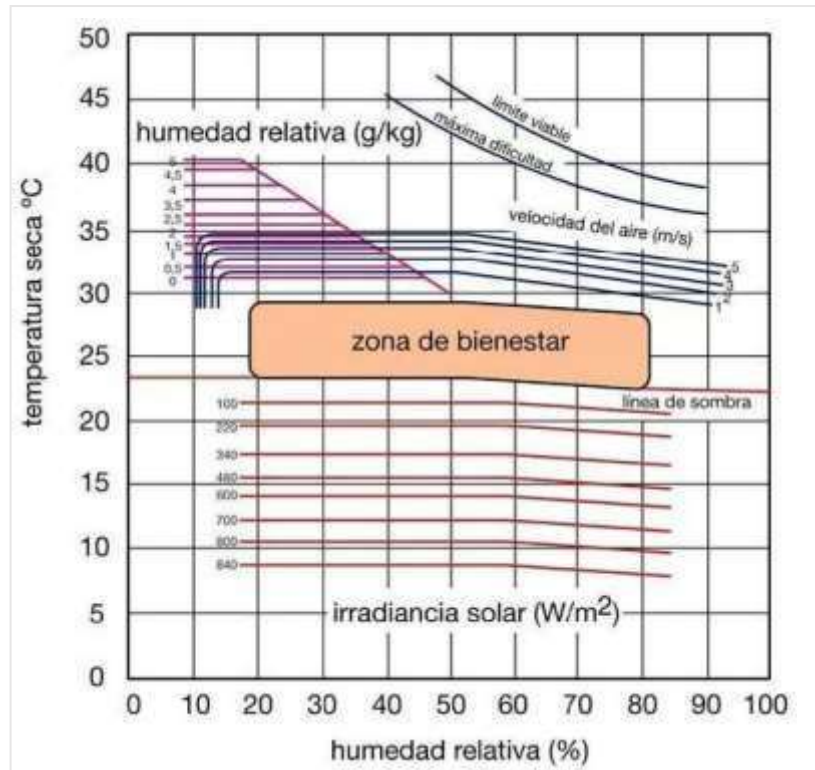


Figura 1.4 Diagrama Bioclimático de Olgay [Olgaya]

Dentro de este diagrama se pueden distinguir:

- Una **zona de bienestar o confort** de referencia para una persona en reposo y a la sombra, con una temperatura ambiente entre 22°C y 27°C, y una humedad relativa entre el 20% y el 80%, unos límites que corresponden a una sensación térmica aceptable.
- En el eje de ordenadas se representa la temperatura seca del aire, es decir, la que indica un termómetro normal.
- En el eje de abscisas se representa la humedad relativa del aire.
- También aparecen una serie de líneas, que representan las medidas correctoras que es preciso realizar en el caso de que las condiciones de temperatura y humedad salgan fuera de la zona de confort.

CAPÍTULO 2

2. Metodología

2.1. Diseño del sistema de climatización

Para determinar la carga térmica del Edificio se utiliza el método de ASHRAE conocido como, Diferencia de Temperaturas para Carga de Enfriamiento denominado en sus siglas en ingles CLDT (Cooling Loading Diference Temperature).

Los pasos para poder realizar un diseño son los siguientes:

- Plano arquitectónico del lugar al cual se le va a climatizar, tomando en cuenta todos los aspectos como altura, puertas, conductos, divisiones importantes que influyan en la infiltración.
- El número de personas existentes en la zona a climatizar.
- Los equipos eléctricos son importantes en el acondicionamiento.
- Fijar las condiciones del ambiente y calcular la carga térmica.

Se realizará una simulación en el programa Block Load de Carrier para comparar los resultados obtenidos.

2.1.1. Condiciones ambientales

Para este proyecto se definió las condiciones ambientales en la siguiente tabla.

Tabla 2.1 Condiciones Ambientales [Elaboración propia]

CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura de bulbo seco (°C)	34.7
Humedad relativa (%)	70
Presión atmosférica (hPa)	1015

Estas condiciones ambientales como se puede observar en la siguiente gráfica, no está acorde a la zona de confort térmico, según la carta psicrométrica de Olgay. Lo cual requiere de un sistema de aire acondicionado convencional por expansión directa, es decir bajar temperatura y humedad ya que la temperatura promedio del bulbo seco es de 35°C y la humedad relativa está aproximadamente en 60%.

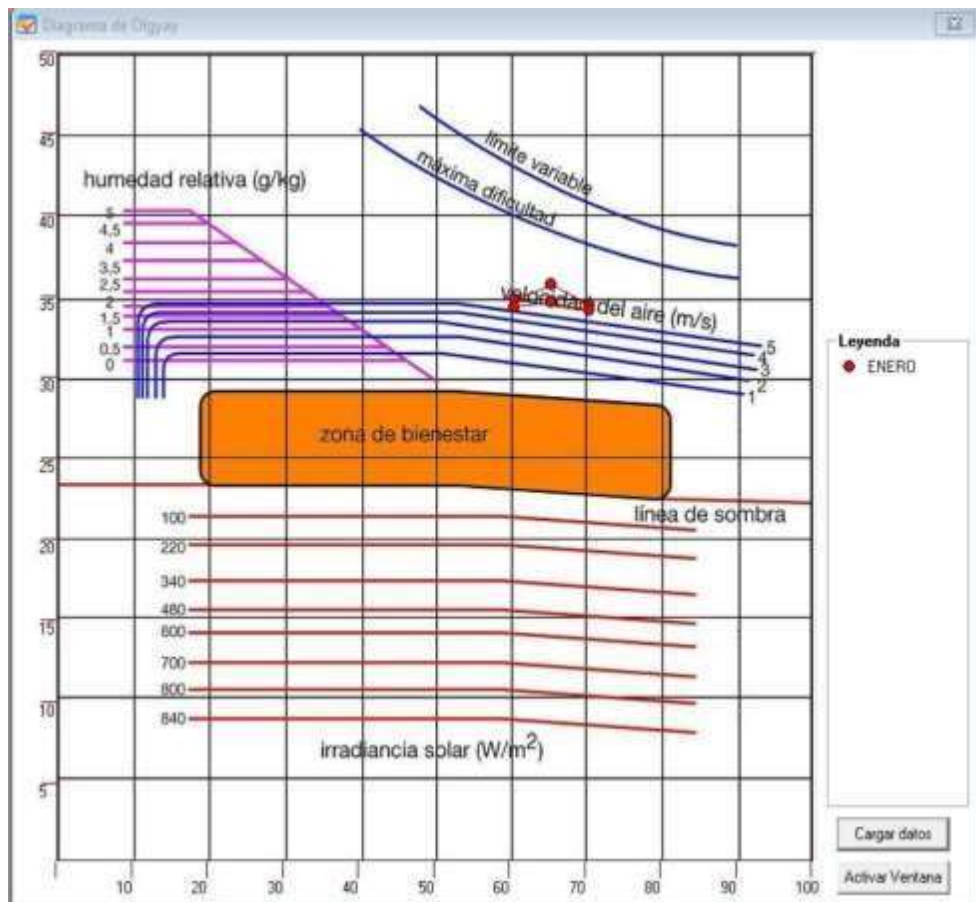


Figura 2.1 Diagrama Bioclimático de Olgay para datos climáticos de la zona "El Triunfo" [Olgaya]

2.1.2. Condiciones de confort térmico

Se establece las condiciones interiores de diseño basándose en la norma Condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana (ANSI/ASHRAE, 2010).

Tabla 2.2 Condiciones Interiores [Elaboración propia]

CONDICIONES INTERIORES	
Temperatura de bulbo seco (°C)	22
Humedad relativa (%)	50

2.1.3. Orientación geográfica del edificio

El edificio multifamiliar por climatizar está ubicado en el cantón el triunfo con una latitud sur: 2.3325 y longitud: 79.4008

2.1.4. Cálculo de carga térmica

La ganancia de calor del edificio se debe a diferentes componentes que intervienen, como:

- Conducción de calor a través de estructura exteriores (paredes, techo, vidrios).
- Radiación solar a través de las ventanas.
- Iluminación.
- Personas
- Equipos Eléctricos

Los puntos del 1 al 3 involucra una ganancia de calor sensible, se trata simplemente del calor necesario para crear un incremento de temperatura en un material. En el caso del aire acondicionado, este incremento de temperatura del aire lo tendrá que vencer el equipo con una disminución de la misma, sencillo e intuitivo. Y los puntos 4 y 5 puede tener parte de calor sensible y latente, es decir además de incrementar la temperatura también puede incrementar la humedad del cuarto. Para los cálculos de los puntos establecidos anteriormente se utilizará las fórmulas establecidas en el Handbook de Ashrae (ASHRAE, 2010).

2.1.5. Carga térmica a través de estructuras de exteriores

Para el cálculo de carga térmica se considera el mes y la hora más crítica del año para obtener la mayor ganancia de calor. Los valores correspondientes a estas condiciones se lo muestran en la tabla 2.3, 2.4, 2.5.

Para determinar la carga térmica de conducción a través de estructuras exteriores se utiliza la ecuación 2.1:

$$Q = U * A * CLTD \quad (2.1)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor [Btu/h]

U = Coeficiente general de transferencia de calor [BTU/h-ft²-°F]

A = Área de la estructura exterior [ft²]

$DTCE_e$ = Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento corregido [°F]

$$CLTD = CLTD[+(78 - t_R) + (t_o - 85)]f \quad (2.2)$$

Donde:

f =factor de corrección para ventilación del cielo raso

$f = 0.75$ para entre piso, para los demás casos se utiliza 1

t_R = Temperatura [°F] , $t_R = 73°F$

t_o = Temperatura de diseño exterior [°F] $t_o = 95°F$

2.1.6. Carga térmica por iluminación

La energía absorbida por la estructura y el contenido contribuye a la carga de enfriamiento del espacio solo después de un lapso, y algunos aún se vuelven a irradiar después de que las fuentes de calor se han apagado.

Esto puede hacer que la carga sea menor que la ganancia de calor instantánea, afectando así la carga máxima.

$$Q = 3.41 * LPD * A \quad (2.3)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor debido a iluminación BTU/h

LPD = Densidad de potencia de iluminación W/ft²

A = Área del recinto ft²

Tabla 2.3 Carga Térmica por iluminación [ASHRAE]

Tipos de espacios comunes	LPD, W/ft3	Tipos de espacios comunes	LPD W/ft3
Atrun1		Sala eléctrica/ mecánica	0.42
≤40 ft alto	0.03/ft total	Garaje para vehículos de emergencia	0.56
	height	Area de preparación de alimentos	1.21
≥ 40 ft alto	0.40 +0.02/ft	Habitación de huéspedes	0.91
	total, height	Laboratorio	
Area de asiento de la audiencia		Aula	1.43
Auditorio	0.63	En otros laboratorios	1.81
Centro de convenciones	0.82	Lavandería/ Area de lavado	0.60
Gimnasio	0.65	Muelle de carga, interior	0.47
En el cine	1.14	Vestíbulo	
En la penitenciaria	0.28	En instalaciones para discapacitados visuales	1.80
En el teatro de artes escénicas	2.43	En el elevador	0.64
En edificio religioso	1.53	En el hotel	1.06
En arena deportiva	0.43	En el cine	0.59
Todas las demás áreas de asientos para el público	0.43	En teatro de artes escénicas	2.00
Área de actividad bancaria	1.01	En otros vestíbulos	0.90

2.1.7. Carga térmica por personas

La ganancia de calor por personas se clasifica en calor sensible y latente, la ASHRAE establece que para un trabajo de oficina moderado sentado, se obtiene una ganancia de calor sensible de 250 BTU/h por persona, y una ganancia de calor latente de 200 BTU/h por persona:

$$Q_s = q_s * n \quad (2.4)$$

Q_s = Calor sensible BTU/h

q_s = ganancia de calor sensible *BTU/h*

n = número de personas

Para el calor latente se usa la siguiente formula:

$$Q_l = q_l * n \quad (2.5)$$

Tabla 2.4 Carga Térmica por ocupantes [ASHRAE]

Grado de actividad	Ubicación	Total, Calor, Btu/h		Calor sensible Btu/h	Calor latente Btu/h	% Calor sensible, Esos Radlant	
		Adulto Masculino	Adjusted, M/F			baja V	Alto V
Sentado en el teatro	Teatro, matiné	390	330	225	105	60	27
Sentado en el teatro, noche	Teatro, noche	390	350	245	105		
Sentado, trabajo muy ligero	Oficina, hoteles y apartamentos	450	400	245	155		
Trabajo de oficina moderadamente activo	Oficina, hoteles y apartamentos	475	450	250	200		
De pie, trabajo ligero: caminar	Grandes almacenes, tienda minorista	550	450	250	200	58	38
Caminando, de pie	Banco de farmacia	550	500	250	250		
Trabajo sedentario	restaurante	490	550	275	275		
Trabajo ligero en banco	empresa	800	750	275	475		
Baile moderado	Baile (salón)	900	850	305	545	49	35
Trabajo pesado	bolera	1000	1000	375	625		

2.1.8. Carga térmica debido a equipos eléctricos

Para obtener la ganancia térmica debido a equipos eléctricos se considera los equipos listados en cada área del edificio. Y se calcula con la siguiente formula:

$$Q = 3.4 * W \quad (2.6)$$

Q = Ganancia neta de calor debido a equipos eléctricos BTU/h

W =Vatios de los equipos eléctricos W

Tabla 2.5 Carga Térmica por equipos eléctricos [Elaboración propia]

DESCRIPCION	CANTIDAD
AULA PPL1	
COMPUTADORA	115
PROYECTOR	2
AULA PPL2	
COMPUTADORA	115
PROYECTOR	2
LABORATORIO DELTA	
COMPUTADORA	42
PROYECTOR	1
SALA DE PROFESORES	
COMPUTADORA	4

2.2. Caracterización del potencial energético

2.2.1. Irradiación solar

Los datos de radiación solar se muestran en la tabla xx, los cuales fueron tomados de la base de datos del programa PVSystm, los datos pertenecen al presente año 2021 y al lugar donde se va a ejecutar el proyecto, como se observa en promedio el mes más desfavorable y con el cual se trabajará es el mes de octubre, con $2.02 \frac{kWh}{m^2 * día}$

Tabla 2.6 Irradiación Solar [PVsyst]

Geographical Site		Situation												
Picantería El Che	Ecuador	Latitude	-2.33 °S											
		Longitude	-79.40 °W											
		Altitude	41 m											
		Time zone	UTC-5											
Monthly Meteo Values														
Source: Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100%														
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	4.20	4.31	4.73	4.76	4.42	3.84	3.80	3.72	3.96	3.02	3.34	3.99	4.01	kWh/m ² /day
Horizontal diffuse	2.34	2.90	2.71	2.64	2.22	2.18	2.12	2.23	2.16	2.02	2.22	2.53	2.35	kWh/m ² /day
Extraterrestrial	10.31	10.56	10.54	10.08	9.44	9.04	9.16	9.71	10.28	10.49	10.34	10.18	10.01	kWh/m ² /day
Cleanness Index	0.408	0.408	0.449	0.472	0.468	0.425	0.415	0.383	0.385	0.288	0.323	0.392	0.400	ratio
Ambient Temper.	26.6	26.4	27.0	26.7	26.4	24.8	24.4	24.0	24.0	24.4	24.6	26.4	25.5	°C
Wind Velocity	1.3	1.0	1.1	1.2	1.5	2.1	2.4	2.8	2.9	2.8	2.7	2.2	2.0	m/s

2.3. Datos geo-climáticos de la zona “El Triunfo”

Para obtener los datos geo-térmicos se realizó el siguiente procedimiento:

- Búsqueda de la ubicación específica de la residencia multifamiliar en el cantón “El Triunfo” (longitud, latitud).
- Ingreso de estos datos de ubicación global en el software meteonorm versión 8 que es gratuita y permite el uso de modalidad demo con las funciones suficientes para buscar estas propiedades según la ubicación global de un punto en específico. Se puede observar a simple vista que la radiación difusa es la mayor proporción de la radiación total, solo un poco menos de la mitad es radiación directa.

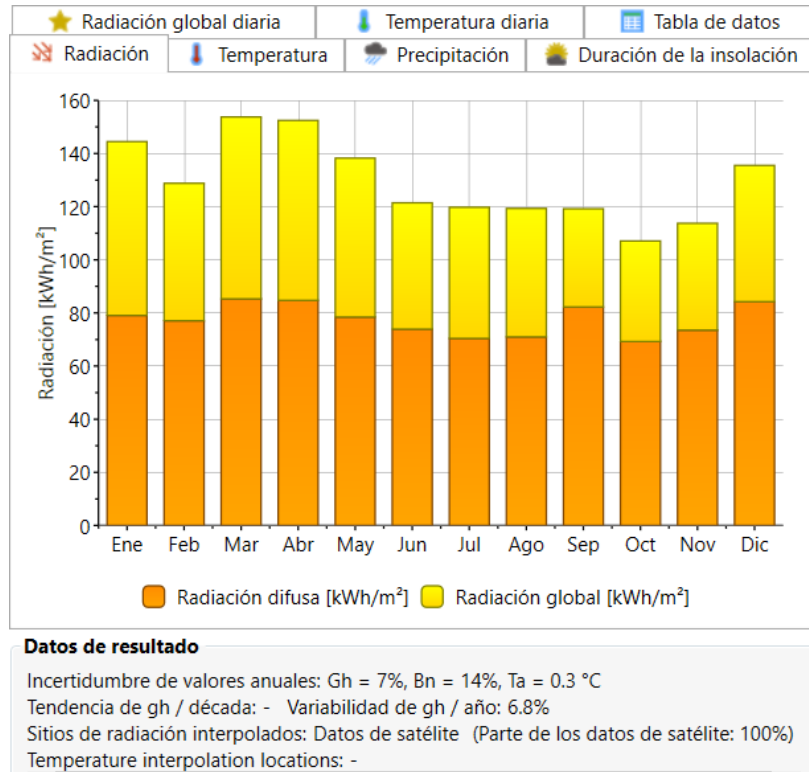


Figura 2.2 Datos Geo-climáticos de la zona “El Triunfo” [Meronom]

2.4. Temperatura de bulbo húmedo, temperatura promedio, radiación directa, radiación difusa en periodo de un año

Luego de encontrar la ubicación global del cantón “El Triunfo” se procede a exportar los resultados térmicos-físicos de la zona tales como: Radiación global (Gh), Radiación difusa y radiación directa según la inclinación del suelo y el albedo. Además, se puede observar la temperatura promedio de bulbo seco (Ta) medido en °C y temperaturas más frías del día (Td) medido en °C, por último, la velocidad de viento (FF) medido en m/s

Tabla 2.7 Tabla de datos geo-climáticos de la zona “El Triunfo” [Meronom]

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	144	0	79	94	26,5	20,4	2,3	
Febrero	129	0	77	72	26,4	21,7	2	
Marzo	154	0	85	94	26,9	21,8	2,1	
Abril	152	0	85	93	27	21,6	2,2	
Mayo	138	0	78	90	26,3	20,7	2,5	
Junio	121	0	74	72	25	19,6	3,1	
Julio	120	0	70	73	24,3	18,8	3,4	
Agosto	119	0	71	69	24	18,3	3,8	
Setiembre	119	0	82	53	24,4	18,2	3,9	
Octubre	107	0	69	52	24,4	18,3	3,8	
Noviembre	114	0	73	59	24,9	18,3	3,7	
Diciembre	136	0	84	74	26,4	18,9	3,2	
Año	1555	0	929	895	25,5	19,7	3	

Datos de resultado

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 7%, Bn = 14%, Gk = 7%, Ta = 0.3 °C
 Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: 6.8%
 Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)
 Temperature interpolation locations: -

2.5. Consumo Energético

En la presente tabla se puede observar el consumo eléctrico de la red de la residencia multifamiliar de los años 2020-2021 todos los meses desde (Enero-Diciembre) teniendo en cuenta que el proyecto se empezó desde el año 2021 con sistema de generación de energía fotovoltaico, y se puede observar que existe en gran proporción un ahorro energético y monetario.

