

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño y análisis de viabilidad de un sistema de climatización VRF híbrido
basado en energía solar para un edificio ubicado en la ciudad de
Guayaquil.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Danilo Wladimir Arévalo Chávez

Bryan Manuel Coello Limones

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a familia por el apoyo brindado durante mi carrera universitaria, a nuestro tutor PhD. Peralta Jaramillo Juan Manuel por la guía y ayuda dada en el desarrollo de este proyecto y a ESPOL por la formación de calidad brindada.

Bryan Manuel Coello Limones

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, Francisco y Janeth, quienes siempre me han apoyado a lo largo de mi vida en todo lo que me he propuesto, de igual manera a mis hermanos quienes siempre han confiado en mí y a mis amigos que hicieron de esta etapa universitaria los mejores años de mi vida.

Danilo Wladimir Arévalo Chávez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme su fuerza y su bendición para poder culminar este duro camino, a mis padres Jaime y Carmen por el apoyo incondicional brindado, por sus consejos ya que sin ellos nada de esto sería posible, a mis profesores por haber sido los guías que me permitieron desarrollar de manera exitosa este proceso, a mis tíos Javier, Sergio y Mercy por siempre estar dispuestos a ayudarme cuando más lo necesite y a AIRKKON por habernos dado la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Bryan Manuel Coello Limones

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado fuerzas a lo largo de mi vida y haberme guiado por un buen camino, a mi enamorada por siempre haber confiado en mí y haberme brindado su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria. A los profesores que hicieron posible el desarrollo de mi formación académica. De igual manera al PhD. Peralta Jaramillo Juan Manuel por su ayuda en este proyecto y sus consejos a lo largo de mi carrera universitaria.

Por último, agradezco de manera especial a mis compañeros de la empresa AIRKKON ECUADOR S.A. por haberme brindado la oportunidad de desempeñarme en el área de climatización.

Danilo Wladimir Arévalo Chávez

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Bryan Manuel Coello Limones y Danilo Wladimir Arévalo Chávez damos nuestro 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”



Bryan Manuel Coello
Limones



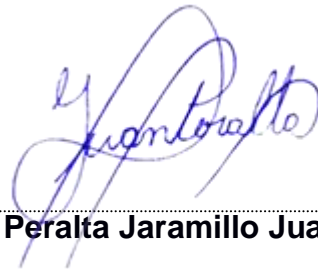
Danilo Wladimir Arévalo
Chávez

EVALUADORES



PhD. Emerita Alexandra Delgado Plaza

PROFESOR DE LA MATERIA



PhD. Peralta Jaramillo Juan Manuel

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En los últimos años se ha desarrollado un incremento en la temperatura ambiental debido al calentamiento global, en la ciudad de Guayaquil se ha alcanzado temperaturas promedio de 34 °C y alcanzando temperaturas picos de 38°C. El objetivo principal de este proyecto es de satisfacer la necesidad de un sistema de climatización para el bloque FCNM de la ESPOL, debido al alto consumo de energía de estos equipos, se vio la necesidad de implementar un sistema de volumen de refrigerante variable (VRF) híbrido basado en energía solar.

El proyecto consistió en dos partes, para el sistema de climatización se utilizó el método de ASHRAE conocido como diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento CLDT, se procedió a calcular las cargas térmicas del edificio. Se desarrolló una matriz de selección para elegir el tipo de ventilación mecánica, obteniendo como mejor solución un ventilador con recuperación de energía. 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, se procedió a calcular la generación de energía que producía el arreglo de paneles.

Se obtuvo una carga térmica de 76 Toneladas de refrigeración, se seleccionó 3 sistemas independientes VRF de la marca HISENSE, obteniendo un consumo energético de 86.3 kW de los equipos. Para el sistema híbrido se obtuvo 256 paneles solares de 375W de la marca Longi, que abastece en un 43,44% a la demanda total del sistema de climatización.

Se concluye que el sistema de climatización híbrido es rentable, obteniendo un VPN mayor a cero, producirá un ahorro de \$21.821,27 durante la vida útil del proyecto, además el proyecto logrará reducir las emisiones de CO₂ en 1734,82 Toneladas.

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

ABSTRACT

In recent years there has been an increase in environmental temperature due to global warming, in the city of Guayaquil it has reached average temperatures of 34 °C and reaching peak temperatures of 38 °C. The main objective of this project is to satisfy the need for an air conditioning system for the FCNM of ESPOL, due to the high energy consumption of these equipment, we saw the need to implement a hybrid variable refrigerant flow system (VRF) based on solar energy.

The project consisted of two parts, for the air conditioning system was used the ASHRAE method known as cooling load difference temperature, proceeded to calculate the thermal loads of the building. A selection matrix is developed to choose the type of mechanical ventilation, obtaining as best solution a fan with energy recovery. The hybrid system was then designed, for this was calculated the number of solar panels that could be installed on the terrace of the building, proceeded to calculate the generation of energy produced by the arrangement of panels.

A thermal load of 76 Tons of refrigeration was obtained, 3 independent VRF systems of the HISENSE brand was selected, obtaining an energy consumption of 86.3 kW of the equipment. For the hybrid system, 256 solar panels of 375W were obtained the Longi brand, which supplies 43.44% to the total demand of the air conditioning system.

It concludes that the hybrid air conditioning system is cost-effective, obtaining a VPN greater than zero, will produce a saving of \$21.821,27 over the life of the project, in addition the project manages to reduce CO2 emissions by 1734,82 Tons.

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

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Edificación.....	3
1.4.2 Condiciones Ambientales.....	4
1.4.3 Confort Térmico.....	4
1.4.4 Sistemas de climatización.....	4
1.4.5 Componentes básicos del ciclo del refrigerante.....	5
1.4.6 Sistema de Volumen de refrigerante variable.....	7
1.4.7 Sistemas híbridos basado en energía solar.....	8
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología	11
2.1 Proceso de diseño.....	11
2.2 Diseño del sistema de Climatización.....	12
2.2.1 Condiciones Ambientales.....	12
2.2.2 Condiciones de Confort térmico.....	12

2.2.3	Orientación Geográfica del edificio.....	13
2.2.4	Cálculo de carga térmica.....	13
2.3	Caracterización del potencial energético	22
2.3.1	Irradiación Solar.....	22
2.3.2	Irradiación incidente en los paneles.....	22
2.3.3	Pérdidas por orientación	24
2.4	Dimensionamiento del sistema de captación.....	26
2.4.1	Rendimiento del panel.....	26
2.4.2	Número de paneles.....	26
2.4.3	Distancia mínima entre paneles.....	27
2.4.4	Análisis de sombra.....	27
2.4.5	Potencia fotovoltaica del sistema.....	28
2.5	Análisis de alternativas.....	29
2.5.1	Sistema fotovoltaico.....	29
2.5.2	Sistema de climatización.....	32
2.5.3	Selección de la mejor alternativa.....	34
CAPÍTULO 3.....		36
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	36
3.1	Sistema de climatización	36
3.1.1	Carga térmica del edificio.....	36
3.1.2	Equipos de Climatización.....	37
3.1.3	Ventilación Mecánica.....	39
3.2	Análisis de sombra.....	40
3.3	Sistema híbrido.....	41
3.4	Análisis costo.....	42
3.4.1	Análisis de costo sistema de climatización.....	42
3.4.2	Costo del sistema híbrido.....	44
3.5	Análisis de factibilidad financiera	45
3.5.1	Ahorros	45
3.5.2	Amortización	46
3.5.3	Flujo de caja.....	47
3.5.4	TIR y VPN	48
CAPÍTULO 4.....		49
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	49

BIBLIOGRAFÍA
APÉNDICES

ABREVIATURAS

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

SIMBOLOGÍA

BTU	Unidades térmicas británicas de energía
Ton	Toneladas de refrigeración
gr	Gramo
ft	Pies
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatts hora
°F	Fahrenheit
°C	Celsius
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
lb/min	Flujo másico
CFM	Flujo de aire

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la edificación.....	3
Figura 1.2 Ciclo de Refrigeración.....	6
Figura 1.3 Esquema Bomba de calor-Heat Pump.....	7
Figura 1.4 Esquema Recuperación de calor-Heat Recovery.....	8
Figura 1.5- Componentes de un sistema fotovoltaico.....	9
Figura 2.1-Proceso de diseño.....	11
Figura 2.2-Orientación geográfica del edificio.....	13
Figura 2.3- Irradiación vs Meses.....	24
Figura 2.4- Pérdidas por orientación para un azimut de -18°	25
Figura 2.5- Pérdidas por orientación para un azimut de 0°	25
Figura 2.6- Distancia entre arreglos.....	27
Figura 2.7- Sistema fotovoltaico.....	28
Figura 2.8- Pérdidas por sombra.....	28
Figura 3.1-Análisis de sombra.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1-Condiciones Ambientales.....	12
Tabla 2.2-Condiciones Interiores.....	12
Tabla 2.3-Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento DTCE.....	15
Tabla 2.4-Coeficiente general de transferencia de calor U.....	15
Tabla 2.5-Corrección de latitud y mes.....	15
Tabla 2.6-Factor de ganancia máxima de calor solar.....	16
Tabla 2.7-Tabla Coeficiente de Sombreado.....	17
Tabla 2.8-Factores de carga de enfriamiento.....	17
Tabla 2.9-Carga térmica por iluminación.....	18
Tabla 2.10-Calor latente.....	19
Tabla 2.11-Equipos eléctricos.....	20
Tabla 2.12-Requisitos de ventilación para ocupantes.....	21
Tabla 2.13-Datos de irradiación directa mensual.....	22
Tabla 2.14-Valores de irradiación para diferentes ángulos de inclinación.....	23
Tabla 2.15- Matriz de Holmes.....	31
Tabla 2.16- Ponderación de parámetros.....	31
Tabla 2.17- Matriz de selección inversor fotovoltaico.....	32
Tabla 2.18- Matriz de Holmes.....	33
Tabla 2.19- Ponderación de parámetros.....	33
Tabla 2.20- Matriz de selección sistema de ventilación.....	34
Tabla 3.1- Cargas térmicas.....	36
Tabla 3.2- Equipos de climatización.....	37
Tabla 3.3- Consumo de equipos.....	38
Tabla 3.4- Ventilación mecánica.....	40
Tabla 3.5- Costo del sistema de climatización.....	43
Tabla 3.6-Ahorros.....	46
Tabla 3.7-Parámetros de amortización.....	47
Tabla 3.8-Tabla de amortización francesa.....	47
Tabla 3.9-Flujo de caja.....	48
Tabla 3.10-Indicadores.....	48

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO Diagrama unifilar del sistema de climatización- Sistema 1
PLANO Diagrama unifilar del sistema de climatización- Sistema 2
PLANO Diagrama unifilar del sistema de climatización- Sistema 3
PLANO Diagrama unifilar del sistema de climatización
PLANO Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico
PLANO Edificio FCNM Planta baja
PLANO Edificio FCNM Planta alta
PLANO Edificio FCNM Azotea

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En los últimos años a nivel planetario ha existido un aumento de la temperatura ambiental debido al calentamiento global, derivado a los gases de efecto invernadero. Respecto a esto, en diferentes partes del mundo se han alcanzado y registrado temperaturas récord superiores a los promedios históricos. De ahí que, Guayaquil no es la excepción, ya que en los últimos años se han alcanzado temperaturas promedio superiores a los 34. °C, y se espera que esta situación empeore llegando a tener un clima similar al de Naipyidó, en donde se pueden alcanzar temperaturas mayores a 38°C (Jean-Francois Bastin, 2019).

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 alto hace necesario el uso de sistemas de climatización, los cuales representan un costo elevado de consumo energético, mantenimiento y operación. Por otra parte, la climatización de edificaciones es un aspecto fundamental para el mejoramiento de las condiciones higrotérmicas, de calidad del aire, de iluminación y acústicas, contribuyendo de forma directa a la seguridad ocupacional y salud pública. Por ende, es necesario buscar un equilibrio desde el punto de vista técnico, social y ambiental para el desarrollo de sistemas de climatización que consideren criterios de sostenibilidad y contribuyan a la resiliencia urbana en base a lo establecido en los objetivos de desarrollo sostenible.

1.2 Justificación del problema

En últimos años el incremento de la temperatura ambiental derivado al cambio climático ha provocado en los sectores urbanos un incremento en las necesidades de climatización, por ende, los sistemas de climatización deben ser renovados o reemplazados para cumplir las condiciones de confort térmico. En este escenario la ciudad de Guayaquil posee un clima tropical mega térmico seco en cualquier época

del año con una media anual histórica de temperatura de 25.2°C y debido al calentamiento global, en los últimos años, este valor ha incrementado alcanzando los 26.2°C como valor medio anual y temperaturas máximas de 34.8°C; dicho incremento de temperatura representa un riesgo para la salud y una reducción del desempeño de actividades humanas (laboral, educativo, entre otros) que se puede traducir en pérdidas económicas y afectaciones a la salud ocupacional. En esta perspectiva, se hace necesario la implementación de sistemas de climatización que garanticen condiciones térmicas óptimas que permitan obtener el máximo confort térmico posible. Sin embargo, estas mejoras producen un incremento en el consumo eléctrico de los sistemas de climatización. Precisamos, antes que nada, que Guayaquil es la ciudad de mayor consumo energético del país, en donde el 14.30% de consumo eléctrico residencial corresponde a climatización. (CONELEC)

Ahora bien, la matriz energética del Ecuador se basa en combustibles fósiles e hidroenergía, sin embargo, el plan nacional de desarrollo establece la necesidad de migrar a una matriz sostenible que permita la integración de fuentes renovables de energía. En este marco los sistemas de climatización son ideales para el fomento y desarrollo de aplicaciones de energía renovables bajo el contexto de sistemas híbridos de energía.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de climatización de flujo de refrigerante variable híbrido basado en energía solar, mediante la aplicación de normas ASHRAE y estándares de Ingeniería.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Definir los estándares de confort térmico de las personas para el dimensionamiento del sistema.
2. Calcular las cargas térmicas producidas en el edificio empleando criterios de climatización.
3. Diseñar el sistema de climatización de flujo de refrigerante variable, empleando normas ASHRAE.

4. Dimensionar el sistema fotovoltaico por medio del análisis de recurso solar y demanda eléctrica.
5. Comparar la viabilidad del sistema VRF híbrido con el sistema VRF convencional por medio de un análisis de variables de ingeniería.

1.4 Marco teórico

El presente proyecto consiste en realizar un sistema de climatización híbrido para un edificio ubicado en la ciudad de Guayaquil, por lo que se debe considerar ciertos conceptos que involucran a los sistemas de climatización y los sistemas híbridos basado en energía solar.