Tabla 2.8 Consumo energético de la red eléctrica 2021 – vs – 2020 [Elaboración propia]

AÑO	MES	CONSUMO (kWh)	GASTO (\$)	SISTEMA
2021	NOVIEMBRE	318	\$36.20	PV SYS
2021	OCTUBRE	317	\$36.30	PV SYS
2021	SEPTIEMBRE	351	\$43.44	PV SYS
2021	AGOSTO	315	\$31.50	PV SYS
2021	JULIO	368	\$36.80	PV SYS
2021	JUNIO	330	\$33.00	PV SYS
2021	MAYO	335	\$33.50	PV SYS
2021	ABRIL	308	\$30.80	PV SYS
2021	MARZO	318	\$31.80	PV SYS
2021	FEBRERO	321	\$32.10	PV SYS

2021	ENERO	342	\$34.20	PV SYS
2020	DICIEMBRE	559	\$55.90	RED ELECTRICA
2020	NOVIEMBRE	613	\$61.30	RED ELECTRICA
2020	OCTUBRE	561	\$56.10	RED ELECTRICA
2020	SEPTIEMBRE	565	\$56.50	RED ELECTRICA
2020	AGOSTO	579	\$57.90	RED ELECTRICA
2020	JULIO	594	\$59.40	RED ELECTRICA
2020	JUNIO	601	\$60.10	RED ELECTRICA
2020	MAYO	576	\$57.60	RED ELECTRICA
2020	ABRIL	606	\$60.60	RED ELECTRICA
2020	MARZO	569	\$56.90	RED ELECTRICA
2020	FEBRERO	611	\$61.10	RED ELECTRICA
2020	ENERO	597	\$59.70	RED ELECTRICA

2.6. Ahorro energético y económico mediante uso de fuentes de energía renovables

En las dos siguientes tablas se puede observar el ahorro tanto en energía eléctrica consumida (kWh) como el ahorro monetario según la planilla eléctrica pagada en comparación de los años 2020 (Conexión directa de la red eléctrica) con el año 2021 (Sistema fotovoltaico híbrido con conexión a la red eléctrica). Con estos datos se puede realizar la tabla de rentabilidad del proyecto, sacando los datos más importantes como:

Ganancia a los 10 años de utilizar el sistema fotovoltaico

Tasa interna de retorno (TIR) que es el mejor evaluador de factibilidad y rentabilidad de proyectos

Tiempo de recuperación de la inversión inicial (8.9años) aproximadamente 9años.

Tabla 2.9 Ahorro energético mediante uso de fuentes ER [Elaboración propia]

PVsys (kWh)	Wire (kWh)	Aho (kWh)
318	613	295
317	561	244
351	565	214
315	579	264
368	594	226
330	601	271
335	576	241
308	606	298
318	569	251
321	611	290
342	597	255

Tabla 2.10 Ahorro económico mediante uso de fuentes ER [Elaboración propia]

PVsys (kWh)	Wire (kWh)	Aho (kWh)
\$ 36.20	\$ 61.30	\$ 25.10
\$ 36.30	\$ 56.10	\$ 19.80
\$ 43.44	\$ 56.50	\$ 13.06
\$ 31.50	\$ 57.90	\$ 26.40
\$ 36.80	\$ 59.40	\$ 22.60
\$ 33.00	\$ 60.10	\$ 27.10
\$ 33.50	\$ 57.60	\$ 24.10
\$ 30.80	\$ 60.60	\$ 29.80
\$ 31.80	\$ 56.90	\$ 25.10
\$ 32.10	\$ 61.10	\$ 29.00
\$ 34.20	\$ 59.70	\$ 25.50

2.7. Irradiación incidente en los paneles.

Conocer todas las cargas que estarán conectadas al sistema de paneles solares. Estas cargas son de iluminación y circuitos de tomacorrientes.

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(360^\circ \frac{284 + d}{365} \right) \quad (2.7)$$

Donde

δ = declinación

d= días transcurridos

$$G_{b,t} = G_b * R_b \quad (2.8)$$

$$R_b = \frac{\cos (\lambda + \beta - \delta)}{\cos (\lambda - \delta)} \quad (2.9)$$

Donde

$G_{b,t}$ =Irradiación directa sobre el panel

R_b = Factor de corrección geométrico

λ = Latitud

β = Ángulo de inclinación del panel

δ = declinación

2.8. Rendimiento

El rendimiento del panel viene determinado por la relación entre la potencia pico P_c y la multiplicación del área de captación por $1000 \frac{W}{m^2}$.

$$R_{panel} = \frac{P}{1000 \frac{W}{m^2} * A} * 100\% \quad (2.10)$$

Donde

R_{panel} = Eficiencia del panel

P = Potencia de demanda [W]

A = Área de captación [m^2]

2.9. Numero de paneles

El número de paneles necesarios para satisfacer la demanda energética se determina mediante la ecuación 2.15, la cual depende de la relación entre el consumo diario máximo y la radiación incidente para el mes con menor irradiación P , el rendimiento del panel R_{panel} y el área de captación del panel A .

$$P = \frac{P_{diver}}{R_{panel}} \quad (2.11)$$

$$N_p = \frac{P}{P_{cp}} \quad (2.12)$$

Donde

N_p = Número de paneles

P_{cp} = Potencia de cada panel

P_{Diver} = Potencia diversificada

R_{panel} = Rendimiento

2.10. Distancia mínima entre paneles

Los arreglos fotovoltaicos deben poseer una distancia mínima entre sí para evitar la producción de sombra entre arreglos contiguos

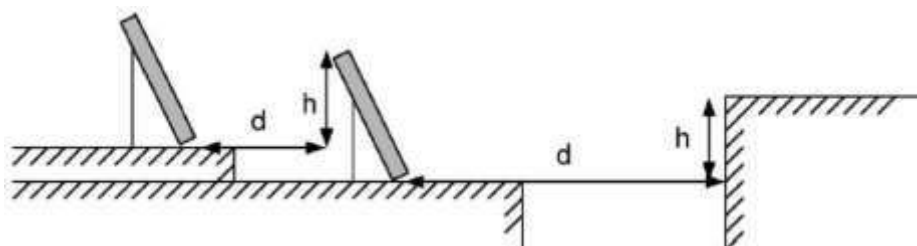


Figura 2.3 Fila de Placas Solares [Elaboración propia]

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \lambda)} = k * h \quad (2.13)$$

$$k = \frac{1}{\operatorname{tg}(61^\circ - \lambda)} \quad (2.14)$$

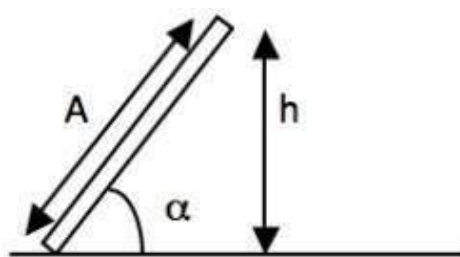
Donde.

d = Distancia entre arreglos

k = Coeficiente

λ = Latitud

h = altura máxima del obstáculo



$$h = A * \operatorname{sen}(\alpha)$$

CAPÍTULO 3

3. Resultado y análisis

Para realizar diseño sistema de refrigeración y cálculo de cargas térmicas se debe tener como requerimiento de información lo siguiente:

- Planos arquitectónicos de la edificación
- Vistas de fachada, vistas de corte, espaciamiento de tumbado
- Planos de las demás ingenierías
- Espacio disponible para ubicación de unidades condensadoras, ya sea por losa, pared, antepecho, suelo

Se debe tener en cuenta que la zona de confort está limitada por las siguientes variables termodinámicas:

- Temperatura de bulbo seco (72°F – 80°F)
- Humedad relativa (50% - 60%)

También se debe tener en cuenta que el objetivo de la presente tesis es poder generar la misma cantidad de energía consumida de la red por parte de equipos electrónicos que constatan en la edificación residencial multifamiliar, y para ello es necesario realizar el diseño y selección de equipos de refrigeración, que son los equipos que más consumen energía en edificaciones residenciales, y luego poder diseñar y dimensionar un sistema de generación de energía renovable en base al consumo calculado.

3.1. Parámetros de Diseño

1. Todas las paredes están en contacto con los edificios residenciales contiguos, no hay radiación directa del sol a las paredes y acristalamientos de esta área.
2. El área de cuarto master incluye un baño master, y la extracción mínima para baños privados es de 50[CFM] para uso continuo, y de 70[CFM] para uso intermitente (cuando el ventilador extractor funciona con el interruptor de las luces).

3. Aparatos electrónicos en uso son los siguientes:
 - a. Televisor de 55[in], pantalla LED, inteligente.
 - b. Nevera pequeña de 18[ft²].
 - c. Computador de 4.0 GHz procesador, 16 GB de memoria RAM.
4. No hay carga miscelánea, o fuentes de calor sensible y latente internas en la habitación, debido a que no hay microondas, cocina, estufas, equipos de laboratorio, equipos de quirófano.
5. Se asumen que hay (6) personas dentro de la habitación como máxima capacidad, y se va a diseñar con esta capacidad para tener un factor de seguridad y confort térmico en la habitación.
6. El tumbado no está directamente expuesto a la radiación, sino cuenta como partición porque arriba hay otra planta. El tumbado se diseña como (tumbado de gypsum + aire + losa).
7. Temperatura de las habitaciones contiguas y planta alta se define como 92°F (33°C).
8. Se define la temperatura de diseño en el interior de las habitaciones como 75°F (23°C).
9. Se utilizará un factor de seguridad de 10% (FS = 1.1) para todas las cargas térmicas (radiación directa, conducción, particiones, acristalamiento, piso, techo, puertas, personas, equipos).
10. El piso es condicionado con la planta baja, donde se encuentra laborando una picantería “El Che”. Lo cual se asume una temperatura de 92°F (33°C) el calor fluye de abajo hacia arriba (ganancia de calor).

3.2. Estructura arquitectónica

3.2.1. Paredes:

La pared arquitectónica de la residencia multifamiliar departamental está estructurada de la siguiente manera:

- Empaste (1/2in gypsum plaster)
- Ladrillo común (4in common brick)
- Empaste (1/2in gypsum plaster)

$$U_{pared} = 0.408 \left[\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F} \right] \quad (3.1)$$

Este valor de coeficiente global de transferencia de calor es muy elevado, lo que indica que va a existir mayor ganancia de calor con esta envolvente estructurada por: (0.5in de empaste + 4in de ladrillo común + 0.5in de empaste).

3.2.2. Techo y Suelo:

El techo y suelo arquitectónico de la residencia multifamiliar departamental está estructurada de la siguiente manera:

- Plancha de Gypsum (1/2in gypsum board)
- 20in de aire (Air – 20in)
- Losa (4in Low Weight Concrete)

$$U_{techo\&suelo} = 0.175 \left[\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F} \right] \quad (3.2)$$

Este valor de coeficiente global de transferencia de calor es bajo, lo que indica que es una envolvente aislante y no permite la ganancia de calor. Esta envolvente está estructurada por: (0.5in de plancha de gypsum + 20in de aire + 4in de concreto de baja densidad).

En general, el análisis y estudio de la estructura de la envolvente nos permite la ratio de ganancia de calor ya sea por paredes o techo/piso, y así se puede tomar acción en varias estrategias arquitectónicas pasivas. Si la mayor tasa de ganancia de calor es por techos, se puede subir el tumbado a una altura considerable por encima de los 3m. Si la mayor tasa de ganancia de calor es por paredes, se puede construir estructuras de sombra para paredes, aumentar el espesor de pared, o añadir materiales aislantes.

3.3. Sistema de climatización

3.3.1. Carga térmica del edificio

En la tabla 3.1 se presenta los resultados obtenidos del cálculo de carga térmica del edificio. La carga térmica para utilizar es de BTU/h, En la sección de anexos se presenta un análisis detallado del cálculo de carga térmica del edificio.

Tabla 3.1 Carga Térmica – Cuartos [Elaboración propia]

Carga térmica	Teórica	Transciente
Cuarto Principal	$6210 \frac{BTU}{h}$	$5492 \frac{BTU}{h}$
Sala-comedor-cocina	$6001 \frac{BTU}{h}$	$5926 \frac{BTU}{h}$

Como se puede observar en la tabla comparativa de ganancia de calor ya sea por método de cálculo teórico, mediante fórmulas, criterio de cálculos, normas y valores estándar de calor sensible y latente según: personas, equipos electrónicos, equipos de cocina, ventilación mecánica, infiltración. Y por otro lado el método de cálculo por transferencia de calor (TFM) donde calcula mes a mes la mayor carga o densidad de calor y se diseña bajo esa fecha del año, para tener un factor de seguridad alto, y además se define un factor de seguridad para el cálculo de transferencia de calor.

3.4. Análisis de comparación entre cargas térmicas (block load – teórico – psychometric analyzer)

Como se puede observar que en la tabla comparativa de método de cálculo de cargas térmicas mediante: cálculos teóricos, software block load y por análisis psicométrico. Se puede observar que los cálculos teóricos y el cálculo por análisis de la carta psicométrica no tiene gran variación, lo que indica que ambos métodos son congruentes al momento de seleccionar propiedades geo-climáticas de la zona y propiedades termodinámicas para el cálculo. Lo que si varía entre los tres métodos es el software Block Load, lo que indica que mediante el análisis de transferencia de calor (TFM), toma como método de cálculo el mes con mayor densidad de carga térmica y con un factor de seguridad se halla la mayor ganancia de calor hacia el interior del edificio residencial, y se tiene en cuenta que la carga real, es menor que la carga teórica calculada, o carga mediante análisis de carta psicométrica.

Tabla 3.2 Análisis comparativo teórico – simulación [Elaboración propia]

Items	Cálculos de carga térmica					
	Cálculos teóricos		Block load		Psychometric analyzer	
	Sensible (btu/h)	Latent (btu/h)	Sensible (btu/h)	Latent (btu/h)	Sensible (btu/h)	Latent (btu/h)
Window and Skylight Solar Loads	0	0	0	0	-	-
Wall Transmission	0	0	0	0	-	-
Roof Transmission	0	0	0	0	-	-
Window Transmission	0	0	0	0	-	-
Skylight Transmission	0	0	0	0	-	-
Door Loads	0	0	0	0	-	-
Floor Transmission	1354.22	0	1237	0	-	-
Partitions / Ceilings	9976.72	0	9114	0	-	-
Overhead Lightning	1553.80	0	1091	0	-	-
Electric Equipment	879.80	0	791	0	-	-
People	1617.00	1023.00	1051	930	-	-
Infiltration	0	0	0	0	-	-
Miscellaneous	0	0	0	0	-	-
Safety Factor	10%	10%	10%	10%	-	-
Total, Zone Load	16919.694	1125.3	14612.4	1023	-	-
Ventilation Load	542	775.35	509	809	-	-
SENS. LAT - COOLING LOAD	17,461.70	1,900.65	15,121.40	1,832.00	16,388.00	3,674.00
TOTAL, COOLING LOAD	19,362.35		16,953.40		20,062.00	

3.5. Planta baja de la residencia multifamiliar

En la tabla 3.4 del resumen de resultado de carga térmica para el piso 1, se puede observar lo siguiente:

La densidad de carga térmica para el cuarto master, es de 440Btu/m² lo que indica que esta habitación está aislada, o no tiene contacto con la radiación exterior. La densidad de carga para sala-comedor-cocina, es de 1.002Btu/m² lo que indica que esta zona está expuesta directamente a la radiación exterior, además que tiene equipos electrónicos y a gas que generan un calor sensible y latente dentro de la zona, también se da por la presencia de acristalamiento en la pared expuesta a la radiación solar, estos acristalamientos son focos de ganancia de calor.

Tabla 3.3 Áreas Residencia [Elaboración propia]

Piso	Zona	Area (m2)	Area (ft2)	Perimetro (m)	Perimetro (ft)	Altura (m)	Altura (ft)
PISO 1	CUARTO MASTER	42.31	455.2	32.95	108.1	3.5	11.5
PISO 1	SALA-COMEDOR-COCINA	67.48	726	38.1	125	3.5	11.5

Tabla 3.4 Resumen de carga térmica en Piso 1 [Elaboración propia]

Piso	Zona	Term. Load (btu/h)	Airflow (cfm)	Dens. Term. Load (btu/h-m2)	Dens. Term. Load ((btu/h)/ft ²)	Airflow design (cfm)
PISO 1	CUARTO MASTER	18,600	859	440	40.8	27
PISO 1	SALA-COMEDOR-COCINA	67,600	2,420	1,002	55.7	450

3.5.1. Selección de equipos de climatización

En la tabla 3.5 del resumen de selección de equipos de climatización se observa que para el cuarto master se puede seleccionar ya sea una consola de pared de 36kBtu/h de capacidad térmica o un fan coil de la misma capacidad. El criterio de selección de equipos se da más en la planilla de materiales y costos de dichos equipos. Por lo tanto, se concluye que para el cuarto master se selecciona una consola de pared de 36kBtu/h por las siguientes ventajas: mayor facilidad de acceso y mantenimiento del equipo, menor costo de instalación, menor cantidad y costos en accesorios. Aunque también tiene desventajas: menor estética de la zona, es más invasivo con la arquitectura, zona de climatización no homogénea debido a que no hay varios puntos de difusión de aire frío. Por otro lado, para la selección de la zona sala-comedor-cocina, se tiene una carga térmica de 60kBtu/h y los únicos equipos que tienen esa capacidad son los equipos centrales ducto (Split ducto) ya sea tipo Fan Coil o Evaporadora Split Ducto.

**Tabla 3.5 Resumen de selección de equipos de climatización
[Elaboración propia]**

PISO	ZONA	EQUIPO	EQUIPO
PISO 1	CUARTO MASTER	1CP-36	1FC-36
PISO 1	SALA-COMEDOR-COCINA	1FC-60	1FC-60

3.6. Planta alta de la residencia multifamiliar

En la tabla 3.6 del resumen de resultado de carga térmica para el piso 2, se puede observar lo siguiente:

La densidad de carga térmica para habitación de Katherine, es de 563kBtu/m² lo que indica que esta habitación está aislada, o no tiene contacto con la radiación exterior. La densidad de carga para habitación de Anthony, es de 1.752Btu/m² lo que indica que esta zona está expuesta directamente a la radiación exterior, además que tiene equipos electrónicos generan un calor latente dentro de la zona, también se da por la presencia de acristalamiento en la pared expuesta a la radiación

solar, estos acristalamientos son focos de ganancia de calor. La densidad de carga para habitación de José es de 1.178kBtu/h lo que indica que esta zona no está totalmente aislada, tiene puntos de concentración de transferencia de calor (puntos expuestos a la radiación solar) y acristalamiento expuesto a la radiación solar. La densidad de carga para pasillo-dormitorios, es de 976kBtu/h lo que indica que hay sub-zonas que climatizar además del pasillo lo que aumenta la infiltración de aire, y el requerimiento de ventilación mecánica.