1.4.1 Edificación

La edificación seleccionada para la realización el presente proyecto es el bloque 9B perteneciente al campus Prosperina de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el edificio está constituido por dos plantas con un área de construcción de 30 x 28.4 m. Al encontrarse ubicado en bosque seco tropical posee un microclima tropical mega térmico seco a semihúmedo, con una temperatura promedio anual de 24.9°C y una temperatura máxima de 34.7°C (datos tomados de la estación de meteorológica FIMCP).



Figura 1.1 Ubicación geográfica de la edificación (Google earth)

1.4.2 Condiciones Ambientales

Se debe considerar diferentes parámetros para un diseño adecuado de un sistema de climatización, parámetros como: 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 34.7 °C, (dato tomado de la estación de meteorológica FIMCP) establecido como la media máxima anual.
- La humedad relativa es la presencia de vapor de agua en cierta cantidad de aire, correspondiente a una media máxima anual de 85% para la ubicación del edificio (Instituto Nacional de Meteorología e 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 término confort térmico está relacionado con los parámetros que intervienen para que una persona tenga una sensación de satisfacción, en el medio en el que se encuentra. La ASHRAE establece que para un confort térmico la temperatura de bulbo seco debe estar entre los rangos de 21°C a 28°C con una humedad relativa del 30% al 70% (ANSI-ASHRAE, 2010).

1.4.4 Sistemas de climatización

Los sistemas de climatización de acuerdo con la aplicación se pueden clasificar en:

-Sistemas aire-aire. Los sistemas aire-aire son los más comunes que encontramos en viviendas, oficinas, etc. El intercambio de calor de estos sistemas es con el aire ya sea para la unidad exterior e interior. Estos sistemas son los de Expansión Directa, Sistemas tales como Split, Multi Split, y los sistemas de Volumen de Refrigerante Variable VRF (ASHRAE, 2010).

-Sistemas aire-agua. Los sistemas aire-agua son sistemas que utilizan el agua como componente principal en la unidad interior, sea utilizado para refrigerar o calefacción. Las unidades interiores pueden ser fancoil, unidades tipo paquete de agua, conectados a un chiller enfriado por aire en la unidad exterior (ASHRAE, 2010).

-Sistemas agua-agua. Los sistemas todo agua, utilizan el agua para la condensación en la unidad exterior y la evaporación en la unidad interior. A diferencia de los sistemas aire-agua, a este sistema se le emplea una torre de enfriamiento, la ventaja de estos sistemas respecto a los otros es que se puede obtener temperaturas más bajas. Una de las desventajas de emplear estos sistemas, es que son sistemas más costosos en comparación a los otros (ASHRAE, 2010).

Para este proyecto se considera un sistema basado en todo aire, ya que es el adecuado para un edificio administrativo

1.4.5 Componentes básicos del ciclo del refrigerante

El sistema de refrigeración por compresión es el empleado en la mayoría de los sistemas de climatización, el ciclo del refrigerante se lleva a cabo en las siguientes etapas, ver figura 1.2:

-Válvula de expansión. En la primera etapa el líquido refrigerante en estado líquido a alta presión pasa por la válvula en el cual la presión del líquido se reduce hasta la presión de evaporación de la siguiente etapa,

una parte del líquido se evapora para llegar a la temperatura de evaporación (ASHRAE, 2010).

-Evaporador. En esta etapa el líquido refrigerante adsorbe calor del espacio a climatizar ocasionando que este se enfríe. El líquido refrigerante al ganar calor del medio circundante produce que cambie su estado a Gaseoso (ASHRAE, 2010).

-Compresor. En esta etapa el compresor aspira el vapor a baja temperatura y presión del evaporador, y este aporta energía al refrigerante consecuente de esto el refrigerante eleva su temperatura y aumenta su presión. Se obtiene vapor a altas temperaturas y presiones altas (ASHRAE, 2010).

-Condensador. En el condensador el vapor refrigerante cede calor al medio circundante, ocasionando que el vapor se condense y su temperatura baje. El líquido obtenido llega a la válvula de expansión y se repite el ciclo (ASHRAE, 2010).

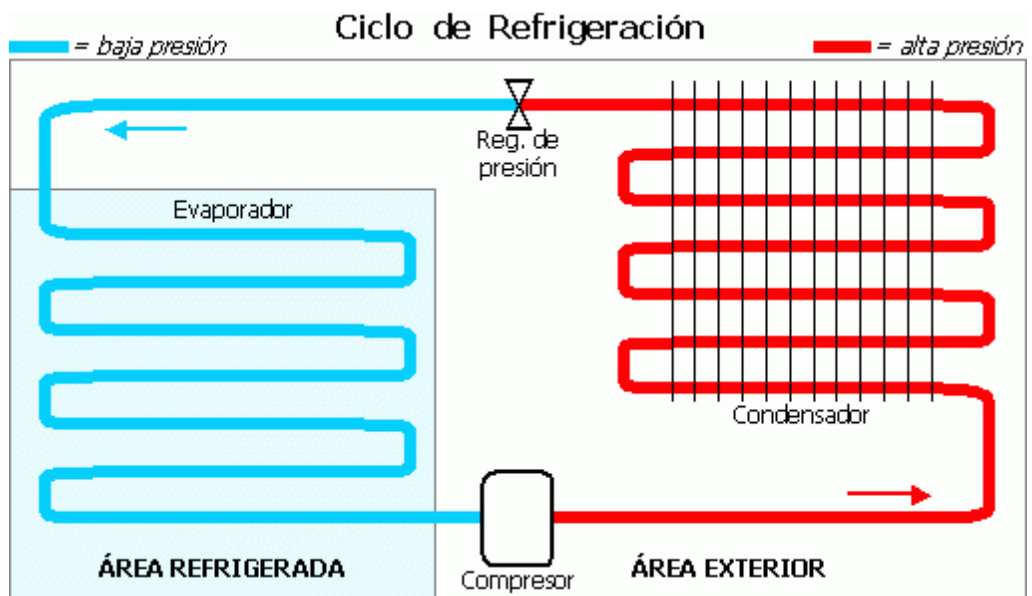


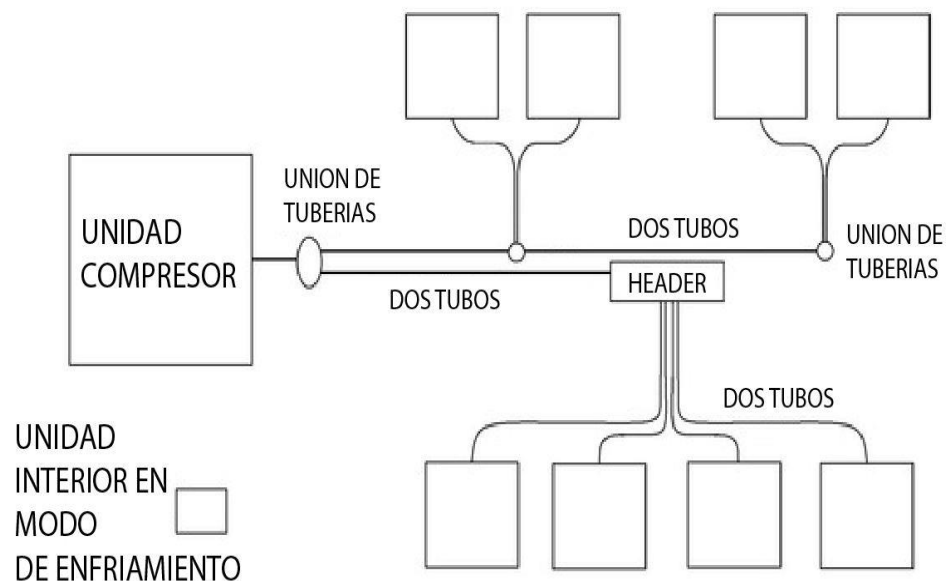
Figura 1.2 Ciclo de Refrigeración (ASHRAE, 2010).