Tabla 3.6 Áreas de cada zona a climatizar en Piso 2 [Elaboración propia]

Piso	Zona	Area (m2)	Area (ft2)	Perimetro (m)	Perimetro (ft)	Altura (m)	Altura (ft)
PISO 2	HABITACION KATHERINE	42.31	455.2	32.95	108.1	3.5	11.5
PISO 2	HABITACION ANTHONY	67.48	726	38.1	125	3.5	11.5
PISO 2	HABITACION JOSE	67.48	726	38.1	125	3.5	11.5
PISO 2	PASILLO - DORMITORIOS	67.48	726	38.1	125	3.5	11.5

Tabla 3.7 Resumen de cargas térmicas en Piso 2 [Elaboración propia]

Piso	Zona	Term. Load (btu/h)	Airflow (cfm)	Dens. Term. Load (btu/h-m2)	Dens. Term. Load ((btu/h)/ft2)	Airflow design (cfm)
PISO 2	HABITACION KATHERINE	23,800	1,198	563	52.4	27
PISO 2	HABITACION ANTHONY	32,200	1,752	1,534	142.5	23
PISO 2	HABITACION JOSE	18,400	976	1,178	108.7	20
PISO 2	PASILLO - DORMITORIOS	28,300	1,113	976	90.8	421

3.6.1. Selección de equipos de climatización

En la tabla 3.7 del resumen de selección de equipos de climatización se observa que para la habitación de Katherine se puede seleccionar ya sea una consola de pared de 36kBtu/h de capacidad térmica o un fan coil de la misma capacidad. El criterio de selección de equipos se da más en la planilla de materiales y costos de dichos equipos. Por lo tanto, se concluye que para el cuarto master se selecciona una consola de pared de 36kBtu/h por las siguientes ventajas: mayor facilidad de acceso y mantenimiento del equipo, menor costo de instalación, menor cantidad y costos en accesorios. Aunque también tiene desventajas: menor estética de la zona, es más invasivo con la arquitectura, zona de climatización no homogénea debido a que no hay varios puntos de difusión de aire frío. Además, la selección de la habitación de Anthony, de la misma manera se puede escoger entre una consola de pared de 36kBtu/h de capacidad térmica o un fan coil, y se procedió a seleccionar una consola de pared. Luego, la habitación de José, de igual manera se puede escoger entre consola de pared de 18kBtu/h de capacidad térmica o un fan coil y se procedió a seleccionar una consola de pared. Por último, la zona de Pasillo-Dormitorios, por la capacidad térmica que demanda de 60kBtu/h, los únicos equipos que se pueden escoger es un evaporador Split Ducto o un Fan Coil, y se procedió a seleccionar un fan coil por su mayor facilidad de instalación y menor requerimiento de espacio físico.

**Tabla 3.8 Resumen de selección de equipos de climatización
[Elaboración propia]**

PISO	ZONA	EQUIPO	EQUIPO
PISO 2	HABITACION KATHERINE	1CP-36	1FC-36
PISO 2	HABITACION ANTHONY	1CP-36	1FC-36
PISO 2	HABITACION JOSE	1CP-18	1CP-18
PISO 2	PASILLO – DORMITORIOS	1FC-60	1FC-60

3.7. Consumo energético de la red eléctrica por parte de equipos de refrigeración

Se procedió a realizar la planilla de consumo energético de la red eléctrica para poder tener la base para el cálculo, diseño y dimensionamiento de un arreglo de paneles fotovoltaicos como fuente de generación energética renovable. Se observa que el consumo total del proyecto de climatización es de 25.55kW lo que refleja un alto consumo por parte de los equipos, esto en la actualidad se está estudiando, analizando y discutiendo para poder diseñar y construir equipos de refrigeración con menor consumo energético mediante motores electro conmutados (EC) para el accionamiento de los ventiladores (blower) de los equipos.

Tabla 3.9 Consumo energético de la red eléctrica [Elaboración propia]

PLANILLA ELECTRICA - SISTEMA HVAC (DX)									
CODIGO	DESCRIPCIÓN	MODELO	CAPACIDAD	MCA	BREAKER	VOLTAJE	CONSUMO NI	CANTIDAD	TOTAL PROYECTO
				Amp	Amp				
UC-36	Condensadora	YEFE36BY	36,000	16.83	40	220/1/60	3.71	3	11.13
UC-18	Condensadora	YHJE18Y	18,000	2.65	20-DOBLE	220/1/60	1.95	1	1.95
CP-18	Consola de pared	YHJE18X	18,000	0.30	40-DOBLE	220/1/60	3.73	3	11.19
UC-36	Condensadora	YM9FC036	36,000	16.96	20	220/1/60	0.64	2	1.28
CP-36	Consola de pared	YHJE36X	36,000	0.30	40-DOBLE	220/1/60	3.73	3	11.19
FC-60	Fan Coil	YEFE60BX	60,000	3.01	20	220/1/60	0.64	2	1.28
TOTAL POTENCIA NOMINAL (KW)									25.55

3.8. Resultados de cálculo de dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Dimensionamiento de paneles solares

$$HSP = 5h \text{ (horas de sol)}$$

$$W_p = 530[W] \text{ (potencia nominal del panel solar)}$$

$$I_{input} = 12.94[A]$$

$$V_{input} = 41.00[V]$$

$$\text{Module Efficiency} = 20.45\%$$

$$\text{Factor de seguridad} = 1.3 ; 30\% \text{ de sobrecarga}$$

$$N^{\circ} \text{Paneles} = 13 \text{ paneles} \left(530 \left[\frac{W}{cu} \right] \right)$$

Dimensionamiento de banco de baterías (DC):

$$I_d = \frac{25,200[W]}{48[V]} = 525[A]$$

$$CB = \frac{\text{días (autonomía)} * I}{0.7}$$

2 días de autonomía

$$CB = \frac{2 \text{ días} * 525[A]}{0.7} = 1,500[A]$$

Valores Nominales De Baterías

Baterías de (48V – 400Ah)

Baterías de (24V – 200Ah)

$$N^{\circ} \text{Baterías} = \frac{1,500[A]}{400[Ah]} = 3.75 \cong 4 \text{ Baterías (48V – 400Ah)}$$

$$N^{\circ} \text{Baterías} = \frac{1,500[A]}{200[Ah]} = 7.5 \cong 8 \text{ Baterías (24V – 200Ah)}$$

Valores de inversores comerciales

Tabla 3.10 Valores nominales de inversores comerciales [Elaboración propia]

1kVA	800W
2kVA	1,600W
3kVA	2,400W
5kVA	4,000W

Como se han seleccionado 13 paneles de 530W/cu entonces se tiene una potencia nominal de:

$$P_{nom} = 6 * 530 = 3,180[W]$$

Selección de inversor: **1 inversor de 5kVA**

Gracias a estos cálculos se puede diseñar y dimensionar el arreglo de paneles fotovoltaicos para suplir el consumo energético de la red eléctrica por parte de los equipos de refrigeración. Para el arreglo del sistema fotovoltaico se obtiene lo siguiente:

- 13 Paneles de 530W
- 20 Baterías de 24V-100Ah
- 1 Inversor de 5kVA

Este sistema es capaz de lograr un funcionamiento de 2 días de autonomía es decir que puede funcionar 2 días sin conexión a la red eléctrica, y a carga plena de la residencia.

3.9. Resumen de selección de paneles solares

- 13 paneles solares de (530w/cu)
- 4 baterías de (48v – 400ah)
- 1 inversor de (5kva)

3.10. Resumen de ahorro energético y económico con el uso de sistemas fotovoltaicos

Como se puede observar en las tablas de balances de gastos y ahorros de consumo energético se puede observar un promedio de ahorro monetario anual de entre \$650 - \$750, lo que indica que este proyecto tiene una tasa interna de retorno (TIR) o rentabilidad del 7%, con un plazo de recuperación de la inversión (VAN) de \$1044.48 como ganancias luego de la inversión inicial. También se puede calcular el periodo de recuperación de la inversión en 8.9año es decir 8años con 11

meses luego de la inversión inicial del diseño, dimensionamiento e instalación de sistema fotovoltaico.

Tabla 3.11 Ahorro energético y económico del año 2020

[Elaboración propia]

	Aho (kWh)
NOV	512
OCT	494
SEPT	628
AGO	645
JUL	512
JUN	614
MAY	523
ABR	540
MARZ	531
FEB	508
ENE	587

Tabla 3.12 Ahorro energético y económico del año 2021

[Elaboración propia]

	Aho (\$)
DIC	\$ 54.00
NOV	\$ 46.80
OCT	\$ 44.80
SEPT	\$ 54.46
AGO	\$ 64.50
JUL	\$ 51.20
JUN	\$ 61.40
MAY	\$ 52.30
ABR	\$ 54.00
MARZ	\$ 53.10
FEB	\$ 50.80
ENE	\$ 58.70
TOTAL ANUAL	\$ 646.06

Tabla 3.13 Balance general de la inversión [Elaboración propia]

INVERSION INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
-56,116.00	5646.06	5650.00	5729.00	5683.00	5655.00	5742.00	5750.00	5675.00	5600.00	5748.00	5728.00	5648.06	5650.00	5729.00
ACUMULADO	5646.06	51,296.06	52,025.06	52,713.06	53,398.06	54,108.06	54,858.06	55,533.06	56,183.06	56,901.06	57,649.06	58,308.12	58,985.12	59,684.12
TASA RECLP	8.90	AÑOS												
TIR	7%	TASA												
VAN	5716.34													

En la presente tabla se puede observar que la tasa interna de retorno (TIR) es de 7% por encima de una tasa estándar del 5% de ganancia de la inversión, además se puede observar que para una tasa de 5% las ganancias al cabo de 14 años son de \$716.34, lo que indica que la tasa de recuperación de la inversión se da a los 8.9años es decir 8años 11meses.

3.11. Esquema de conexión de sistema fotovoltaico híbrido con conexión a la red eléctrica

El presente esquema del sistema fotovoltaico híbrido con conexión a la red se puede detallar las conexiones en paralelo de las baterías para poder lograr el amperaje suficiente y necesario de 200Ah. Además de la conexión en serie de baterías para lograr el voltaje necesario de 480V. También se puede observar que la conexión de los paneles solares es en serie para logara la potencia nominal de los equipos de climatización de 25.55kW. Y por último se observa un inversor de corriente (DC) que sale de los paneles a corriente (AC) que ingresa a la vivienda de capacidad 5kVA.

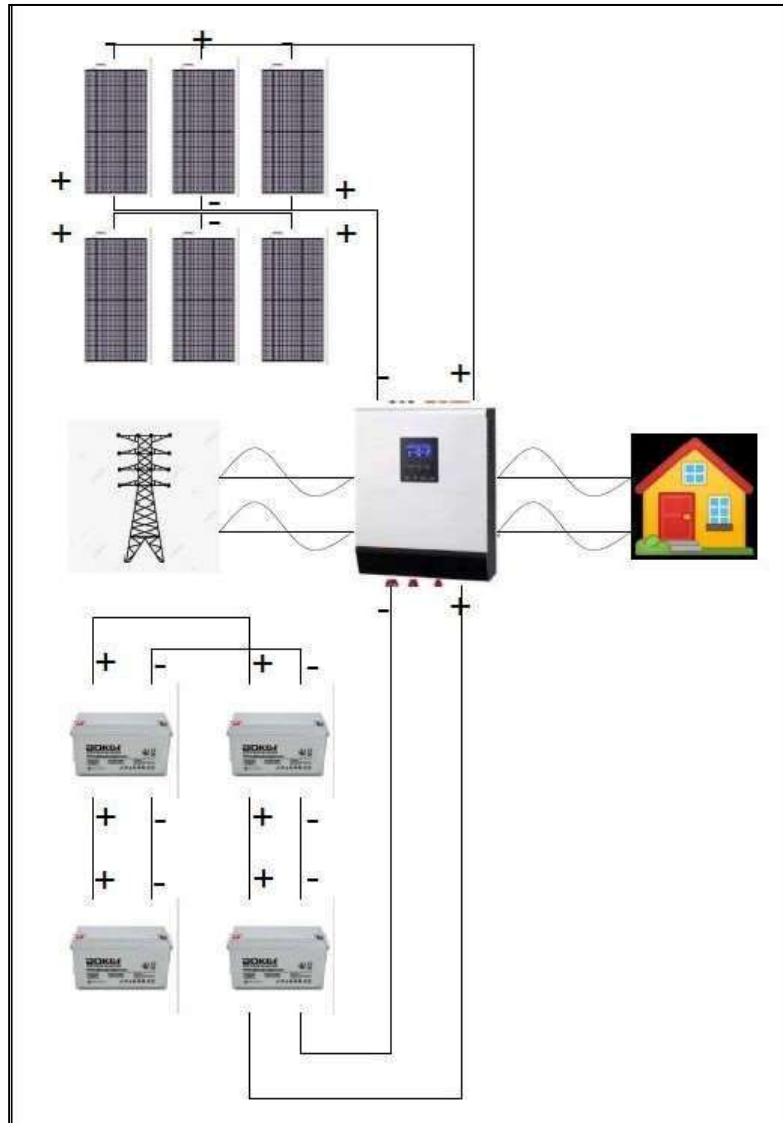


Figura 3.1 Conexiones de sistema fotovoltaico [Elaboración propia]

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones Y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Como se puede observar en los resultados de carga térmica tanto para PLANTA BAJA como para PLANTA ALTA del edificio multifamiliar, las habitaciones y zonas con mayor densidad de ganancia de calor son aquellas que están con una o más superficies expuestas a la radiación solar. Esto quiere decir que la transferencia de calor es más efectiva en zonas donde la superficie está expuesta al exterior y no como una partición más del edificio residencial.
- Existen también zonas en las que la ganancia de calor es mínima y tienen una densidad de carga promedio de $440\text{Btu}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ que está muy por debajo de la densidad de ganancia de calor para habitaciones en edificios residenciales que suele tener valores promedios entre $(500\text{-}700\text{ Btu}/(\text{h}\cdot\text{m}^2))$. Estas zonas con baja densidad de carga térmica son considerados puntos aislados o zona de bajo consumo energético. Es precisamente en estas zonas donde es factible colocar o ubicar equipos de control, equipos electrónicos de precisión, equipos de domótica que requieren mantenerse a una temperatura y humedad exacta.
- Por otra parte, hay zonas en las que la ganancia de calor es máxima y tienen una densidad de carga promedio de $1,100\text{Btu}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ que está muy por encima de la densidad de ganancia de calor para habitaciones en edificios residenciales que suelen tener valores promedios entre $(500\text{-}700\text{ Btu}/(\text{h}\cdot\text{m}^2))$. Estas zonas con alta densidad de carga térmica son considerados puntos expuestos o zonas de alto consumo energético. Estas zonas son factibles para realizar estrategias arquitectónicas pasivas para la reducción de ganancia de calor hacia la habitación
- Por último, se puede observar en las cartas de psicometría por zonas climatizadas que se encuentra dentro del rango de confort térmico con

temperaturas de zonas entre 74°F (23°C) y 78°F (25°C) con una humedad relativa de 50%-55% que está dentro del rango de humedad para confort térmico según el diagrama de Olgyay.

- Además, para el diseño y dimensionamiento de sistema fotovoltaico se hace base al consumo energético de los equipos de climatización, debido a que estos son los responsables de la mayor tasa de consumo de energía de la red eléctrica. Se debe tener en cuenta que la energía generada por este sistema fotovoltaico no va a suplir la demanda energética de los equipos de climatización, porque estos equipos generan picos de corrientes y voltaje que el inversor no puede generar.
- Se está cumpliendo con el objetivo principal de realizar un sistema de balance de energía cero, enfocado a sistemas de climatización. Es decir, la energía que consumida de la red por parte de equipos de climatización y refrigeración está siendo suplido por la energía producida por el sistema fotovoltaico dimensionado con 13 paneles solares, 20 baterías de (24V-100Ah), 1 inversor de (5kVA). Con un arreglo estipulado por el esquema del Capítulo 3, se debe seguir paso a paso el esquema de arreglos de baterías conectadas en paralelo y en serie, para poder llegar a obtener 480V-200Ah lo seleccionado en los cálculos de dimensionamiento. De igual manera la conexión de los 13 paneles solares en serie y paralelo para poder obtener el voltaje y potencia eléctrica de 25.55kW consumida por equipos de refrigeración y climatización.
- Se debe tener en cuenta que la selección del banco de baterías es para una autonomía de 2 días, con un factor de seguridad de 0.30 para días nublados o con poca ganancia de radiación directa.
- Por último, se puede observar mediante tablas de ahorro energético y ahorro económico que el retorno de inversión de la instalación, diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico es de 8.9años es decir 8años con 11meses luego de la inversión inicial, con una tasa de rentabilidad del 7%, y si se estima una tasa del 5% anual, entonces las ganancias de la inversión serán a los 11años de \$716.

4.2 Recomendaciones

- Para poder realizar una construcción bajo el modelo de balance de energía cero nZEB se debe realizar previamente un análisis energético en la edificación, y sobre todo el consumo de energía a la red. Para esto se debe realizar una matriz de gestión energética para la edificación residencial multifamiliar. Según estudios previos la gran parte de la energía eléctrica consumida de la red es por parte de equipos de refrigeración. Es por este motivo que la presente tesis recomienda realizar diseño y dimensionamiento de equipos para sistemas de climatización y realizar una planilla eléctrica del total de equipos.
- Antes de realizar diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, se recomienda gastar todas las estrategias pasivas para análisis y reducción de ganancia de calor hacia el interior de habitaciones y zonas expuestas directamente a la radiación solar, análisis de envolventes: paredes, ventanas, puertas, análisis de relación ventana-pared (WWR) mediante dimensionamiento de estos mencionados, análisis de factibilidad de modelo nZEB aplicando otras fuentes de energías renovables como: biomasa, solar térmica, colectores y concentradores solares, eólica.
- Se recomienda realizar mantenimiento a los filtros de ventiladores de los evaporadoras Fan Coil cada 6 meses de uso.
- Se recomienda realizar inspección y mantenimiento a los paneles solares, limpieza, inspección de baterías y estado físico de los cables de conexión entre paneles cada año para evitar problemas de cables sulfatados, juntas sueltas, mal estado de batería de 480V-400mAh.

BIBLIOGRAFIA

- ANSI/ASHRAE. (2010). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ANSI-ASHRAE. (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta.
- ASHRAE. (2010). Handbook Fundamentals. Atlanta.
- Barriga, A. (2014).
- Gagliano, A., Giuffrida, S., & Nocera, F. (2017). M. Energy efficient measure to upgrade a multistory residential in a Nzeb. Aims Energy.
- Hernandez, P. J. (3 de Marzo de 2014). Arquitectura eficiente. Obtenido de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>
- Hidrología, I. N. (2014). Humedad Relativa.
- meronorm, S. (s.f.). Version 8.
- Olgaya. (1963). Diagrama Bioclimatico de Olgay.
- PVsyst. (s.f.). V7.2.9.
- Raul Cordero, i. (31 de agosto de 2020). Temperaturas extremas.
- SUPPLY, S. (17 de JUNIO de 2017). ENERGIA RENOVABLES. Obtenido de ENERGIA RENOVABLES.
- Tsoutsos, T., Tournaki, S., & Sonvilla, P. (2017). Energy efficiency investments.
- UdeSantiago. (2020). Componentes de Refrigeracion.
- Zanki-Alujeviv, V., & Galaso, I. (2005). Analysis of sustainable HVAC system .
- ZARAGOZA, U. D. (2019). Energia Renovables y Eficiencia Energetica.

APÉNDICES

APÉNDICE A- CÁLCULOS DEMOSTRATIVOS

Cálculo de coeficiente de transferencia universal de materiales que componen la envolvente (paredes, techo)

Propiedades físicas y térmicas de los materiales:

1/2in Gypsum Plaster:

Tabla A. 4.1 Tabla de propiedades termodinámicas de materiales (Empaste) [Gypsum Plaster]

Description	Density, lb/ft ³	Conductivity ^b <i>k</i> , Btu·in/h·ft ² ·°F	Resistance <i>R</i> , h·ft ² ·°F/Btu	Specific Heat <i>c_p</i> , Btu/lb·°F
Plastering Materials				
Cement plaster, sand aggregate	116	5.0	—	0.2
Sand aggregate 3/8 in. 3/4 in.	—	—	0.08	0.2
Gypsum plaster	70	2.63	—	—
	80	3.19	—	—
Lightweight aggregate 1/2 in. 5/8 in.	45	—	0.32	—
	45	—	0.39	—
on metal lath 3/4 in.	—	—	0.47	—
Perlite aggregate	45	1.5	—	0.32
Sand aggregate on metal lath 3/4 in.	105	5.6	—	0.2
Vermiculite aggregate	30	1.0	—	—
	40	1.39	—	—
	45	1.7	—	—
	50	1.8	—	—
	60	2.08	—	—
Perlite plaster	25	0.55	—	—
	38	1.32	—	—
Pulpboard or paper plaster	38	0.48	—	—
Sand/cement plaster, conditioned	98	4.4	—	—
Sand/cement/lime plaster, conditioned	90	3.33	—	—
Sand/gypsum (3:1) plaster, conditioned	97	4.5	—	—

4in Common Brick:

Tabla A. 4.2 Tabla de propiedades termodinámicas de materiales (Ladrillo) [Common Brick]

Description	Density, lb/ft ³	Conductivity ^b <i>k</i> , Btu·in/h·ft ² ·°F	Resistance <i>R</i> , h·ft ² ·°F/Btu	Specific Heat <i>c_p</i> , Btu/lb·°F
Masonry Materials				
<i>Masonry units</i>				
Brick, fired clay	150	8.4 to 10.2	—	—
	140	7.4 to 9.0	—	—
	130	6.4 to 7.8	—	—
	120	5.6 to 6.8	—	0.19
	110	4.9 to 5.9	—	—
	100	4.2 to 5.1	—	—
	90	3.6 to 4.3	—	—
	80	3.0 to 3.7	—	—
	70	2.5 to 3.1	—	—

Propiedad física del ensamble de la pared:

**Tabla A. 4.3 Propiedades termodinámicas y físicas del ensamble de pared
[Elaboración propia]**

Wall Assembly Name: Paredes					
Outside Surface Color: Medium		Absorptivity: 0.675			
Layers: Inside to Outside	Thickness in	Density lb/ft ³	Specific Ht. BTU/lb/F	R-Value hr-ft ² -F/BTU	Weight lb/ft ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.68500	0.0
1/2-in gypsum plaster	0.500	45.0	0.32	0.32051	1.9
4-in common brick	4.000	120.0	0.20	0.79365	40.0
1/2-in gypsum plaster	0.500	45.0	0.32	0.32051	1.9
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.33300	0.0
Totals	5.000			2.45	43.8
Overall U-Value				0.408	BTU/(hr-sqft-F)

$$U_{total} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2.16)$$

$$R_1 = R_3 \left(\frac{1}{2} \text{in} - \text{gypsum plaster} \right)$$

$$U_{pared} = \frac{1}{0.32051 \left[\frac{h - ft^2 - ^\circ F}{Btu} \right]} + \frac{1}{0.79365 \left[\frac{h - ft^2 - ^\circ F}{Btu} \right]} + \frac{1}{0.32051 \left[\frac{h - ft^2 - ^\circ F}{Btu} \right]}$$

$$U_{pared} = 0.408 \left[\frac{Btu}{h - ft^2 - F} \right] \quad (2.17)$$

Dimensionamiento del sistema de climatización

Para el cálculo de carga térmica del edificio se lo realizo por medio de hojas de cálculo. A continuación, se presenta un cálculo de ejemplo:

Carga de conducción por paredes exteriores

Se calcula el diferencial de temperaturas para cargas de enfriamiento de la pared exterior 1, que está orientado hacia el Noreste:

$$Q = U * A * TD \quad (2.18)$$

$$Q = 0.308 * 1833 * 11$$

$$Q = 6210 \frac{BTU}{h}$$

Carga térmica generada por las personas

Para la habitación principal se considera como una zona de trabajo de oficina moderado, en el cual cada persona genera una carga térmica sensible y latente.

Carga latente

$$Q_l = No. (Lat. H. G) \quad (2.19)$$

$$Q_l = 6 * 155$$

$$Q_l = 930 \frac{BTU}{h}$$

Carga sensible

$$Q_s = No. (Sen. H. G) \quad (2.20)$$

$$Q_s = 6 * 245$$

$$Q_s = 1470 \frac{BTU}{h}$$

Carga térmica generado por el alumbrado

Se considera el factor de densidad de iluminación para universidades, para calcular los wátios necesarios para cada área y se procede a multiplicar por el factor de conversión para pasar de Wátios a BTU/h. Se calcula los BTU/h para el Aula ppl 1 que es de 2336 ft² de área.

$$W = LDP * A \quad (2.21)$$

$$W = 0.91 * 587$$

$$W = 534.17 \text{ Watt}$$

$$Q = 3.4 * 534.17$$

$$Q_s = 1816.178 \frac{BTU}{h}$$

Carga térmica generada por los equipos eléctricos

Se considera un factor de conversión de 3.41 para convertir de Wátios a BTU/h para calcular la carga térmica que genera los equipos eléctricos:

$$Q = 3.4 * 133$$

$$Q = 452.2 \frac{BTU}{h}$$

Carga térmica generada por ventilación mecánica

En primer lugar, se calculó los CFM necesarios para cada área a climatizar, basándonos en el estándar Ashrae 62:

Carga sensible

$$Q_s = 1.10(CFM)\Delta t \quad (2.22)$$

$$Q_s = 1.10(50)(86 - 75)$$

$$Q_s = 605 \frac{BTU}{h}$$

Carga latente

$$Q_l = 4840(CFM)\Delta W$$

$$Q_s = 4840(50)(0.01565 - 0.00951)$$

$$Q_s = 1485.88 \frac{BTU}{h}$$

Carga Térmica En Habitación Máster – Planta Baja

Carga térmica sensible y latente por particiones (no contacto directo con la radiación solar)

Carga Térmica en particiones (Paredes, Techos, Piso):

Pared

$$q = UA(TD) \quad (2.23)$$

$$q = (0.408 \frac{Btu}{h-ft^2-F}) \left[\frac{Perimetro}{h} * Altura \right] (92 - 75)^\circ F$$

Hallando el perímetro del área mediante propiedades de poli-línea en AutoCAD, se puede hallar tanto el área a climatizar como el perímetro de las paredes

$$A_{pared} = (108.1[ft])(11.5[ft]) = 1243.15[ft^2]$$

$$q = (0.408 \frac{Btu}{h-ft^2-F}) (1243.15[ft^2])(17^\circ F) = 8,622.50 \frac{Btu}{h}$$

Techo

$$q = UA(TD) \tag{2.24}$$

$$q = (0.175 \left[\frac{Btu}{ft \cdot h \cdot ^\circ F} \right] (455.2[ft^2])(92 - 75)^\circ F)$$

$$q = 1,354.22 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Techo & Paredes (Particiones)

$$q_{part} = 8,622.50 \left[\frac{Btu}{h} \right] + 1,354.22 \left[\frac{Btu}{h} \right] = 9,976.72 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Suelo

$$q = (0.175 \left[\frac{Btu}{ft \cdot h \cdot ^\circ F} \right] (455.2[ft^2])(92 - 75)^\circ F * 1.1h)$$

$$q = 1,354.22 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Carga térmica por componentes internos

Luces:

$$q = LDP * Area \tag{2.25}$$

Densidad de iluminación en el área de cuarto master está aproximadamente entre los siguientes valores:

Tabla A. 4.4 Tabla de valores típicos para carga térmica por iluminación [Elaboración propia]

Common Space Types ^a	LPD, W/ft ²	Common Space Types ^a	LPD, W/ft ²
Atrium		Electrical/Mechanical Room ^f	0.42
≤40 ft high	0.03/ft total height	Emergency Vehicle Garage	0.56
>40 ft high	0.40 + 0.02/ft	Food Preparation Area	1.21
		Guest Room	0.91

$$q = (0.91 \left[\frac{W}{ft^2} \right]) (A_{\acute{u}til})$$

$$A_{\acute{u}til} = 455.2[ft^2]$$

$$q = (0.91 \left[\frac{W}{ft^2} \right]) (455.2[ft^2]) * \frac{1[kW]}{1000[W]} * \frac{3410 \left[\frac{Btu}{h} \right]}{1[kW]} * 1.1$$

$$q = 1,553.80 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right]$$

Personas:

Calor Sensible:

$$q_s = N^\circ \text{ personas} * HG \quad (2.26)$$

La ganancia de calor por personas depende de las actividades que se realiza en el área de análisis o cálculo térmico:

Tabla A. 4.5 Tabla de valores típicos de calor emitido por metabolismo según actividad humana [Elaboración propia]

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low I ^c	High I ^c
Seated at theater	Theater, matinee	390	330	225	105		
Seated at theater, night	Theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant ^f	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		

$$HG_s = 245 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h} - \text{per}} \right] \quad (2.27)$$

$$q_s = (6[\text{per}]) \left(245 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h} - \text{per}} \right] \right) * 1.1 = 1,617 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right]$$

Calor Latente:

$$q_l = N^\circ \text{ personas} * HG$$

$$HG_l = 155 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h} - \text{per}} \right]$$

$$q_l = (6[\text{per}]) \left(155 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h} - \text{per}} \right] \right) * 1.1 = 1,023 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right]$$

Equipos:

$$q_s = \text{HEAT GAIN} \left[\frac{\text{W}}{\text{ft}^2} \text{ o } \text{W} \right] \quad (2.28)$$

$$q_s = \text{computador} + \text{TV} + \text{nevera}; \quad q_s = 83[\text{W}] + 50[\text{W}] + 125[\text{W}] = 258[\text{W}]$$

$$q_s = 258[W] * \frac{1[kW]}{1,000[W]} * \frac{3,410 \left[\frac{Btu}{h} \right]}{1[kW]} = 879.80 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Carga Térmica Por Ventilación

Requerimiento De Ventilación:

$$CFM = 0.03(A_{util}) + 7.5(N^{\circ} \text{ habitaciones} + 1) \quad (2.29)$$

Tabla A. 4.6 Tabla de ventilación mínima requerida para edificaciones residenciales [Elaboración propia]

Floor Area, ft ²	Bedrooms				
	1	2	3	4	5
<500	30	38	45	53	60
501-1000	45	53	60	68	75
1001-1500	60	68	75	83	90
1501-2000	75	83	90	98	105
2001-2500	90	98	105	113	120
2501-3000	105	113	120	128	135
3001-3500	120	128	135	143	150
3501-4000	135	143	150	158	165
4001-4500	150	158	165	173	180
4501-5000	165	173	180	188	195

$$CFM = 0.03(455.2[ft^2]) + 7.5(1 + 1) = 29[CFM]$$

Calor sensible:

$$q_s = 1.10(CFM)\Delta T$$

$$q_s = 1.10(29[CFM])(92 - 75)^{\circ}F = 542.30 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

$$q_l = 4840(CFM)\Delta W$$

$$q_l = 4840(29CFM)(0.01476 - 0.009236) \left[\frac{lb}{lb} \right] = 775.35 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Análisis Psicrométrico

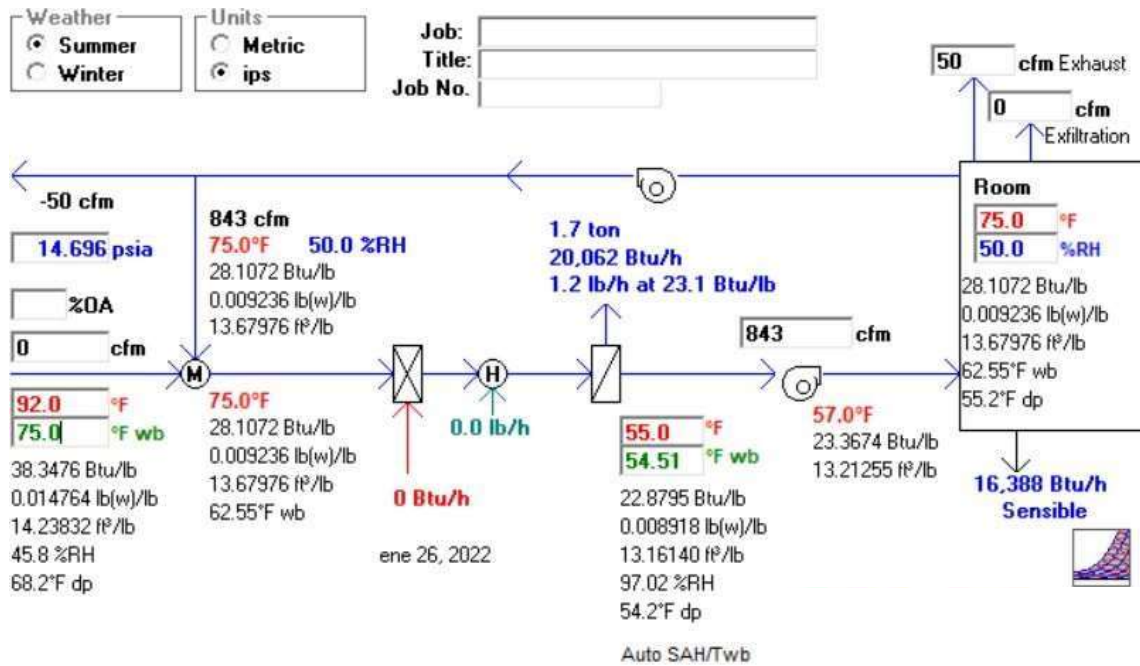


Figura A. 4.1 Análisis de ciclo de refrigeración Psicrométrico [Elaboración propia]

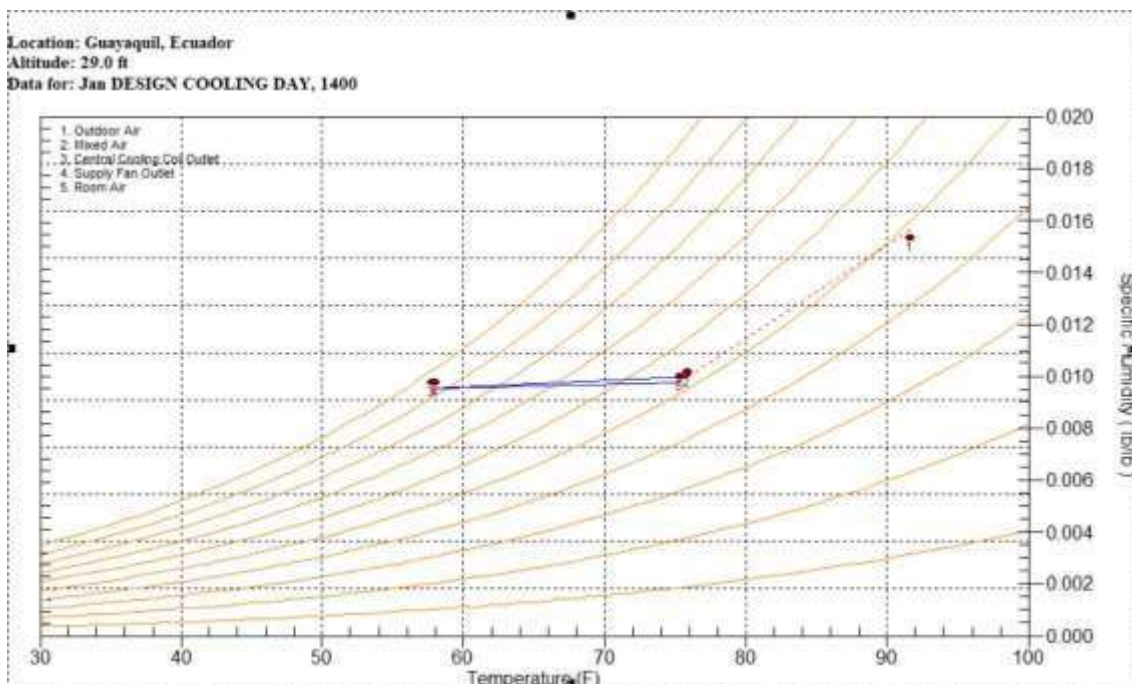


Figura A. 4.2 Carta Psicrométrica para refrigeración (Temperatura – Humedad específica) [Elaboración propia]

Mediante el **análisis psicométrico** podemos hallar las propiedades de energía específica [Btu/lb], humedad relativa [lb(w)/lb], flujo másico de aire [ft³/lb], temperatura de bulbo húmedo (T_{wb}), temperatura de bulbo seco (T_{dp}).