1.4.6 Sistema de Volumen de refrigerante variable

Los sistemas de Volumen de refrigerante variable o más conocido por sus siglas en inglés VRF, consisten en una unidad exterior que por medio del aire exterior se encarga de condensar el líquido refrigerante para así distribuirlo a las diferentes unidades interiores, por medio de las válvulas de expansión electrónicas, este sistema regula la cantidad de refrigerante que necesita cada unidad interior. La ventaja principal de este sistema en comparación con los Split, es que el sistema VRF permite conectar una unidad exterior a más de dos unidades interiores que funcionan de manera independiente, lo que implica un ahorro energético en comparación a los otros sistemas (ASHRAE, 2020).

Los sistemas VRF se clasifican en 2 tipos básicos:

-Bomba de calor (Heat Pump): Este sistema de aire acondicionado reversible, es capaz de cambiar la dirección del flujo de refrigerante, para suministrar calor o frío según el espacio lo requiera. Las unidades interiores funcionan todas en el mismo modo, es decir o solo frío o solo calefacción, ver figura 1.3 (ASHRAE, 2020).



Nota: Todas las unidades interiores funcionan en modo calefacción o refrigeración.

Figura 1.3 Esquema Bomba de calor-Heat Pump (ASHRAE, 2020).

-Recuperación de calor (Heat Recovery): El sistema de recuperación de calor tiene el mismo principio de un sistema de bomba de calor, a diferencia que este sistema puede proporcionar calefacción y refrigeración al mismo tiempo. Este sistema aprovecha la energía transferida de un espacio interior a otra zona, según el requerimiento que se necesite, sea para generar calor o frío. Para eso se añade una unidad de control de recuperación de calor, más conocido por su nombre en inglés como Branch controller, Branch box, ver figura 1.4 (ASHRAE, 2020).

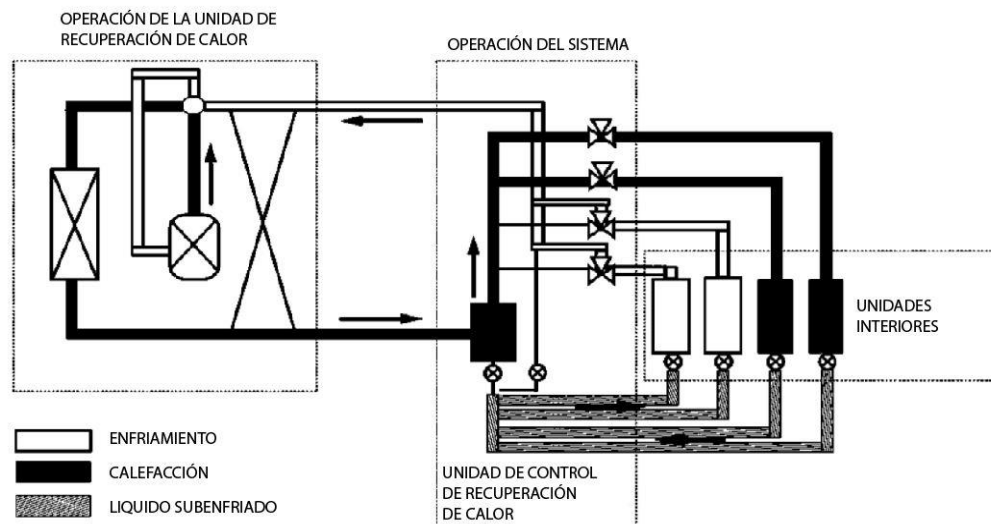


Figura 1.4 Esquema Recuperación de calor-Heat Recovery (ASHRAE, 2020).

1.4.7 Sistemas híbridos basado en energía solar

Debido a las fluctuaciones de la radiación solar, una fuente de alimentación basada en sistemas fotovoltaicos demandaría una gran cantidad de baterías y un gran número de paneles solares, haciendo que los costos incrementen, por lo que el uso de sistemas híbridos es una alternativa más económica tal como fue demostrado en el estudio realizado en los Alpes alemanes y austriacos. Mediante el análisis de más de 30 cabañas de descanso y para esquiadores, se concluyó que los sistemas híbridos son una solución más económica para suministrar energía a edificios, pero no

solo por las condiciones ambientales presentes en dichas ubicaciones. Este estudio se replicó en México y como resultado se determinó que al utilizar una fracción de energía solar mayor al 80% el sistema era inviable económicamente (A. Goetzberger).

1.4.7.1 Componentes de un sistema fotovoltaico

El sistema de generación híbrido está formado por paneles fotovoltaicos los cuales se pueden conectar en serie o en paralelo. Teóricamente todos los paneles fotovoltaicos trabajan bajo las mismas condiciones de voltaje y corriente, pero por condiciones ambientales como una nube, diferencias en el proceso de fabricación o deterioro esto no se cumple, por lo que es necesario proteger al sistema con diodos, fusibles, interruptores u otro tipo de protecciones (Alfredo Barriga, 2014).

En general el sistema fotovoltaico está formado por 4 componentes principales: Panel fotovoltaico, inversor, regulador, batería, como se muestra en la figura 1.5.

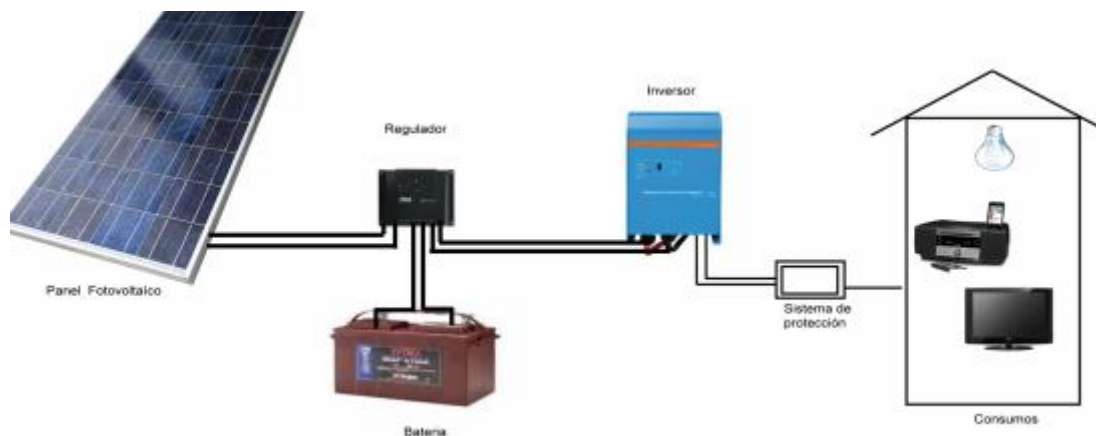


Figura 1.5- Componentes de un sistema fotovoltaico (Alfredo Barriga, 2014).