Obtenemos los valores de:

$$T_1 = 55^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 75^\circ\text{F}$$

$$T_{1wb} = 54.51^\circ\text{F}$$

$$T_{2wb} = 62.55^\circ\text{F}$$

$$T_{1dp} = 54.2^\circ\text{F}$$

$$T_{2dp} = 55.2^\circ\text{F}$$

$$W_1 = 0.008918[\text{lb(w)/lb}]$$

$$W_2 = 0.009236[\text{lb(w)/lb}]$$

Carga total de enfriamiento en la habitación climatizada de: **20,062[Btu/h]**

APÉNDICE B- CÁLCULOS Y SELECCIÓN PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO

Geometría De La Radiación Solar Terrestre

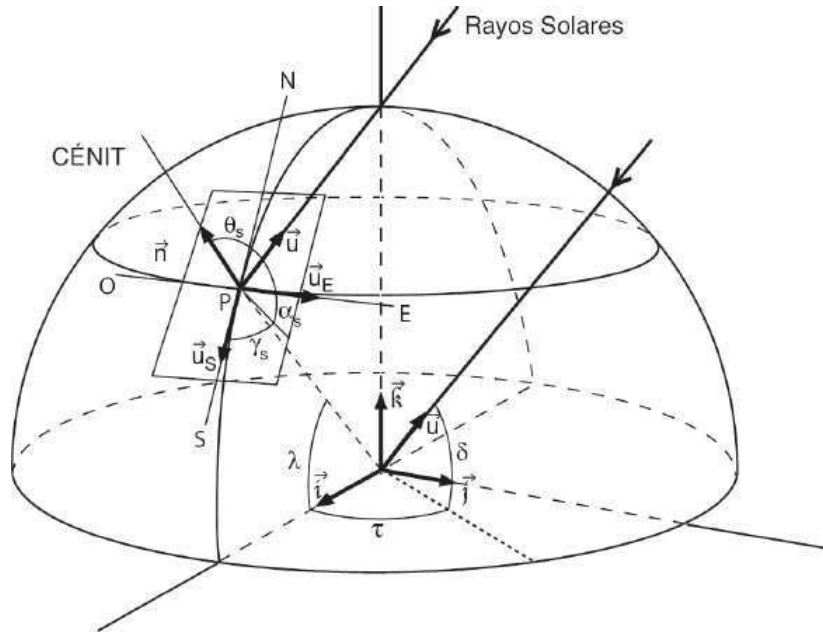


Figura B. 4.3 Principales ángulos de incidencia de sol, radiación, inclinación y orientación [Elaboración propia]

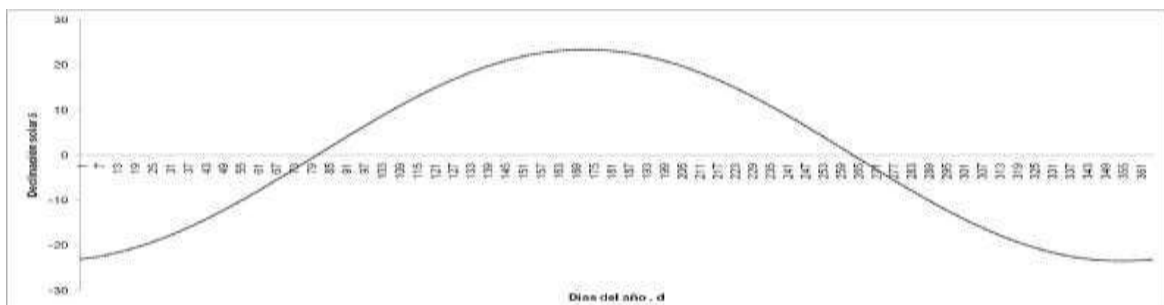
Latitud (λ).- ángulo que forma la línea del sol con el plano del ecuador en la posición del observador

Longitud.- es el arco del ecuador donde va el meridiano de Greenwich al meridiano superior del lugar. Siendo inferior a 180°

Declinación (δ).- es la posición angular del sol respecto al plano del ecuador en el mediodía solar, el valor del ángulo se suele tomar cada día al medio día solar.

La declinación varía entre $\pm 23^\circ 45'$ a lo largo del año

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360^\circ \frac{284 + d}{365}\right) ; d. - \text{días transcurridos} \quad (2.30)$$



Duración de días de sol para las grandes ciudades del Ecuador

Amanecer y atardecer en las ciudades más grandes de Ecuador

El orden de las ciudades es de este a oeste, es decir, en la dirección aproximada del curso del sol. Sin embargo, puesto que la órbita del sol es elíptica, el amanecer y el atardecer nunca son al mismo tiempo en un grado completo de longitud. Los datos se refieren al 1. de febrero, hora local en Ecuador.

Paraje	Salida del sol	Puesta del sol	Duración del día
Tulcán	06:20 am	06:27 pm	12:07 h
Ibarra	06:21 am	06:30 pm	12:08 h
Tutamandahostel	06:22 am	06:32 pm	12:10 h
Quito	06:22 am	06:32 pm	12:10 h
Latacunga	06:22 am	06:33 pm	12:12 h
Ambato	06:21 am	06:34 pm	12:12 h
Riobamba	06:21 am	06:34 pm	12:13 h
Cuenca	06:21 am	06:37 pm	12:16 h
Santo Domingo de los Colorados	06:25 am	06:35 pm	12:10 h
Loja	06:20 am	06:39 pm	12:19 h
Quevedo	06:25 am	06:37 pm	12:12 h
Babahoyo	06:24 am	06:38 pm	12:14 h
Esmeraldas	06:28 am	06:35 pm	12:07 h
Eloy Alfaro	06:25 am	06:40 pm	12:15 h
Guayaquil	06:25 am	06:40 pm	12:15 h
Machala	06:24 am	06:41 pm	12:17 h
Portoviejo	06:29 am	06:41 pm	12:12 h
Manta	06:30 am	06:42 pm	12:12 h
Santa Elena	06:29 am	06:44 pm	12:15 h
La Libertad	06:29 am	06:44 pm	12:15 h

Para calcular las horas de sol (t_d) se puede determinar de dos maneras:

1. Determinando las horas del amanecer al atardecer
2. Conociendo latitud y declinación de ese día en particular

$$t_d = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan(\lambda) * \tan(\delta)) \quad (2.31)$$

$$t_d = 12h \text{ (aproximadamente)}$$

Angulo horario (r).- ángulo formado entre el plano meridiano terrestre que contiene el sol y el plano meridiano terrestre del punto de observación

$$r = (15t - 180)^\circ ; 0 \leq t \leq 24$$

Comprende $-180^\circ \geq t \geq 180^\circ ; 0 < t < 24h$. Para medio día $t = 12$

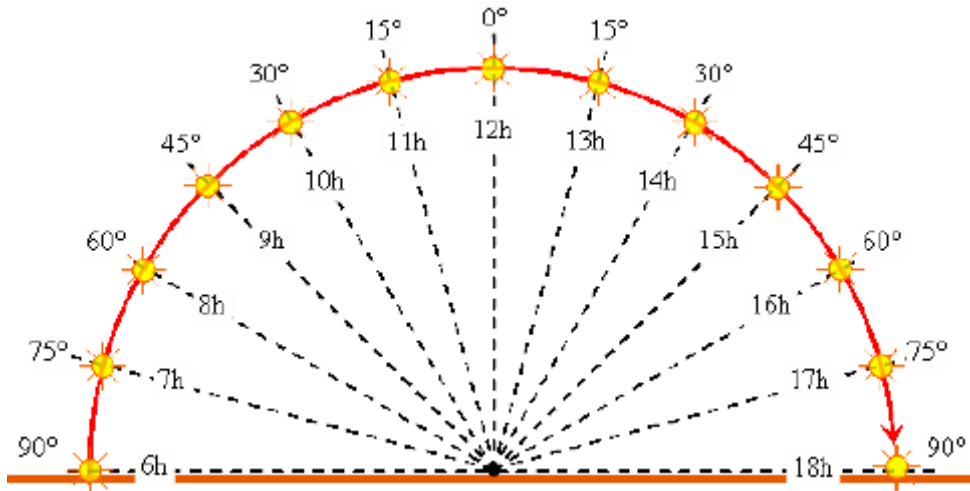


Figura B. 4.4 Horario solar [Elaboración propia]

Rendimiento de paneles fotovoltaicos

$$R_{panel} = \frac{P_c}{1,000 \left[\frac{W}{m^2} \right] * A} * 100\% \quad (2.32)$$

R_{panel} .- eficiencia del panel fotovoltaico

P_c .- potencia pico [W]

A .- área de captación [m^2]

Angulo cenital (θ_s).- es el ángulo entre la dirección vertical y la línea del sol

Mediodía solar, será mínimo comparándose a la declinación

$$\theta_s(12h) = I\delta(d) - \lambda I$$

$$\cos(\theta_s) = \cos(\delta) \cos(\lambda) \cos(r) + \sin(\delta) \sin(\lambda)$$

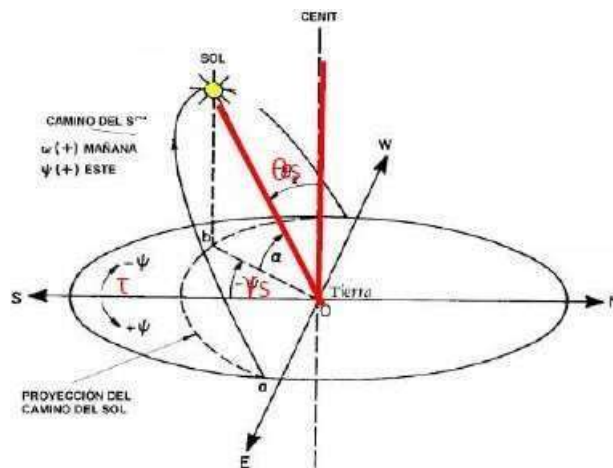


Figura B. 4.5 Ángulos de incidencia de sol e inclinación de panel solar [Elaboración propia]

Angulo acimutal solar (γ_s).- ángulo entre el plano vertical que contiene al sol sobre el observador y el plano vertical del meridiano del observador

$$\sin(\gamma_s) = \frac{\cos(\delta) \sin(r)}{\cos(\alpha_s)} = \frac{\cos(\delta) \sin(r)}{\sin(\theta_s)} \quad (2.33)$$

También es el ángulo entre la proyección vertical sobre el suelo de la línea solar y la dirección

Elevación (altitud) solar (α_s).- ángulo entre la línea del sol y el plano horizontal del observador

$$\sin(\alpha_s) = \cos(\theta_s) ; \alpha_s = 90^\circ - \theta_s$$

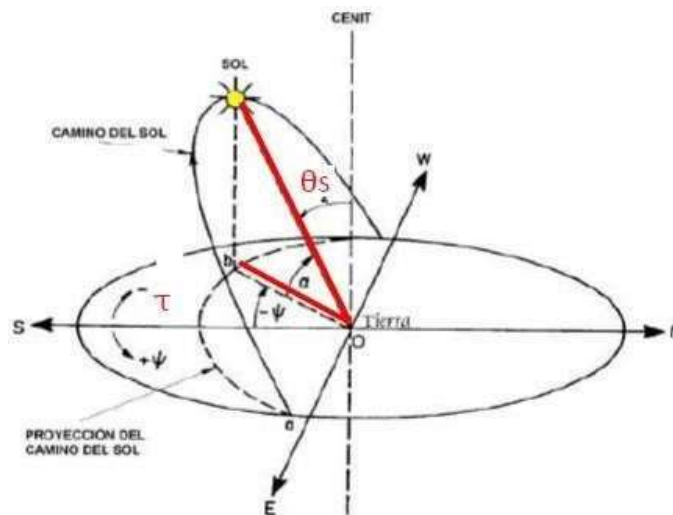


Figura B. 4.6 Ángulos de incidencia de sol e inclinación de panel solar [Elaboración propia]

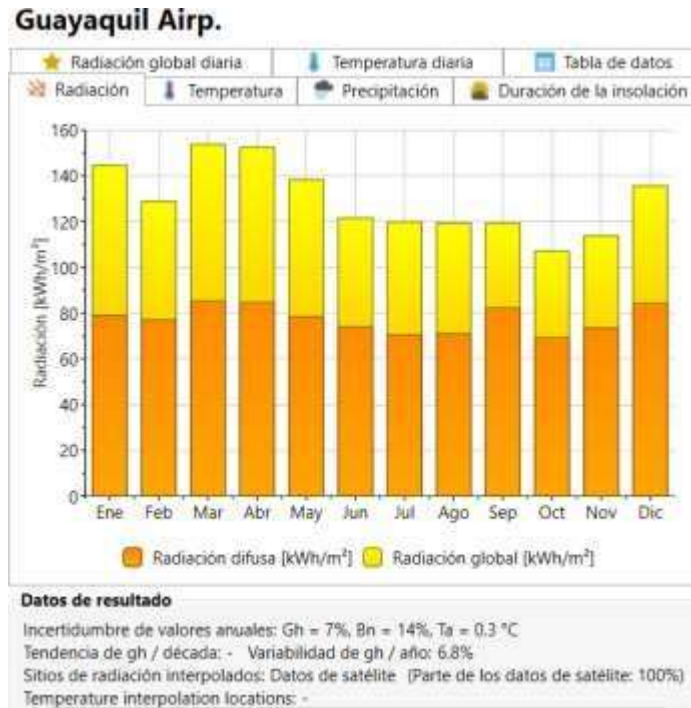
Metodología de cálculo

Para determinar la orientación e inclinación del colector solar (panel solar) es necesario conocer:

- Valores de la radiación solar directa
- Valores de radiación difusa (promedio) sobre la superficie horizontal
- Albedo del suelo

Valores de radiación solar directa

Tabla B. 4.7 Valores promedio de radiación solar directa según ángulo de incidencia [Meronom]



Irradiación Horizontal Global – Irradiación Difuso Horizontal – Temperatura

Tabla B. 4.8 Tabla de propiedades geo climáticas de la zona [Meronom]

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	144	0	79	94	26,5	20,4	2,3
Febrero	129	0	77	72	26,4	21,7	2
Marzo	154	0	85	94	26,9	21,8	2,1
Abril	152	0	85	93	27	21,6	2,2
Mayo	138	0	78	90	26,3	20,7	2,5
Junio	121	0	74	72	25	19,6	3,1
Julio	120	0	70	73	24,3	18,8	3,4
Agosto	119	0	71	69	24	18,3	3,8
Setiembre	119	0	82	53	24,4	18,2	3,9
Octubre	107	0	69	52	24,4	18,3	3,8
Noviembre	114	0	73	59	24,9	18,3	3,7
Diciembre	136	0	84	74	26,4	18,9	3,2
Año	1555	0	929	895	25,5	19,7	3

Datos de resultado

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 7%, Bn = 14%, Gk = 7%, Ta = 0.3 °C
 Tendencia de gh / década: - Variabilidad de gh / año: 6.8%
 Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)
 Temperature interpolation locations: -

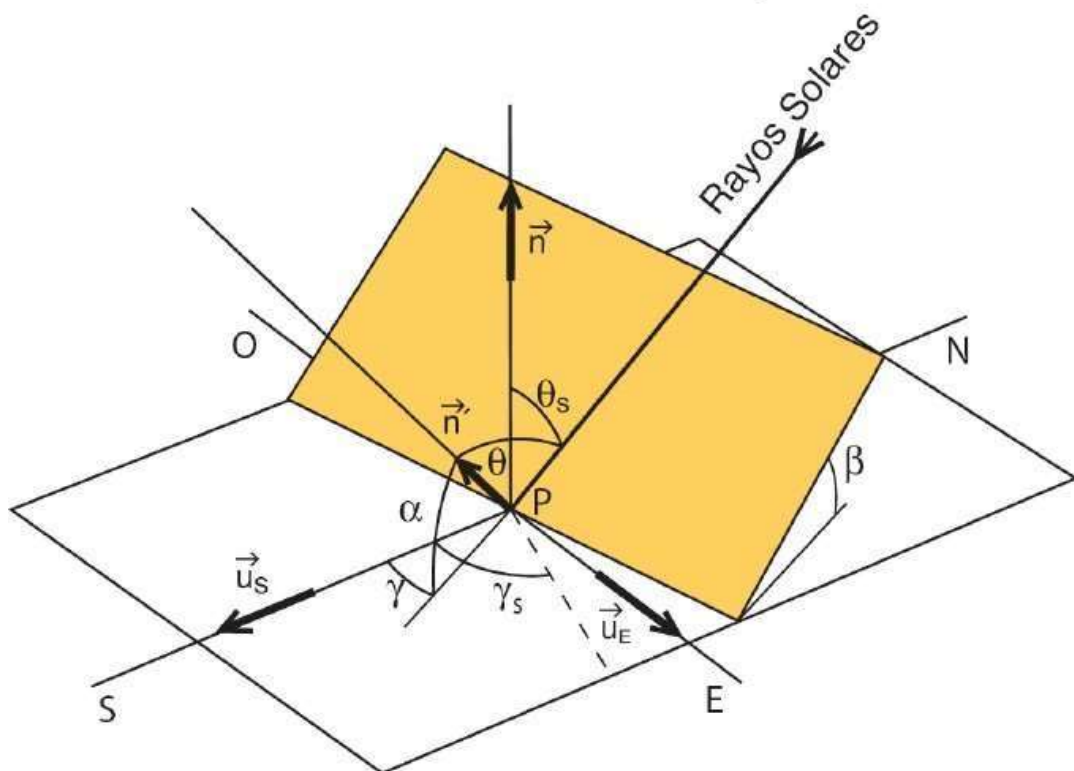
Un parámetro importante es la orientación del colector (panel solar):

- Se encontrará orientado con mira hacia el norte por encontrarnos en el hemisferio sur
- Para optimizar su rendimiento, orientación fija siendo el ángulo acimutal de la placa $\gamma = 0^\circ$

El ángulo óptimo de inclinación del colector (panel solar) será aquel que optimiza la menor radiación solar sobre la superficie inclinada durante todo el año

- Selección del peor mes del año
- Selección del ángulo más adecuado para todo el año

Geometría de la radiación sobre una superficie inclinada



Ángulo de incidencia (θ).- ángulo entre la dirección de la radiación directa sobre la superficie de la placa y la normal de dicha superficie. Para una placa en posición horizontal, coincide con el ángulo cenital solar ($\theta = \theta_s$)

$$\cos(\theta) = \sin(\theta_s) \sin(\beta) \cos(\beta) + \cos(\theta_s) \cos(\beta) \quad (2.34)$$

También se puede determinar este valor en función de los parámetros astronómicos y geográficos.

Angulo de inclinación o pendiente (Q).- ángulo entre el plano de la superficie de la placa y la horizontal o entre la normal a la superficie y la vertical. ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$) cuando $\beta < 90^\circ$ vista al cielo, $\beta > 90^\circ$ vista al suelo. A de considerarse $(+\beta)$ para el hemisferio norte y $(-\beta)$ hemisferio sur.

Cuando se trata de una placa con orientación fija la pendiente será:

$$\text{Hemisferio norte: } \beta = \lambda - \delta - \theta$$

$$\text{Hemisferio sur: } \beta = -\lambda + \delta + \theta$$

Elevación de la placa (a).- ángulo formado por la normal a la superficie de la placa y el plano horizontal

$$\alpha = 90^\circ - \beta \quad (2.35)$$

Angulo acimutal de la placa (γ).- ángulo formado entre el plano vertical que contiene la normal a la superficie de la placa con el plano horizontal del meridiano local. También, se establece como ángulo entre la proyección vertical de la normal a la superficie con la dirección sur.

Para una incidencia óptima $\gamma = \gamma_s$; $\beta = \theta_s$.