-Panel fotovoltaico. Están constituidos de materiales ópticos capaces de captar la energía solar, los valores más comunes de potencia son entre 50 W a 350 W y esto depende del número de celdas que posean, por lo general se agrupan en configuraciones en serie o paralelo con el fin de obtener la potencia deseada; los

paneles fotovoltaicos se pueden agrupar en 3 grupos: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo (Alfredo Barriga, 2014).

-Inversor. Los paneles solares generan corriente de tipo directa por lo cual si se desea interconectar a la red primero es necesario convertir la corriente a alterna, dicho trabajo lo realiza el inversor, aunque actualmente los inversores poseen eficiencias que rodean el 95%, inclusive llegando al 99%, poseen un deterioro rápido de sus componentes, lo que produce que tengan tiempos de vidas cortos (3 a 10 años) , por lo que durante el tiempo de vida de una instalación fotovoltaica será necesario repararlos o modificarlos 2 o 3 veces (Mario Arturo Gonzáles García, 2019).

-Regulador. Como su nombre lo indica se encarga de regular las sobrecargas que pueden existir en el sistema, ya que estas pueden causar deterioro en las baterías recortando su vida útil; el funcionamiento del regulador es sencillo, cuando detecta sobre carga corta la carga del generador fotovoltaico, por lo contrario si la batería se encuentra por debajo del valor de sobre descarga, corta el suministro, otras de las funciones que realiza el regulador es evitar que la corriente regrese al generador fotovoltaico durante la noche mediante el uso de diodos y regular las variaciones de tensión a partir de la temperatura (Alfredo Barriga, 2014).

-Batería. Se encarga de almacenar la energía que no está siendo usada por el consumidor, los sistemas fotovoltaicos al depender de las condiciones ambientales necesitan almacenar energía durante los periodos de carga, con el fin de abastecer durante los periodos en donde el sistema no genera energía; en el caso de los sistemas híbridos el uso de baterías no es necesario debido a que durante los periodos donde no se genere carga la energía provendrá de la red (Alfredo Barriga, 2014).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Proceso de diseño

En la figura 2.1 se muestra el proceso de diseño utilizado para el desarrollo del proyecto.

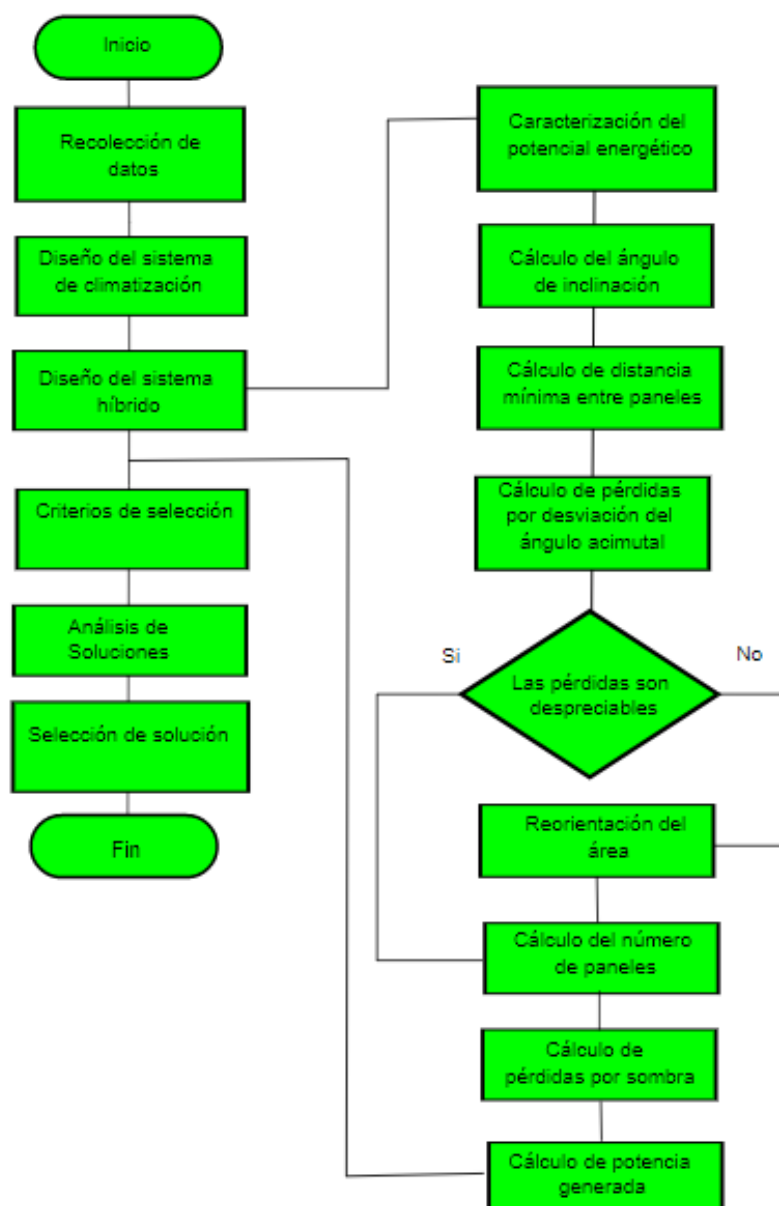


Figura 2.1-Proceso de diseño

2.2 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), por lo que es necesario conocer ciertos parámetros como condiciones ambientales, condiciones de confort térmico, ubicación del edificio, características de la edificación, entre otros los cuales se presentara a continuación.

2.2.1 Condiciones Ambientales

Se define las condiciones ambientales para la ubicación de este proyecto en la siguiente tabla, datos tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014:

Tabla 2.1-Condiciones Ambientales.

CONDICIONES AMBIENTALES	
TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)	34.7
HUMEDAD RELATIVA (%)	85
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa)	1015
ELEVACIÓN (ft)	13.2

2.2.2 Condiciones de Confort térmico

Se establece las condiciones interiores de diseño basándose en la norma Condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana [1]:

Tabla 2.2-Condiciones Interiores

CONDICIONES INTERIORES	
TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)	22
HUMEDAD RELATIVA (%)	55

2.2.3 Orientación Geográfica del edificio

El edificio de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas está ubicado a una latitud Sur: -2.147155 y longitud: -79.967197.

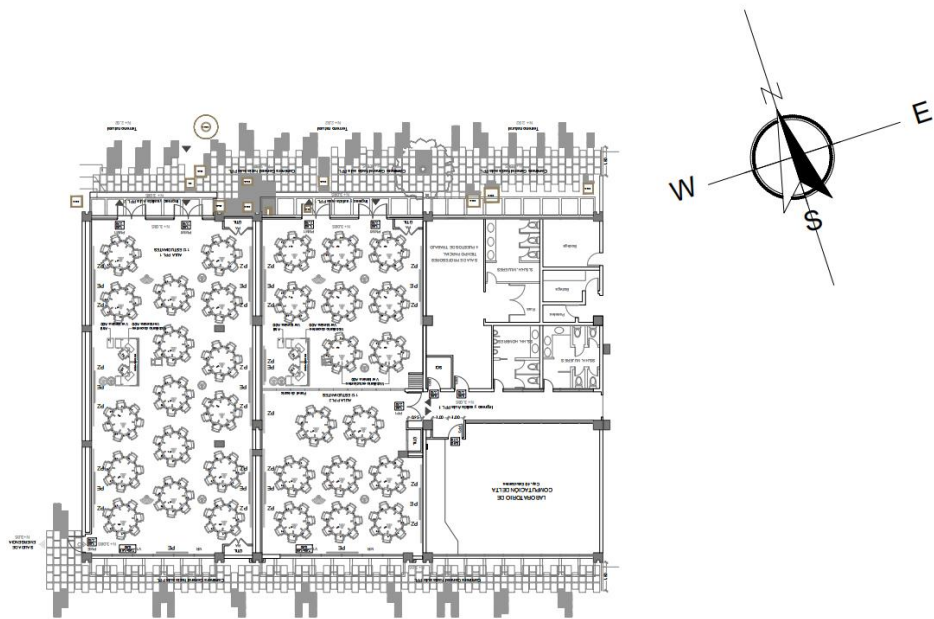


Figura 2.2-Orientación geográfica del edificio.