En caso de placas instaladas en el hemisferio norte inclinadas con orientación hacia el sur, para optimizar su rendimiento se aconseja que $\gamma = 0^\circ$

Calculo para selección de equipos de paneles solares

Cálculo Paneles Solares

$$N^\circ \text{Paneles} = \frac{E * 1.3}{HSP * W_p} \quad (2.36)$$

$N^\circ \text{Paneles}$.- cantidad de paneles solares

E .- consumo diario de la red eléctrica por equipos de climatización

HSP .- horas solar pico

W_p .- potencia del panel

Valores para análisis **El Triunfo – Guayas - Ecuador**

$HSP = 5h$ (horas de sol)

$W_p = 530[W]$ (potencia nominal del panel solar)

$$I_{input} = 12.94[A]$$

$$V_{input} = 41.00[V]$$

$$\text{Module Efficiency} = 20.45\%$$

$$\text{Factor de seguridad} = 1.3 ; 30\% \text{ de sobrecarga}$$

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{25,200[W] * 1.3}{5h * 530[W]} = 12.36 \text{ paneles} \cong 13 \text{ paneles} \left(530 \left[\frac{W}{cu} \right] \right)$$

Cálculo Y Selección De Baterías

$$\frac{E}{V_t} = I_d \quad (2.37)$$

E .- consumo energético [W]

V_t .- voltaje del banco de baterías [V]

I_d .- intensidad de corriente del panel solar [A]

$$I_d = \frac{25,200[W]}{48[V]} ; I_d = 525[A]$$

$$CB = \frac{\text{días (autonomía)} * h}{0.7}$$

2 días de autonomía

$$CB = \frac{2 \text{ días} * 525[A]}{0.7} = 1,500[A]$$

Valores Nominales De Baterías

Baterías de (48V – 400Ah)

Baterías de (24V – 200Ah)

$$N^{\circ} \text{Baterias} = \frac{1,500[A]}{400[Ah]} = 3.75 \cong 4 \text{ Baterías (48V – 400Ah)}$$

$$N^{\circ} \text{Baterias} = \frac{1,500[A]}{200[Ah]} = 7.5 \cong 8 \text{ Baterías (24V – 200Ah)}$$

Combinación (Panel & Batería)

13 Paneles ($\frac{530W}{cu}$) & 4 Baterías (48V – 400Ah)

Selección De Inversores

Valores de inversores comerciales

Tabla B. 4.9 Tabla de valores de capacidades eléctricas de inversores comerciales [Meronom]

1kVA	800W
2kVA	1,600W
3kVA	2,400W
5kVA	4,000W

Como se han seleccionado 13 paneles de 530W/cu entonces se tiene una potencia nominal de:

$$P_{nom} = 6 * 530 = 3,180[W]$$

Selección de inversor: **1 inversor de 5kVA**

APENDICE C: CARGAS TERMICAS Y DIMENSIONAMIENTO - SOFTWARE

Tabla C. 4.10 Resumen del dimensionamiento del cuarto principal del piso 1 [Servitechni]

Air System Sizing Summary for Cuarto Master						
Project Name: Katherina Burbano Prepared by: SERVITECHNI					02/04/2022 07:19p.m	
Air System Information						
Air System Name: Cuarto Master			Number of zones: 1			
Air System Type: Single Zone CAV			Floor Area: 455.2 sqft			
			Location: Guayaquil, Ecuador			
Sizing Calculation Information						
Calculation Months: Jan to Dec			Calculation method: Transfer Function Method			
Central Cooling Coil Sizing Data						
Total coil load:	1.5	Tons	Load occurs at: Jan 1400			
Total coil load:	18.6	MBH	DA DB / WB: 91.6/75.9 F			
Sensible coil load:	16.8	MBH	Entering DB / WB: 75.9/63.9 F			
Coil airflow:	859	CFM	Leaving DB / WB: 57.8/56.7 F			
Sensible heat ratio:	0.901		Coil ADP: 55.8 F			
Area per unit load:	293.9	sqft/Ton	Bypass Factor: 0.100			
Load per unit area:	40.8	BTU/(hr-sqft)	Resulting RH: 52 %			
			Design supply temp: 58.0 F			
Supply Fan Sizing Data						
Actual max airflow:	859	CFM	Fan motor BHP: 0.08 BHP			
Standard airflow:	858	CFM	Fan motor kW: 0.06 kW			
Actual max airflow per unit area:	1.89	CFM/sqft	Fan static: 0.30 in wg			
Outdoor Ventilation Air Data						
Design airflow:	29	CFM	Airflow per person: 4.83 CFM/person			
Airflow per unit floor area:	0.06	CFM/sqft				
Space Sizing Data						
Space Name	Maximum Cooling Sensible MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Cuarto Master	14.6	859	Jan 1600	0.0	455.2	1.89

Tabla C. 4.11 Resumen de carga de diseño del sistema del cuarto principal para piso 1 [Servitechni]

System Design Load Summary for Cuarto Master		
Project Name: Katherine Burbano		02/04/2022
Prepared by: SERVITECHNI		07:19p. m.

Zone Loads based on TFM	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1400			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1237	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1696 sqft	9114	-	1696 sqft	0	-
Overhead Lighting	414 W	1091	-	0 W	0	-
Electric Equipment	258 W	791	-	0 W	0	-
People	6	1051	930	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1328	93	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	14611	1023	-	0	0
Thermostat and Pullydown Adjustment	-	1442	0	-	0	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	29 CFM	509	809	29 CFM	94	0
Supply Fan Load	859 CFM	191	-	859 CFM	-191	-
>> Total System Loads	-	16753	1832	-	-97	0
Central Cooling Coil	-	16753	1832	-	0	0
>> Total Coil Loads	-	16753	1832	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Tabla C. 4.12 Resumen de carga de diseño de zona del cuarto principal para piso 1 [Servitechni]

Zone Design Load Summary for Cuarto Master		
Project Name: Katherine Burbano		02/04/2022
Prepared by: SERVITECHNI		07:19p. m.

Cuarto Master	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1600			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1248	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1696 sqft	9193	-	1696 sqft	0	-
Overhead Lighting	414 W	1132	-	0 W	0	-
Electric Equipment	258 W	802	-	0 W	0	-
People	6	1104	930	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1348	93	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	14825	1023	-	0	0

Tabla C. 4.13 Resumen del dimensionamiento de Sala-Comedor-Cocina del piso 1 [Servitechni]

Air System Sizing Summary for Sala-Comedor-Cocina	
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022
Prepared by: SERVITECHNI	07:54p. m

Air System Information

Air System Name: Sala-Comedor-Cocina
 Air System Type: Single Zone CAV

Number of zones: 1
 Floor Area: 726.0 sqft
 Location: Guayaquil, Ecuador

Sizing Calculation Information

Calculation Months: Jan to Dec

Calculation method: Transfer Function Method

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load: 5.6 Tons
 Total coil load: 67.6 MBH
 Sensible coil load: 51.8 MBH
 Coil airflow: 2420 CFM
 Sensible heat ratio: 0.767
 Area per unit load: 129.0 sqft/Ton
 Load per unit area: 93.1 BTU/(hr-sqft)

Load occurs at: Jan 1600
 OA DB / WB: 91.6/75.9 F
 Entering DB / WB: 78.4/66.5 F
 Leaving DB / WB: 58.6/57.5 F
 Coil ADP: 56.4 F
 Bypass Factor: 0.100
 Resulting RH: 54 %
 Design supply temp: 58.0 F

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load: 2.3 MBH
 Coil airflow: 2420 CFM
 Load per unit area: 3.2 BTU/(hr-sqft)

Load occurs at: Des Htg
 Ent DB / Lvg DB: 69.6/70.5 F

Supply Fan Sizing Data

Actual max airflow: 2420 CFM
 Standard airflow: 2417 CFM
 Actual max airflow per unit area: 3.33 CFM/sqft

Fan motor BHP: 0.00 BHP
 Fan motor kW: 0.00 kW
 Fan static: 0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow: 450 CFM
 Airflow per unit floor area: 0.62 CFM/sqft

Airflow per person: 45.00 CFM/person

Space Sizing Data

Space Name	Maximum Cooling Sensible MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Sala-Comedor-Cocina	44.4	2420	Jan 1600	0.5	726.0	3.33

Tabla C. 4.14 Resumen de carga de diseño del sistema de Sala-Comedor-Cocina para piso 1 [Servitechni]

System Design Load Summary for Sala-Comedor-Cocina		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	07.54p. m.	

Zone Loads based on TFM	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1600			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	177 sqft	16615	-	177 sqft	-	-
Wall Transmission	11 sqft	152	-	11 sqft	14	-
Roof Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Window Transmission	177 sqft	2392	-	177 sqft	495	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1975 sqft	4393	-	1975 sqft	0	-
Overhead Lighting	711 W	2428	-	0 W	0	-
Electric Equipment	475 W	1621	-	0 W	0	-
People	10	2750	2750	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	10000	1000	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	4035	375	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	44385	4125	-	509	0
Thermostat and Pull-down Adjustment	-	-451	0	-	236	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	450 CFM	7854	11645	450 CFM	1560	0
Supply Fan Load	2420 CFM	0	-	2420 CFM	0	-
>> Total System Loads	-	51787	15770	-	2305	0
Central Cooling Coil	-	51787	15771	-	0	0
Central Heating Coil	-	0	-	-	2305	-
>> Total Coil Loads	-	51787	15771	-	2305	0
Key:	Positive values are ckg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are ckg loads		

Tabla C. 4.15 Resumen de carga de diseño de zona de la Sala-Comedor-Cocina principal para piso 1 [Servitechni]

Zone Design Load Summary for Sala-Comedor-Cocina		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	07.54p. m.	

Sala-Comedor-Cocina	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1600			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	177 sqft	16615	-	177 sqft	-	-
Wall Transmission	11 sqft	152	-	11 sqft	14	-
Roof Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Window Transmission	177 sqft	2392	-	177 sqft	495	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1975 sqft	4393	-	1975 sqft	0	-
Overhead Lighting	711 W	2428	-	0 W	0	-
Electric Equipment	475 W	1621	-	0 W	0	-
People	10	2750	2750	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	10000	1000	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	4035	375	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	44385	4125	-	509	0

Tabla C. 4.16 Carta Psicrométrica del ciclo de refrigeración para Sala-Comedor-Cocina para piso 1 [Elaboración propia]

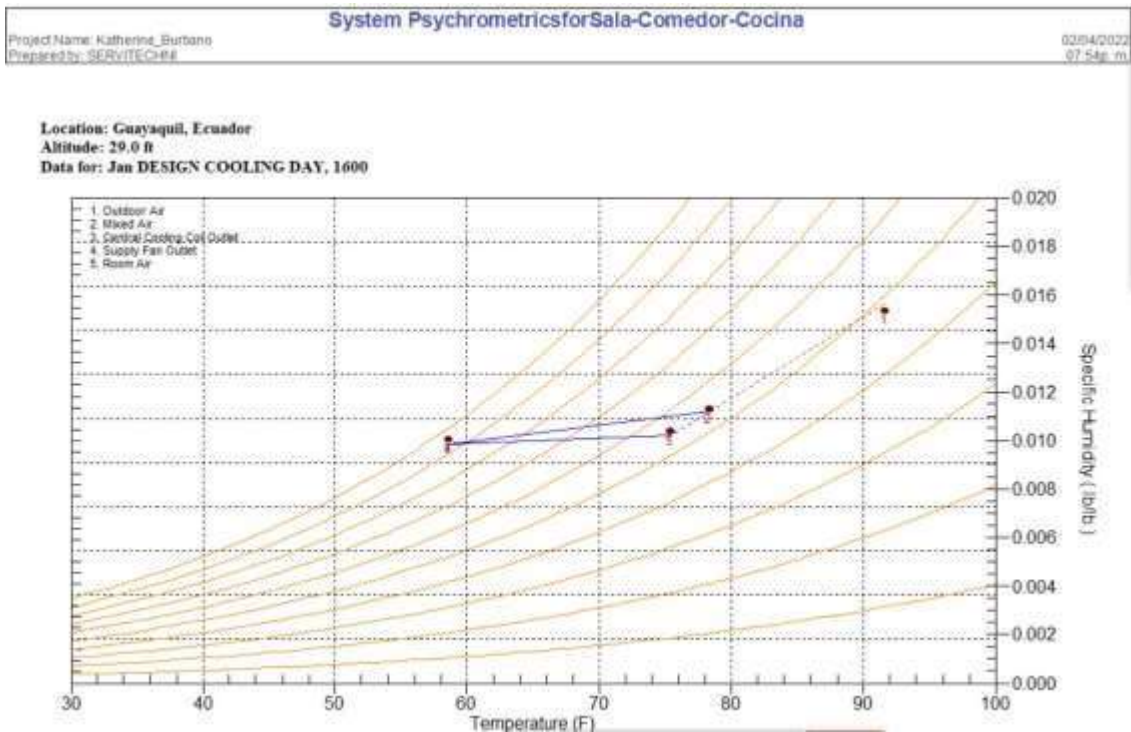


Tabla C. 4.17 Resumen del dimensionamiento de Habitación de Katherine del piso 2 [Elaboración propia]

Air System Sizing Summary for Hab. Katherine						
Project Name: Katherine_Burbano Prepared by: SERVITECHNI						02/04/2022 09:53p.m.
Air System Information						
Air System Name: Hab. Katherine		Number of zones: 1		Floor Area: 455.2 sqft		
Air System Type: Single Zone CAV		Location: Guayaquil, Ecuador				
Sizing Calculation Information						
Calculation Months: Jan to Dec		Calculation method: Transfer Function Method				
Central Cooling Coil Sizing Data						
Total coil load:	2.0 Tons	Load occurs at: Feb 1600		OA DB / WB: 92.0/76.0 F		
Total coil load:	23.8 MBH	Entering DB / WB: 75.3/63.4 F		Leaving DB / WB: 57.8/56.6 F		
Sensible coil load:	22.7 MBH	Coil ADP: 55.8 F		Bypass Factor: 0.100		
Coil airflow:	1198 CFM	Resulting RH: 52 %		Design supply temp: 58.0 F		
Sensible heat ratio:	0.951					
Area per unit load:	229.1 sqft/Ton					
Load per unit area:	52.4 BTU/(hr-sqft)					
Supply Fan Sizing Data						
Actual max airflow:	1198 CFM	Fan motor BHP: 0.10 BHP		Fan motor kW: 0.08 kW		
Standard airflow:	1197 CFM	Fan static: 0.30 in wg				
Actual max airflow per unit area:	2.63 CFM/sqft					
Outdoor Ventilation Air Data						
Design airflow:	29 CFM	Airflow per person: 14.50 CFM/person				
Airflow per unit floor area:	0.06 CFM/sqft					
Space Sizing Data						
Space Name	Maximum Cooling Sensible MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Hab. Katherine	20.7	1198	Feb 1600	0.2	455.2	2.63

Tabla 4.18 Resumen de carga de diseño del sistema de Habitación de Katherine para piso 2 [Servitechni]

System Design Load Summary for Hab. Katherine		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	09:53p. m.	

Zone Loads based on TFM	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Feb 1500			Design Heating Day		
	OA DB / WB 92 F / 76 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	455 sqft	6125	-	455 sqft	239	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1252	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1245 sqft	9349	-	1245 sqft	0	-
Overhead Lighting	414 W	1112	-	0 W	0	-
Electric Equipment	176 W	543	-	0 W	0	-
People	2	359	310	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1874	31	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	20614	341	-	239	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	1250	0	-	-116	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	29 CFM	535	836	29 CFM	89	1
Supply Fan Load	1198 CFM	266	-	1198 CFM	-266	-
>> Total System Loads	-	22665	1177	-	-54	1
Central Cooling Coil	-	22665	1179	-	0	0
>> Total Coil Loads	-	22665	1179	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Tabla C. 4.19 Resumen de carga de diseño de zona de Habitación de Katherine para piso 2 [Servitechni]

Zone Design Load Summary for Hab. Katherine		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	09:53p. m.	

Hab. Katherine	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Feb 1500			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	455 sqft	6189	-	455 sqft	239	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1248	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1245 sqft	9320	-	1245 sqft	0	-
Overhead Lighting	414 W	1132	-	0 W	0	-
Electric Equipment	176 W	547	-	0 W	0	-
People	2	368	310	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1880	31	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	20684	341	-	239	0

Tabla C. 4.20 Carta Psicométrica del ciclo de refrigeración para Habitación de Katherine para piso 2 [Elaboración propia]

Project Name: Katherine_Burbano Prepared by: SERVITECHNI	System Psychrometrics for Hab. Katherine	02/04/2022 09:53p.m.
---	---	-------------------------

Location: Guayaquil, Ecuador
Altitude: 29.0 ft
Data for: Feb DESIGN COOLING DAY, 1500

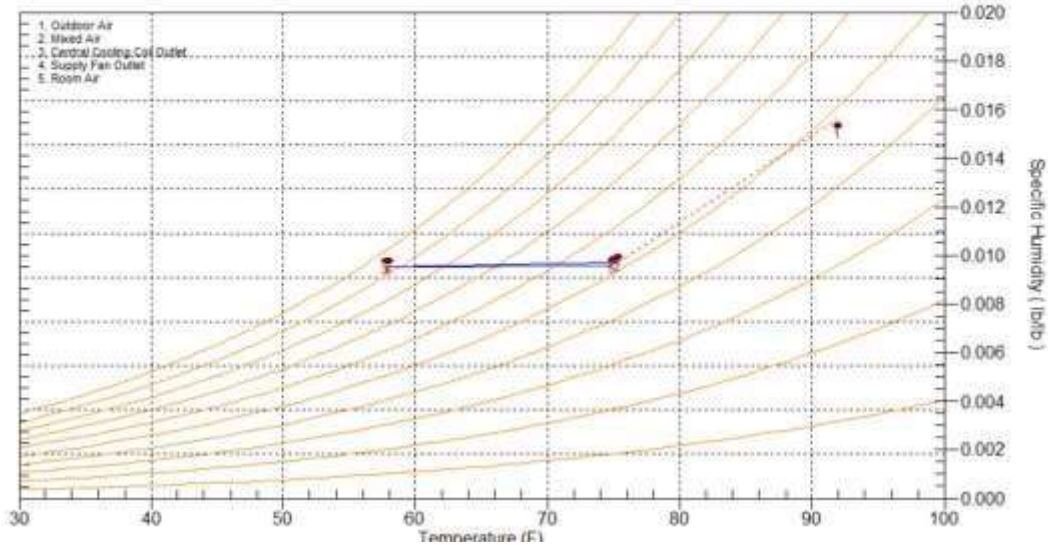


Tabla C. 4.21 Resumen del dimensionamiento de Habitación de José del piso 2 [Servitechni]

Air System Sizing Summary for Hab. José	02/04/2022 10:00p.m.
--	-------------------------

Project Name: Katherine_Burbano
 Prepared by: SERVITECHNI

Air System Information

Air System Name: Hab. José	Number of zones: 1
Air System Type: Single Zone CAV	Floor Area: 169.0 sqft
	Location: Guayaquil, Ecuador

Sizing Calculation Information

Calculation Months: Jan to Dec	Calculation method: Transfer Function Method
---------------------------------------	---

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load: 1.5 Tons	Load occurs at: Jan 1500
Total coil load: 18.4 MBH	OA DB / WB: 92.0/76.0 F
Sensible coil load: 17.6 MBH	Entering DB / WB: 75.1/63.6 F
Coil airflow: 976 CFM	Leaving DB / WB: 58.3/57.2 F
Sensible heat ratio: 0.959	Coil ADP: 56.5 F
Area per unit load: 110.4 sqft/Ton	Bypass Factor: 0.100
Load per unit area: 108.7 BTU/(hr-sqft)	Resulting RH: 53 %
	Design supply temp: 58.0 F

Supply Fan Sizing Data

Actual max airflow: 976 CFM	Fan motor BHP: 0.09 BHP
Standard airflow: 975 CFM	Fan motor kW: 0.06 kW
Actual max airflow per unit area: 5.77 CFM/sqft	Fan static: 0.30 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow: 21 CFM	Airflow per person: 21.00 CFM/person
Airflow per unit floor area: 0.12 CFM/sqft	

Space Sizing Data

Space Name	Maximum Cooling Sensible MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Hab. José	16.8	976	Feb 1600	0.1	169.0	5.77

Tabla C. 4.22 Resumen de carga de diseño del sistema de Habitación de José para piso 2 [Servitechni]

System Design Load Summary for Hab. José		
Project Name: Katherine_Burbano		02/04/2022
Prepared by: SERVITECHNI		10:00p. m.

Zone Loads based on TFM	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1500			Design Heating Day		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
	OA DB / WB 92 F / 76 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	169 sqft	2233	-	169 sqft	89	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1252	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1438 sqft	10800	-	1438 sqft	0	-
Overhead Lighting	154 W	413	-	0 W	0	-
Electric Equipment	128 W	395	-	0 W	0	-
People	1	180	155	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1527	16	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	16800	171	-	89	0
Thermostat and Pull-down Adjustment	-	205	0	-	-38	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	21 CFM	392	586	21 CFM	67	2
Supply Fan Load	976 CFM	217	-	976 CFM	-217	-
>> Total System Loads	-	17614	756	-	-100	2
Central Cooling Coil	-	17614	759	-	0	0
>> Total Coil Loads	-	17614	759	-	0	0
Key:	Positive values are ckg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are ckg loads		

Tabla C. 4.23 Resumen de carga de diseño de la zona de Habitación de José para piso 2 [Servitechni]

Zone Design Load Summary for Hab. José		
Project Name: Katherine_Burbano		02/04/2022
Prepared by: SERVITECHNI		10:00p. m.

Hab. José	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Feb 1500			Design Heating Day		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Thermostat Setpoint 74.0 F			Thermostat Setpoint 70.0 F		
Window and Skylight Solar Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	-	-
Wall Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Roof Transmission	169 sqft	2298	-	169 sqft	89	-
Window Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	455 sqft	1248	-	455 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	1438 sqft	10766	-	1438 sqft	0	-
Overhead Lighting	154 W	420	-	0 W	0	-
Electric Equipment	128 W	398	-	0 W	0	-
People	1	184	155	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	1531	16	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	16845	171	-	89	0

Tabla C. 4.24 Carta Psicrométrica del ciclo de refrigeración para Habitación de José para piso 2 [Elaboración propia]

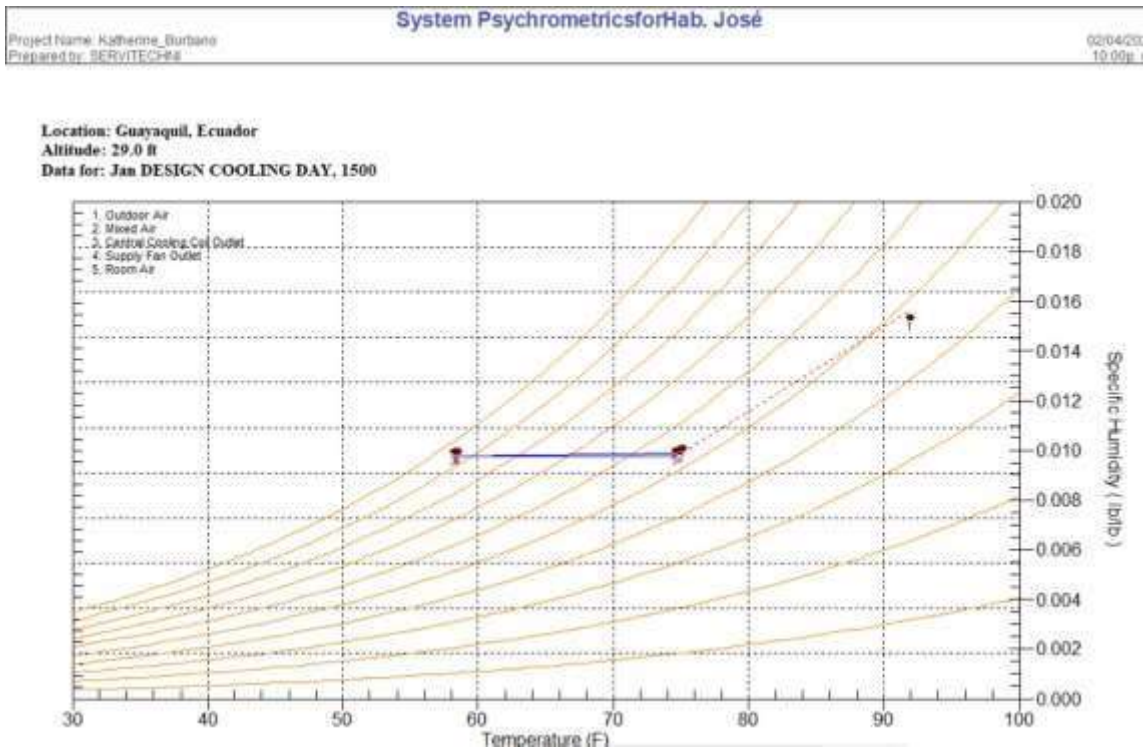


Tabla C. 4.25 Resumen del dimensionamiento de Habitación de Anthony del piso 2 [Servitechni]

Air System Sizing Summary for Hab. Anthony

Project Name: Katherine Burbano
Prepared by: SERVITECHNI 02/04/2022
10:12p. m.

Air System Information

Air System Name: **Hab. Anthony**
Air System Type: **Single Zone CAV**
Number of zones: **1**
Floor Area: **226.0** sqft
Location: **Guayaquil, Ecuador**

Sizing Calculation Information

Calculation Months: **Jan to Dec**
Calculation method: **Transfer Function Method**

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load:	2.7	Tons	Load occurs at:	Dec 1600
Total coil load:	32.2	MBH	OA DB / WB:	90.6/75.9 F
Sensible coil load:	31.4	MBH	Entering DB / WB:	74.9/63.4 F
Coil airflow:	1752	CFM	Leaving DB / WB:	58.3/57.2 F
Sensible heat ratio:	0.975		Coil ADP:	56.5 F
Area per unit load:	84.2	sqft/Ton	Bypass Factor:	0.100
Load per unit area:	142.5	BTU/(hr-sqft)	Resulting RH:	53 %
			Design supply temp:	58.0 F

Supply Fan Sizing Data

Actual max airflow:	1752	CFM	Fan motor BHP:	0.15	BHP
Standard airflow:	1750	CFM	Fan motor kW:	0.11	kW
Actual max airflow per unit area:	7.75	CFM/sqft	Fan static:	0.30	in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow:	22	CFM	Airflow per person:	22.00	CFM/person
Airflow per unit floor area:	0.10	CFM/sqft			

Space Sizing Data

Space Name	Maximum Cooling Sensible MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Hab. Anthony	30.2	1752	Jan 1600	0.6	226.0	7.75

Tabla C. 4.26 Resumen de carga de diseño del sistema de Habitación de Anthony para piso 2 [Servitechni]

System Design Load Summary for Hab. Anthony		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	10:12p. m.	

Zone Loads based on TFM	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Dec 1600			Design Heating Day		
	OA DB / WB 90.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	177 sqft	16899	-	177 sqft	-	-
Wall Transmission	11 sqft	159	-	11 sqft	14	-
Roof Transmission	226 sqft	2893	-	226 sqft	119	-
Window Transmission	177 sqft	2392	-	177 sqft	495	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	226 sqft	603	-	226 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	452 sqft	3292	-	452 sqft	0	-
Overhead Lighting	206 W	562	-	0 W	0	-
Electric Equipment	128 W	398	-	0 W	0	-
People	1	184	155	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	2738	16	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	30118	171	-	627	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	510	0	-	-362	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	22 CFM	377	641	22 CFM	53	4
Supply Fan Load	1752 CFM	390	-	1752 CFM	-390	-
>> Total System Loads	-	31395	812	-	-72	4
Central Cooling Coil	-	31395	813	-	0	0
>> Total Coil Loads	-	31395	813	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Tabla C. 4.27 Resumen de carga de diseño de la zona de Habitación de Anthony para piso 2 [Servitechni]

Zone Design Load Summary for Hab. Anthony		
Project Name: Katherine_Burbano	02/04/2022	
Prepared by: SERVITECHNI	10:12p. m.	

Hab. Anthony	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Jan 1600			Design Heating Day		
	OA DB / WB 91.6 F / 75.9 F			OA DB / WB 67 F / 56 F		
	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr	Details	Sensible BTU/hr	Latent BTU/hr
Window and Skylight Solar Loads	177 sqft	16615	-	177 sqft	-	-
Wall Transmission	11 sqft	157	-	11 sqft	14	-
Roof Transmission	226 sqft	3011	-	226 sqft	119	-
Window Transmission	177 sqft	2557	-	177 sqft	495	-
Skylight Transmission	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Door Loads	0 sqft	0	-	0 sqft	0	-
Floor Transmission	226 sqft	619	-	226 sqft	0	-
Partitions/Ceilings	452 sqft	3384	-	452 sqft	0	-
Overhead Lighting	206 W	562	-	0 W	0	-
Electric Equipment	128 W	398	-	0 W	0	-
People	1	184	155	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	2749	16	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	30235	171	-	627	0

Tabla C. 4.28 Carta Psicométrica del ciclo de refrigeración para Habitación de Anthony para piso 2 [Servitechni]

Location: Guayaquil, Ecuador
 Altitude: 29.0 ft
 Data for: Dec DESIGN COOLING DAY, 1600

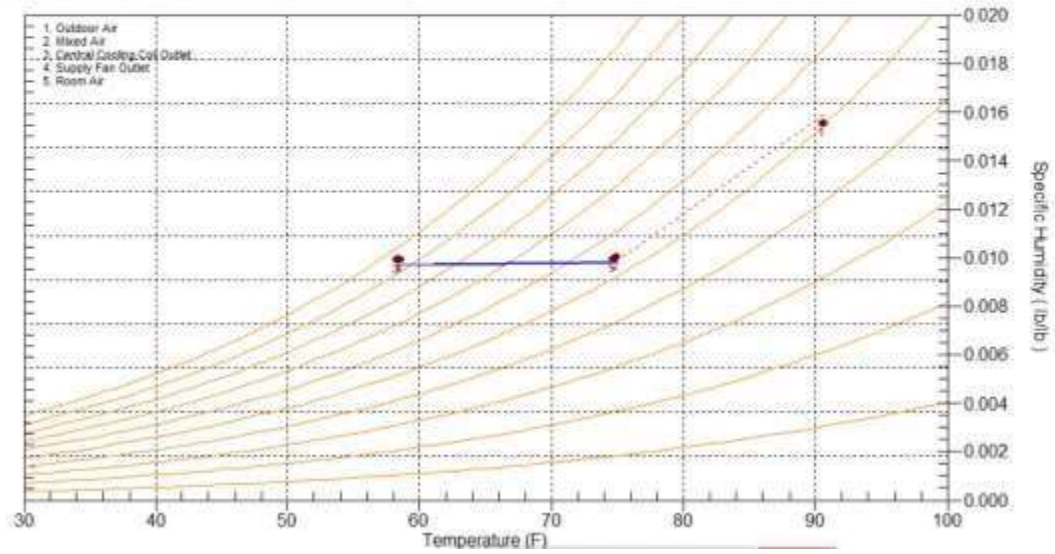
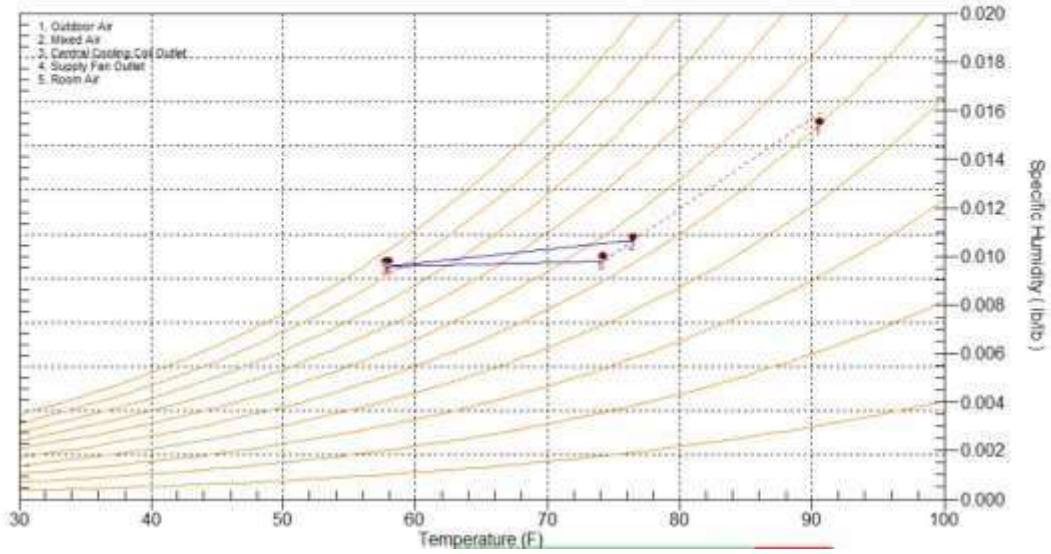


Tabla C. 4.29 Resumen del dimensionamiento de Pasillo del piso 2 [Servitechni]

Air System Sizing Summary for Pasillo						
Project Name: Katherine Burbano				02/04/2022		
Prepared by: SERVITECHNI				10:29p. m.		
Air System Information						
Air System Name: Pasillo		Number of zones: 1		Floor Area: 312.0 sqft		
Air System Type: Single Zone CAV		Location: Guayaquil, Ecuador				
Sizing Calculation Information						
Calculation Months: Jan to Dec		Calculation method: Transfer Function Method				
Central Cooling Coil Sizing Data						
Total coil load:	2.4 Tons	Load occurs at:	Dec 1400			
Total coil load:	28.3 MBH	OA DB / WB:	90.6/75.9 F			
Sensible coil load:	22.5 MBH	Entering DB / WB:	76.5/65.2 F			
Coil airflow:	1113 CFM	Leaving DB / WB:	57.8/56.7 F			
Sensible heat ratio:	0.794	Coil ADP:	55.7 F			
Area per unit load:	132.1 sqft/Ton	Bypass Factor:	0.100			
Load per unit area:	90.8 BTU/(hr-sqft)	Resulting RH:	54 %			
		Design supply temp:	58.0 F			
Central Heating Coil Sizing Data						
Max coil load:	0.4 MBH	Load occurs at:	Des Htg			
Coil airflow:	1113 CFM	Ent DB / Lvg DB:	69.6/69.9 F			
Load per unit area:	1.3 BTU/(hr-sqft)					
Supply Fan Sizing Data						
Actual max airflow:	1113 CFM	Fan motor BHP:	0.10 BHP			
Standard airflow:	1112 CFM	Fan motor kW:	0.07 kW			
Actual max airflow per unit area:	3.57 CFM/sqft	Fan static:	0.30 in wg			
Outdoor Ventilation Air Data						
Design airflow:	160 CFM	Airflow per person:	40.00 CFM/person			
Airflow per unit floor area:	0.51 CFM/sqft					
Space Sizing Data						
Space Name	Maximum Cooling Sensible Load MBH	Design Airflow CFM	Time of Peak Load	Maximum Heating Load MBH	Space Floor Area sqft	Space CFM/sqft
Pasillo	19.2	1113	Feb 1600	0.2	312.0	3.57

Tabla C. 4.32 Carta Psicométrica del ciclo de refrigeración para Pasillo para piso 2 [Servitechni]

Location: Guayaquil, Ecuador
Altitude: 29.0 ft
Data for: Dec DESIGN COOLING DAY, 1400



APENDICE D: PLANOS Y EQUIPOS

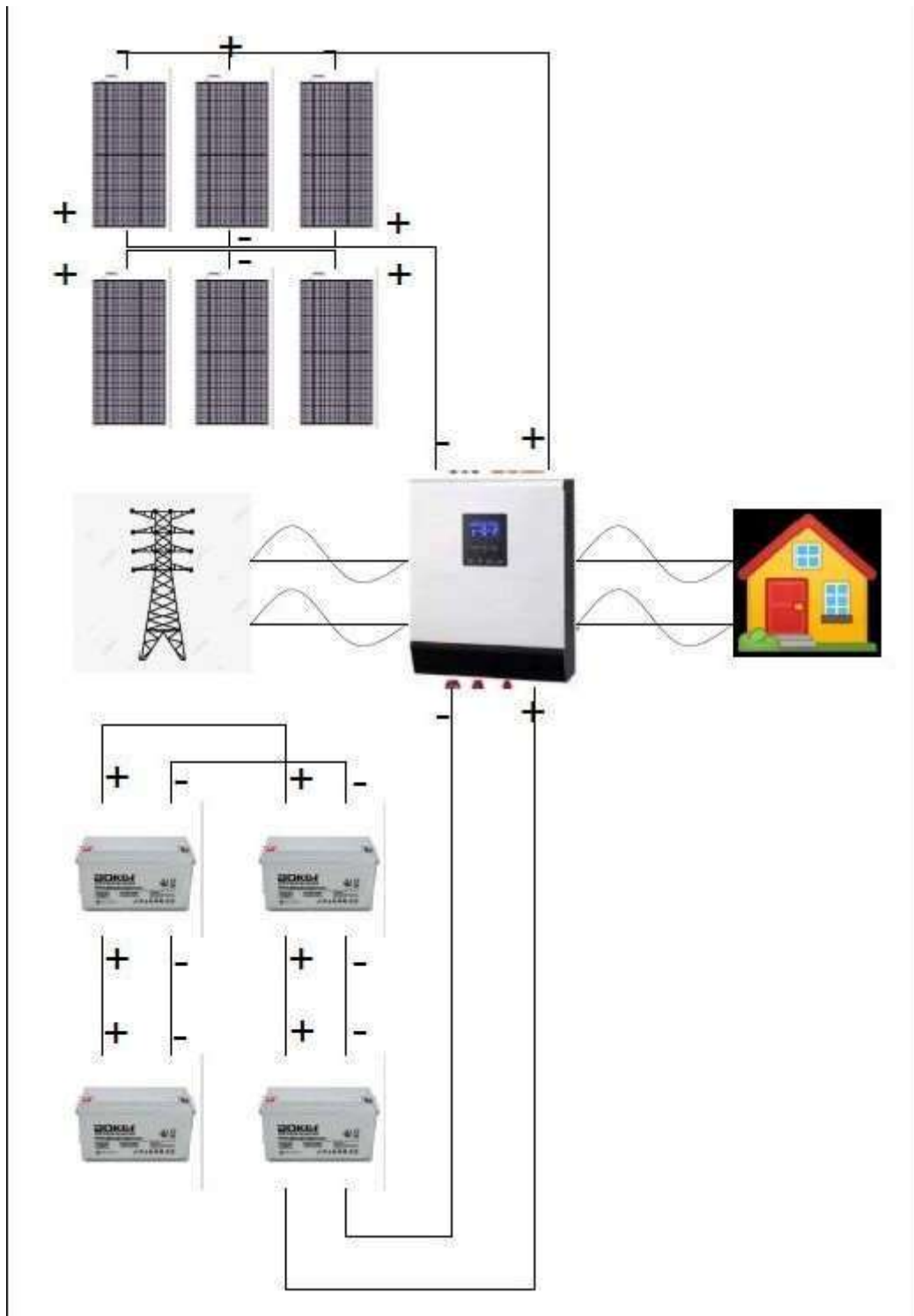
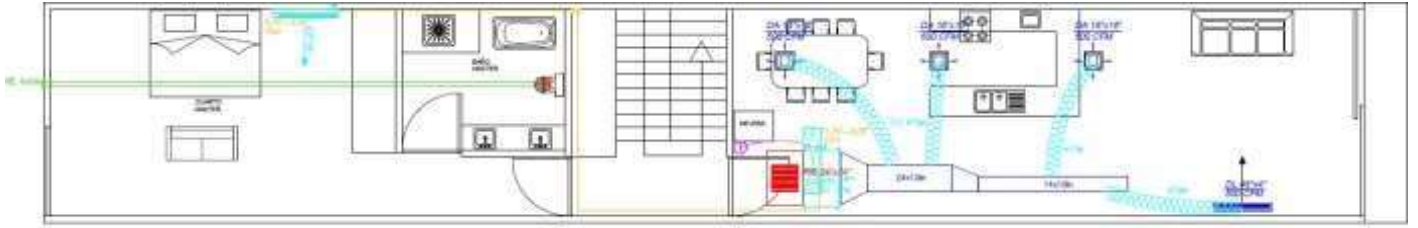