2.2.4 Cálculo de carga térmica

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

1. Conducción de calor a través de estructura exteriores (paredes, techo, vidrios).
2. Radiación solar a través de las ventanas.
3. Iluminación.
4. Personas
5. Equipos Eléctricos
6. Infiltración o suministro de aire exterior.

Los puntos del 1 al 3 involucra una ganancia de calor sensible es decir implica un aumento en la temperatura, y los puntos 4 a 6 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. [2]

2.2.4.1 Carga térmica a través de Estructuras 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 del recinto, se considera el mes de marzo a las 12AM. 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:

$$Q = U * A * DTCE_e \quad \text{ec (2.1)}$$

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]

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_R) + (t_o - 85)]f \quad \text{ec (2.2)}$$

Donde:

DTCE_e= Valor corregido de DTCE

LM= Corrección para latitud y mes

K=Corrección debido al color de la superficie,

K = 1 para estructuras de color oscuro

K = 0.50 para techos de color claro

K = 0.65 para estructuras de color claro

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 recinto [°F] , t_R = 71,6°F

t_o= Temperatura de diseño exterior [°F] t_o = 94.46°F

Tabla 2.3- Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento DTCE [2]

	HORA SOLAR, H																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Orientación de Pared	PAREDES GRUPO E																								
	N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14
	NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15
	E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17
	SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17
	S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	34	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17
	SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26
	W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	

Tabla 2.4-Coeficiente general de transferencia de calor U [2]

Grupo	Descripción de la construcción	Peso, (lb/ft ²)	U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
F	Bloque de 4 in + espacio de aire	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
D	Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3

Tabla 2.5- Corrección de latitud y mes [2]

Latitud	Mes	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE			
		N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5

2.2.4.2 Radiación solar a través de las ventanas

La radiación del sol genera una ganancia de calor a través de las ventanas. Esta ganancia varía con respecto a la orientación, la hora y el material de la ventana, estos factores que intervienen en el cálculo se los observa en la tabla 2.6, 2.7, 2.8. Se determina mediante la ecuación 2.3:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE \quad \text{ec (2.3)}$$

Q = Ganancia de calor a través del vidrio [Btu/h]

$FGCS$ = Factor de ganancia máxima de calor solar [BTU/h-ft²]

A = Área de la ventana [ft²]

CS = Coeficiente de sombreado

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el vidrio

Tabla 2.6- Factor de ganancia máxima de calor solar [2]

0 GRADOS										
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SEE			
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
Enero	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Febrero	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Marzo	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abril	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
Mayo	113	164	203	218	201	154	80	37	37	255
Junio	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Julio	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agosto	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Septiembre	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Octubre	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Noviembre	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Diciembre	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

Tabla 2.7-Tabla Coeficiente de Sombreado [2]

Tipo de Vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro	Transmisión solar	Sin Sombreado interior
Vidrio Sencillo			
Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1
Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94
Claro	3/8	0.72	0.9
Claro	1/2	0.67	0.87
Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83

Tabla 2.8- Factores de carga de enfriamiento [2]

Ventana viendo hacia el	Construcción del recinto	Hora solar, h
		12
N	L	0.76
	M	0.7
	H	0.69
NE	L	0.36
	M	0.33
	H	0.31
E	L	0.42
	M	0.39
	H	0.36
SE	L	0.57
	M	0.51
	H	0.48
S	L	0.59
	M	0.52
	H	0.51
SW	L	0.24
	M	0.23

	H	0.25
W	L	0.14
	M	0.14
	H	0.16
NW	L	0.17
	M	0.17
	H	0.19
HORA	L	0.66
	M	0.59
	H	0.59

2.2.4.3 Carga térmica por Iluminación

La iluminación del área a climatizar genera una ganancia de calor para el recinto, para determinar esta ganancia de calor debido a iluminación se considera la densidad de potencia de iluminación para universidades que es de 0.81 W/ft², se utiliza la ecuación 2.4 para calcular esta ganancia:

$$Q = 3.4 * LPD * A \quad \text{ec (2.4)}$$

Donde:

Q = Ganancia de calor debido a iluminación BTU/h

LPD = Densidad de potencia de iluminación W/ft²

A = Área del recinto ft²

Tabla 2.9-Carga térmica por iluminación [2]

TIPO DE ÁREA DE CONSTRUCCIÓN	LPD, W/ft ²
Centro de convenciones	0.76
Dormitorio	0.61
Hospital	1.05
Universidad	0.81
Oficina	0.79
Museo	1.06

2.2.4.4 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:

$$Q_s = q_s * n \quad \text{ec (2.5)}$$

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 fórmula:

$$Q_l = q_l * n \quad \text{ec (2.6)}$$

Tabla 2.10 -Calor latente [3]

Grado de actividad	Espacio	Calor total, Btu/h		Calor sensible Btu/h	Calor latente Btu/h
		Hombre adulto	Ajustado M/F ²		
Sentado en el teatro	Teatro, matiné	390	330	225	105
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 de actividad moderada	Oficina, hoteles y apartamentos	475	450	250	200
De pie, trabajo ligero; caminando	Almacén por departamento, almacén de ventas	550	450	250	200
Caminando, de pie	Droguerías, bancos	550	500	250	250
Trabajo sedentario	Restaurantes	490	550	275	275
Trabajo ligero en mesa	Fábricas	800	750	275	475
Baile moderado	Salón de baile	900	850	305	545
Caminando a 3 mph; trabajo ligero en máquina	Fábricas	1.000	1.000	375	625
Juego de bolos	Salón de boliche	1.500	1.450	580	870
Trabajo pesado	Fábricas	1.500	1.450	580	870
Trabajo pesado en máquinas; levantándose	Fábricas	1.600	1.600	635	965
Actividades atléticas	Gimnasio	2.000	1.800	710	1.090

2.2.4.5 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 fórmula:

$$Q = 3.4 * W \quad \text{ec (2.7)}$$

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

W = Vatios de los equipos eléctricos W

Tabla 2.11- Equipos eléctricos

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

2.2.4.6 Carga térmica debido a Ventilación mecánica

La ASHRAE establece que para toda área se considera una renovación de aire para una calidad aceptable de aire interior. Las infiltraciones de aire se desprecian cuando se inyecta aire por medio de un ventilador. Para calcular la carga térmica que genera la ventilación mecánica se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_s = 1.1 * CFM * CT \quad \text{ec (2.8)}$$

Donde:

Q = Calor sensible debido a ventilación BTU/h

CFM = Flujo de aire de ventilación ft³/min

CT = Cambio de temperatura entre el aire exterior e interior

$$Q_l = 0.68 * CFM * (W_e - W_i) \quad \text{ec (2.9)}$$

Donde:

Q = Calor latente debido a ventilación BTU/h

CFM = Flujo de aire de ventilación ft³/min

W_e = Humedad exterior

W_i = Humedad interior

Las ASHRAE establece que, para una ventilación adecuada del recinto, se considera 10CFM/persona para el caso de universidades, como se puede observar en la tabla 2.12:

Tabla 2.12- Requisitos de ventilación para ocupantes [3]

	Personas estimadas por 100 ft ² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		CFM Mínimos	CFM Recomendados
RESIDENCIAL			
Viviendas de una unidad	5	5	7-10
Viviendas de unidades múltiples	7	20	30-50
COMERCIAL			
Sanitarios públicos	100	15	20-25
Comercios	30	7	10-15
Comedores	70	10	15-20
Cocinas	20	30	34
Hoteles	20	10	15-20
INSTITUCIONAL			
Salones de clase	50	10	10-15
Auditorios	150	5	5-7.5
Gimnasios	70	20	25-30
Bibliotecas	20	7	10-12
Vestidores	20	30	40-50

2.3 Caracterización del potencial energético

2.3.1 Irradiación Solar

Los datos de radiación solar se muestran en la tabla 2.13, los cuales fueron tomados de la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, los datos pertenecen a los años 2009, 2010, 2011, 2012, como se observa en promedio el mes más desfavorable y con el cual se trabajará es el mes de enero, con $3.268 \frac{kWh}{m^2 \cdot día}$.

Tabla 2.13-Datos de irradiación directa mensual kWh/(m²*día).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
2009	3,291	3,616	4,387	4,593	4,323	3,796	3,940	5,083	4,631	4,548	3,504
2010	2,998	3,564	4,173	4,288	3,493	3,247	4,207	4,255	4,558	3,803	3,216
2011	3,677	4,124	4,928	4,540	4,434	3,103	3,841	5,049	4,467	4,241	3,877
2012	3,106	3,830	4,344	4,491	4,375	3,826	3,924	4,731	4,680	4,892	4,002
Prom	3,268	3,783	4,458	4,478	4,156	3,493	3,978	4,780	4,584	4,371	3,649

2.3.2 Irradiación incidente en los paneles

Por lo general la irradiación solar es medida respecto a la horizontal, por lo que los módulos solares al tener una inclinación es necesario añadir un factor de corrección geométrico para determinar la irradiación directa que incide sobre estos, por lo que se debe determinar la óptima inclinación. La radiación directa que incide sobre el panel se determina a partir de la ecuación 2.11, la cual depende de la latitud, la inclinación y la declinación. La declinación que es el ángulo formado por los rayos del sol y la línea del ecuador se determina mediante la ecuación 2.10, para el primer día cada mes. En la tabla 2.14 y en la figura 2.3 se observa los valores de irradiación y como varían respecto al tiempo para diferentes ángulos de inclinación.

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(360^\circ \frac{284+d}{365} \right) \quad \text{ec (2.10)}$$

Donde

δ = Declinación

d= Días transcurridos

$$G_{b,t} = G_b * R_b \quad \text{ec (2.11)}$$

$$R_b = \frac{\cos(\lambda + \beta - \delta)}{\cos(\lambda - \delta)} \quad \text{ec (2.12)}$$

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

Tabla 2.14-Valores de irradiación para diferentes ángulos de inclinación kWh/(m²*día).

Mes	Declinación	0°	5°	15°	30°
Enero	-23,09	3,27	3,36	3,48	3,46
Febrero	-17,78	3,78	3,86	3,93	3,81
Marzo	-8,67	4,46	4,49	4,44	4,12
Abril	3,62	4,48	4,42	4,21	3,65
Mayo	14,59	4,16	4,08	3,69	2,97
Junio	21,90	3,49	3,34	2,97	2,25
Julio	23,18	3,53	3,37	2,98	2,22
Agosto	18,17	3,98	3,83	3,46	2,71
Septiembre	8,10	4,78	4,69	4,39	3,71
Octubre	-3,82	4,58	4,58	4,46	4,04
Noviembre	-15,06	4,37	4,44	4,48	4,29
Diciembre	-21,97	3,65	3,75	3,87	3,82

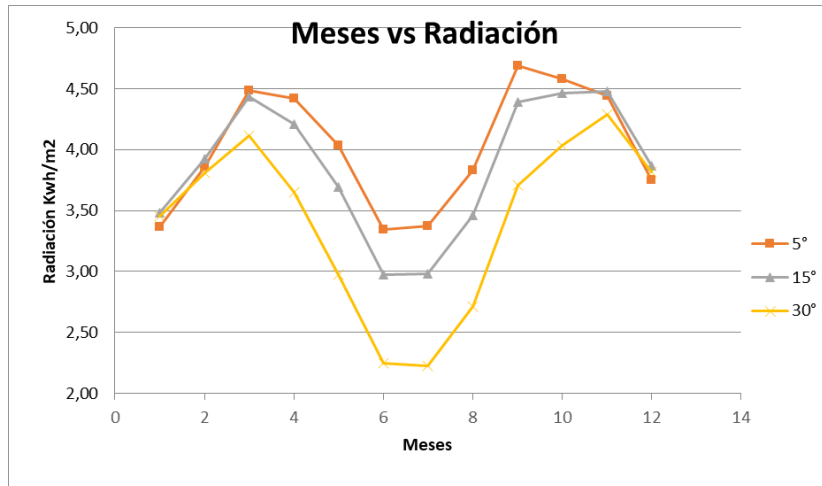


Figura 2.3- Irradiación vs Meses

2.3.3 Pérdidas por orientación

Otro factor que influye en los índices de irradiación que inciden sobre el panel es el ángulo acimutal, el cual es el ángulo entre el plano vertical que contiene al sol sobre el observador y el plano vertical del meridiano del observador [4], lo idóneo es que dicho ángulo sea cero, es decir con vista hacia el norte, pero muchas veces los edificios donde serán instalados los paneles no poseen esta orientación, para dicha problemática existen dos caminos, el primero es trabajar con la orientación del edificio con el fin de optimizar el área de este, para lo cual es necesario determinar las pérdidas debido a la orientación, o realizar una reorientación del área para que las pérdidas por orientación sean cero, por lo cual es importante determinar la alternativa idónea.

Para determinar las pérdidas por orientación se utilizó el programa PVSyst en su versión 7.0, obteniendo que para el ángulo acimutal de -18° el cual posee la edificación, las pérdidas por orientación son cero como se muestra en la figura 2.4, por lo que no será necesario reorientar el área.