Figura D. 4.7 Esquema de conexión de sistema fotovoltaico



PISO 1 - K.B

**Figura D. 2 Plano de climatización Piso 1 – Dormitorio Master & Sala-Comedor-Cocina
[Elaboración propia]**



PISO 2 - K.B

**Figura D. 3 Plano de sistema de climatización Piso 2 – Dormitorio (1), (2), (3),
Pasillo, Baño Dormitorio, Baño General [Elaboración propia]**

APENDICE E: CATALOGOS

Catálogo Técnico Del Panel Solar

Tabla D. 4.33 Catálogo técnico de paneles solares [Elaboración propia]

ELECTRICAL CHARACTERISTICS STC*						
Nominal Power Watt Pmax(W)*	520	525	530	535	540	545
Power Output Tolerance Pmax(%)	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3
Maximum Power Voltage Vmp(V)	40.60	40.80	41.00	41.20	41.40	41.60
Maximum Power Current Imp(A)	12.82	12.88	12.94	13.00	13.05	13.11
Open Circuit Voltage Voc(V)	48.90	49.10	49.30	49.50	49.70	49.90
Short Circuit Current Isc(A)	13.54	13.60	13.66	13.72	13.78	13.84
Module Efficiency (%)	20.07	20.26	20.45	20.65	20.84	21.03

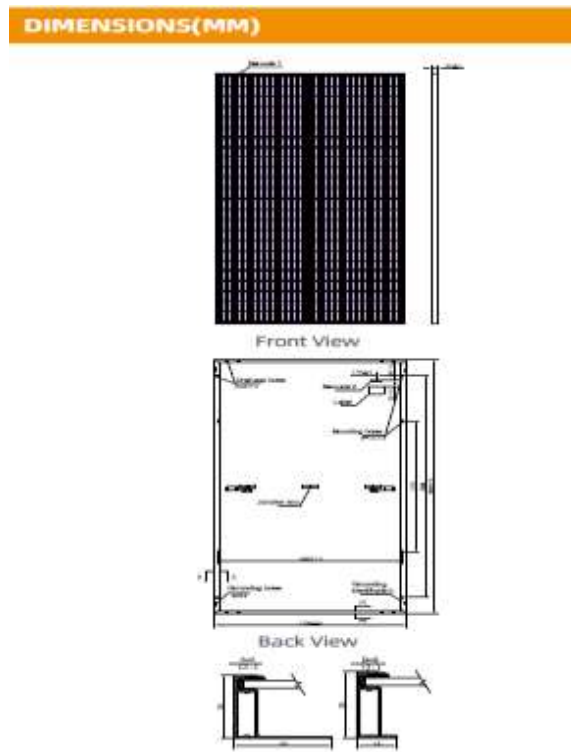
*STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, AM 1.5

*Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL CHARACTERISTICS NMOT*						
Maximum Power Pmax(Wp)	388.90	392.60	396.30	400.00	403.50	407.20
Maximum Power Voltage Vmpp(V)	37.80	38.00	38.20	38.30	38.50	38.70
Maximum Power Current Impp(A)	10.29	10.34	10.39	10.43	10.48	10.52
Open Circuit Voltage Voc(V)	45.70	45.90	46.10	46.20	46.40	46.60
Short Circuit Current Isc(A)	10.93	10.98	11.03	11.08	11.13	11.18

*NMOT(Nominal module operating temperature):Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C,AM 1.5,Wind Speed 1m/s

Tabla D. 4.34 Dimensiones de paneles solares [Elaboración propia]



Planilla eléctrica de equipos de climatización

Tabla D. 4.35 Planilla eléctrica de equipos de climatización [Elaboración propia]

PLANILLA ELECTRICA - SISTEMA HVAC (DX)									
CODIGO	DESCRIPCIÓN	MODELO	CAPACIDAD	MCA Amp	BREAKER Amp	VOLTAJE V/Ph/Hz	CONSUMO NI kW	CANTIDAD und	TOTAL PROYECTO kW
UC-36	Condensadora	YEFE36BY	36,000	16.83	40	220/1/60	3.71	3	11.13
UC-18	Condensadora	YHJE18Y	18,000	2.65	20-DOBLE	220/1/60	1.95	1	1.95
CP-18	Consola de pared	YHJE18X	18,000	0.30		220/1/60			
UC-36	Condensadora	YM9FC036	36,000	16.96	40-DOBLE	220/1/60	3.73	3	11.19
CP-36	Consola de pared					220/1/60			
FC-60	Fan Coil	YEFE60BX	60,000	3.01	20	220/1/60	0.64	2	1.28
TOTAL POTENCIA NOMINAL (KW)									25.55

Catálogo técnico de equipos de climatización:

Evaporadora Mini Split (CP) – 36kBTu/h & 24kBTu/h & 18kBTu/h

Tabla D. 4.36 Catálogo técnico de evaporadoras mini-split de 36, BTu/h, 24kBTu/h, 18kBTu/h [York]

Specification		YORK Set Model	YHJE12TDAMMORX	YHJE18TDAMMORX	YHJE24TDAMMORX
		YORK Outdoor Model	YHJE12YTDAMMO-X	YHJE18YTDAMMO-X	YHJE24YTDAMMO-X
		YORK Indoor Model	YHJE12XTDAMM-RX	YHJE18XTDAMM-RX	YHJE24XTDAMM-RX
Power supply by			Outdoor		
Power supply	Ph-V-Hz		1Ph - 220-240V - 60Hz		
Cooling	Capacity Rated(Min-Max)	Btu/h	10,000(2,537-12,000)	15,700(5,107-18,240)	21,200(6,068-23,020)
	Capacity Rated(Min-Max)	W	2,931(844-3,517)	4,601(1,407-5,346)	6,213(1,778-6,946)
	Power Input Rated(Min-Max)	W	813(130-1,250)	1,434(258-1,947)	1,936(305-2,374)
	Current Rated (Min-Max)	A	4.09(1.1-5.4)	6.49(1.5-8.5)	8.68(2.0-10.2)
	EER	W/W	3.21	3.21	3.21
	Energy level		A	A	A
Annual energy consumption	kWh	498.5	737.0	968.0	
Max. input consumption	W	1,600	2,645	3,460	
Max. current	A	7.5	11.5	13.5	
Compressor	Type		ROTARY	ROTARY	ROTARY
	Rated current(R/A)	A	5.05	7.50	8
	Refrigerant oil(oz)	ml	VG24170	VG24440	VG24450
Indoor fan motor	Power input	W	47.4	58.5	89.0
	Capacitor	µF	1.5	1.5	3
	Speed(RPM/L/s)	rpm	1,200/1,050/900	1,200/1,100/950	1,200/1,100/950
Indoor air flow (R/M/L/s)	m ³ /h	590/460/340	813/639/415	995/799/608	
Indoor sound pressure level (R/M/L/s)	dB(A)	39/35-5/31.5	43/37/31.5	45-5/40/32.5	
Indoor unit	Dimension (WxHxD)	mm	605x283x194	957x303x213	1,040x327x220
	Packing (WxHxD)	mm	870x365x270	1,035x385x295	1,120x405x315
	Net/Gross weight	kg	8.0/10.2	10.4/13.4	13.1/16.5
Outdoor fan motor	Power input	W	/	77.5	136.0
	Capacitor	µF	/	2.5	3
	Speed	rpm	850	860	100
Outdoor air flow	m ³ /h	1,300	2,000	3,100	
Outdoor sound pressure level	dB(A)	55	54	57	
Outdoor unit	Dimension (WxHxD)	mm	680x434x285	770x525x300	845x702x363
	Packing (WxHxD)	mm	795x500x345	900x625x348	965x775x395
	Net/Gross weight	kg	18.8/20.8	27.0/30.8	39.4/42.8
Refrigerant Type/Charge	kg	R-410A/1.57	R-410A/1.85	R-410A/1.36	
Refrigerant piping	Liquid side/ Gas side	mm	Ø6.35/Ø12.7	Ø6.35/Ø12.7	Ø9.14/Ø15.9
	Standard connection length	in	75	75	75
	Additional refrigerant charge	g/m	(length-75) x 15	(length-75) x 15	(length-75) x 30
	Max refrigerant pipe length	m	25	30	30
	Max. difference in level	m	10	20	20
Ambient temperature range (cooling)	°C	-15-50	-15-50	-15-50	
Application area	m ²	16-23	23-33	29-43	
Qty per 20' /40' /40'HQ	Set	124/267/300	86/180/208	64/136/146	

Normal testing conditions:
Cooling - Indoor 80.0°F DB / 66.9°F WB (26.7°C DB / 19.4°C WB) & Outdoor 95°F DB / 65.0°F WB (35.0°C DB / 18.9°C WB)

Evaporadora Fan Coil (FC) 60kBTu/h

Specification

YORK Set Model		YEFE18BZTM-MOW1	YEFE24BZTM-MOW1	YEFE36BZTM-MOW1	YEFE48BZTM-MSW1	
YORK Indoor Model		YEFE18BXTM-M-W1	YEFE24BXTM-M-W1	YEFE36BXTM-M-W1	YEFE48BXTM-M-W1	
YORK Outdoor Model		YUFE18BYTM-MO-X	YUFE24BYTM-MO-X	YUFE36BYTM-MO-X	YUFE48BYTM-MS-1	
Indoor Power supply	V-ph-Hz	220-230-1-60	220-230-1-60	220-230-1-60	220-230-1-60	
Outdoor Power supply	V-Ph-Hz	220-230-1-60	220-230-1-60	220-230-1-60	220-230-1-60	
Max. input consumption	W	2500	3500	5000	6250	
Max. current	A	11.5	16	24	30.5	
Cooling	Capacity	W	5260	6835	9980	13900
	Input	W	1814	2485	3629	4826
	Rated current	A	8.30	11.38	16.83	22.39
	EER	W/W	2.9	2.75	2.75	2.88
Indoor fan motor	Qty		1	1	1	1
	Input	W	163.0	253.0	253.0	640
	Capacitor	μF	3.5	5	8	20
	Speed(Hi/Med/Lo)	r/min	760/640/570	900/750/650	1050/750/650	1040/900/800
Indoor air flow (Hi/Med/Lo)	m ³ /h	903/773/666	1190/1030/870	1418/1218/1029	1691/1418/1202	
	Pa	25	25	37	50	
ESP	Range	Pa	0-100	0-160	0-160	
	Indoor noise level (Hi/Med/Lo)	dB(A)	44/41/38	41/38/36	49/42/40	55/52/48
Throttle type		Throttle valve	Throttle valve	Throttle valve	Throttle valve	
Indoor unit	Dimension (WxDxH)	mm	880x674x210	1100x774x249	1100x774x249	1200x874x300
	Packing (WxDxH)	mm	1070x725x270	1305x805x305	1305x805x305	1405x915x355
	Net/Gross weight	kg	24/29.8	32/41.0	34/41.2	47.8/56.8
Design pressure	MPa	4.2/1.5	4.2/1.5	4.2/1.5	4.2/1.5	
Drainage water pipe diameter	mm	OD φ 25	OD φ 25	OD φ 25	OD φ 25	
Refrigerant piping	Liquid side/ Gas side	mm	φ 6.35/φ 12.7(1/4"/1/2")	φ 9.52/φ 15.9(3/8"/5/8")	φ 9.52/φ 19(3/8"/3/4")	φ 9.52/φ 22(3/8"/7/8")
Controller		Wired control	Wired control	Wired control	Wired control	
Operation temperature	°C	17-30	17-30	17-30	17-30	
Room temperature	Cooling	°C	17-32	17-32	17-32	
	Qty' per 20' /40' /40'HQ	Indoor	120/264/297	77/161/184	77/161/184	62/139/149
Compressor	Type		ROTARY	ROTARY	ROTARY	
	Capacity	W	5155	7300	10150	14300
	Input	W	1660	2315	3310	4540
	Rated current(LRA)	A	7.35	10.25	15.5	25.1
	Locked rotor Amp(LRA)	A	41.9	62	86	138.0
	Thermal protector position		INTERNAL	INTERNAL	INTERNAL	INTERNAL
	Capacitor	μF	40.0	60	45	80
Refrigerant oil	ml	ESTEL OIL VG74/420	ESTER OIL VG74/700	PV 505/750	3MAF POE/1242	
Outdoor fan motor	Qty		1	1	1	2
	Input	W	136.0	136.0	270.0	164.0
	Capacitor	μF	3	3	10	3.5UF/450V
	Speed	r/min	930/830	930/830	830/780	815
Outdoor air flow	m ³ /h	2800	2800	5100	6500	
Outdoor noise level (sound pressure)	dB(A)	57	59	63	62	
Outdoor unit	Dimension(WxDxH)	mm	845x363x702	845x363x702	946x410x810	900x350x1170
	Packing (WxDxH)	mm	965x395x765	965x395x765	1090x500x875	1032x443x1307
	Net/Gross weight	kg	42.2/45.4	47.9/51.4	67.2/73	90.1/101.7
Refrigerant	Type		R410A	R410A	R410A	
	Charged volume	kg	1.2	1.35	2.5	3.4
Design pressure	MPa	4.2/1.5	4.2/1.5	4.2/1.5	4.2/1.5	
Refrigerant piping	Liquid side/ Gas side	mm	φ 6.35/φ 12.7(1/4"/1/2")	φ 9.52/φ 15.9(3/8"/5/8")	φ 9.52/φ 19(3/8"/3/4")	φ 9.52/φ 22(3/8"/7/8")
	Max. refrigerant pipe length	m	25	25	30	50
	Max. difference in level	m	15	15	20	30
Ambient temperature	Cooling	°C	18~43	18~43	18~43	18~43
	Qty' per 20' /40' /40'HQ (outdoor unit)		102/215/216	102/215/216	44/96/144	27/57/108

APENDICE F: RESUMEN DE MATERIALES

Resumen de costos de equipos para sistema de climatización por expansión directa (DX)

Tabla E. 4.37 Lista de cantidad y precio de equipos para sistema de climatización por expansión directa (DX) [Elaboración propia]

Suministro e Instalación de Equipos de climatización						
EQUIPOS						
<u>Equipos</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio</u> <u>dólares</u>	<u>Unitario</u>	<u>Precio</u> <u>dólares</u>	<u>Total</u>
UNIDAD EXTERIOR (DX)						
Unidad Condensadora UC-01, UC-02, 60.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, Descarga Vertical, R-410A	un	2.00	\$	1,336.00	\$	2,672.00
Unidad Condensadora UC-03, UC-04, UC-05, 36.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, Descarga Vertical R-410A	un	3.00	-		-	
Unidad Condensadora UC-06, 18.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, Descarga Vertical R-410A	un	1.00	-		-	
UNIDADES INETERIORES (DX)						
Unidad Evaporadora Fan Coil FC-60, 60.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, R-410A	un	2.00	\$	640.00	\$	1,280.00
Unidad Evaporadora Consola de Pared CP-36, 36.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, R-410A	un	3.00	\$	2,116.00	\$	6,348.00

Unidad Evaporadora Consola de Pared CP-18, 18.000 Btu/h, 220V/1Ph/60Hz, R-410A	un	1.00	\$ 784.00	\$ 784.00
VENTILACIÓN MECÁNICA				
Extractores de Baños 70CFM	un	3.00	\$ 35.00	\$ 105.00
ACCESORIOS				
Termostatos alambrados táctiles	un	2.00	\$ 80.00	\$ 160.00
COMUNICACIÓN Y CONTROL				
Actuador sincrónico para Extractores de Baño	un	2.00	\$ 40.00	\$ 80.00
SUB- TOTAL - EQUIPOS				\$ 11,429.00

Tabla E. 4.38 Lista de materiales para sistema de climatización por expansión directa (DX) [Elaboración propia]

<i>Materiales para la instalación</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>
INSTALACIÓN		
MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN		
Tubería de cobre 7/8" (FC)	mts	32.00
Tubería de cobre de 5/8" (CP)	mts	48.00
Tubería de cobre de 3/8" (FC&CP)	mts	80.00
Tubería de cobre 1/2" (CP)	mts	16.00
Tubería de cobre 1/4" (CP)	mts	16.00
Aislante de 7/8" x 1/2" (mangas 1,8mts)	mts	32.00
Aislante de 5/8" x 1/2" (mangas 1,8mts)	mts	48.00
Aislante de 3/8" x 1/2" (mangas 1,8 mts)	mts	80.00
SOLDADURA DE PLATA 5%	var	25.00
MATERIALES VARIOS (Codos, uniones, soldadura, Flejes, nitrógeno, válvula de carga, soportación de tubería de cobre, PVC para drenaje, rejillas de PVC, collarines, clavo, arandela, tornillos, tirafondo, tacos, etc.).	GL	1.00
REFRIGERANTE		
REFRIGERANTE R-410A	Lb	12.00
BASES - MATERIALES		
BASE DE CAUCHOS DE NEOPRENO PARA CONDENSADORAS UC-60, 60.000 BTU/H, 220V/1PH/60HZ, R-410A	un	2.00
BASE TIPO "L" PARA CONDENSADORAS UC-36, UC-18, 36.000 BTU/H, 18.000 BTU/H, 220V/1PH/60HZ, R-410A	un	4.00
DUCTOS Y MANGUERA FLEXIBLE		
FABRICACIÓN DE DUCTOS DE TOL GALVANIZADO SIN AISLAR, 0.5mm	Kg.	0.00
FABRICACIÓN DE DUCTOS DE TOL GALVANIZADO AISLADO CON DUCT WRAP, 0.5mm	Kg.	230.00
FABRICACIÓN DE DUCTOS DE TOL GALVANIZADO SIN AISLAR, 0.7mm	Kg.	0.00
FABRICACIÓN DE DUCTOS DE TOL GALVANIZADO AISLADO CON DUCT WRAP, 0.7mm	Kg.	0.00
FABRICACIÓN DE DUCTOS CON UNIONES TDC, 0.7mm	Kg.	0.00
ROLLO DE CINTAS DE ALUMINIO	un	12.00

ROLLO DE LANA DE VIDRIO AISLANTE (DUCT WRAP)	un	2.00
MANGUERA DE 10"	mt	30.00
REJILLAS Y DIFUSORES		
DIFUSOR CUADRADO 16"X16"	un	7
DIFUSOR LINEAL 48"X4"	un	1
REJILLA DE RETORNO CUADRADA 24"X24"	un	2
REJILLA DE DESCARGA 6"X6"	un	2