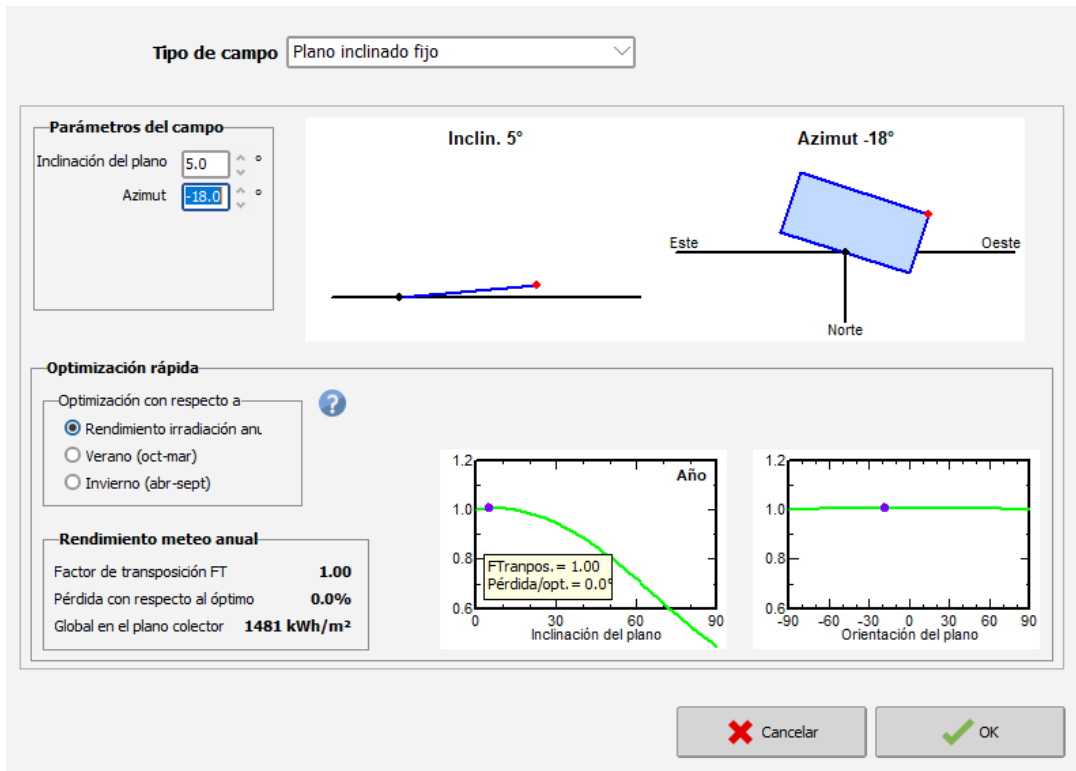


Figura 2.4- Pérdidas por orientación para un azimuth de -18°

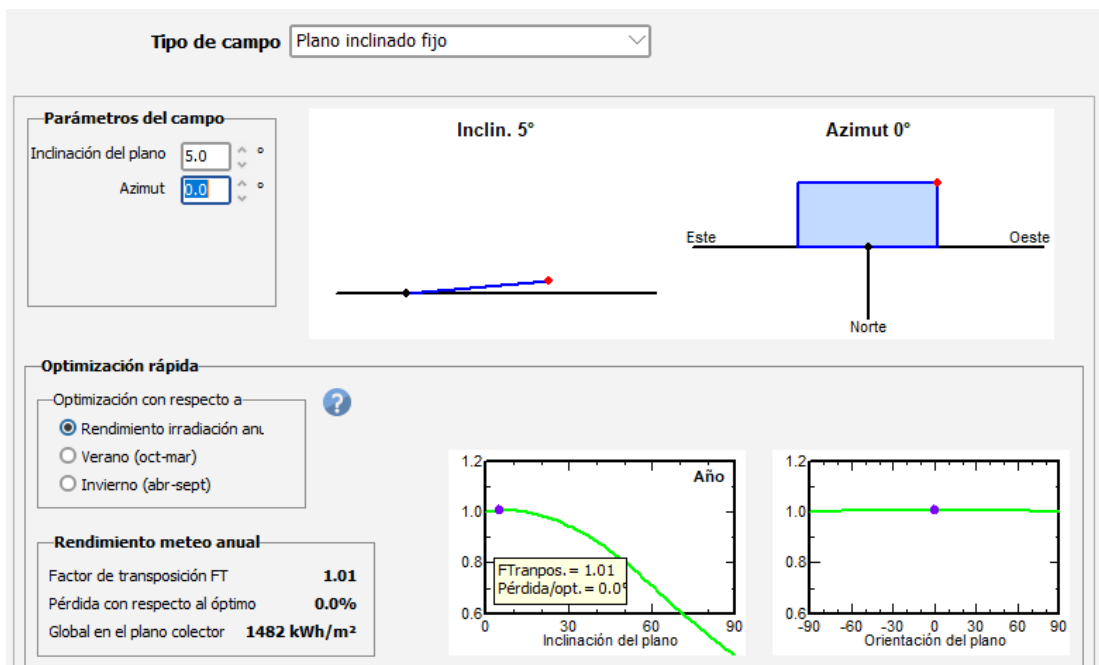


Figura 2.5- Pérdidas por orientación para un azimuth de 0°

2.4 Dimensionamiento del sistema de captación

Para dimensionar el campo de captación es necesario conocer, la potencia de captación del panel fotovoltaico, su área y el consumo diario que se desea satisfacer.

2.4.1 Rendimiento del panel

El rendimiento del panel viene determinado por la relación entre la potencia pico P_c y la multiplicación del área de captación por 1000 $\frac{W}{m^2}$, como se muestra en la ecuación 2.13.

$$R_{panel} = \frac{P_c}{1000 \frac{W}{m^2} * A} * 100\% \quad \text{ec (2.13)}$$

Donde

R_{panel} = Eficiencia del panel

P_c = Potencia pico [W]

A = Área de captación [m^2]

2.4.2 Número 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 .

$$P = \frac{E_d}{G_t} \quad \text{ec (2.14)}$$

$$N_p = \frac{1.1 * P}{R_{panel} * A} \quad \text{ec (2.15)}$$

Donde

N_p = Número de paneles

E_d = Consumo diario [Kw. día]

G_t = Radiación incidente [$\frac{kWh}{m^2} * dia$]

A = Área de captación [m^2]

2.4.3 Distancia mínima entre paneles.

Los arreglos fotovoltaicos deben poseer una distancia mínima entre sí para evitar la producción de sombra entre arreglos contiguos, esta distancia se calcula mediante la ecuación 2.16, la cual depende de la longitud del panel L , la latitud y la inclinación de este.

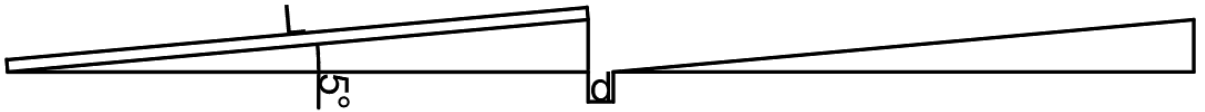


Figura 2.6- Distancia entre arreglos

$$d = l * \frac{\sin(5^\circ)}{\operatorname{tg}(61^\circ - \lambda)} \quad \text{ec (2.16)}$$

Donde.

d = Distancia entre arreglos [mm]

l = Largo del panel solar [mm]

λ =Latitud

2.4.4 Análisis de sombra

Pese a que el edificio no posee ningún tipo de obstáculo en sus alrededores el cual pueda causar sombras sobre los paneles solares, disminuyendo su rendimiento, los equipos de climatización se ubicaran en la terraza del edificio, como se muestra en la figura 2.7, por lo que es necesario determinar la sombra que estos pueden causar sobre los paneles, para esto se utilizó el programa PVsyst, el cual permite determinar cómo varía las pérdidas por sombra a través del día y para cada mes del año como se muestra en la figura 2.8, permitiendo determinar las máximas pérdidas así como el mes y el horario en donde estas se presentaran.

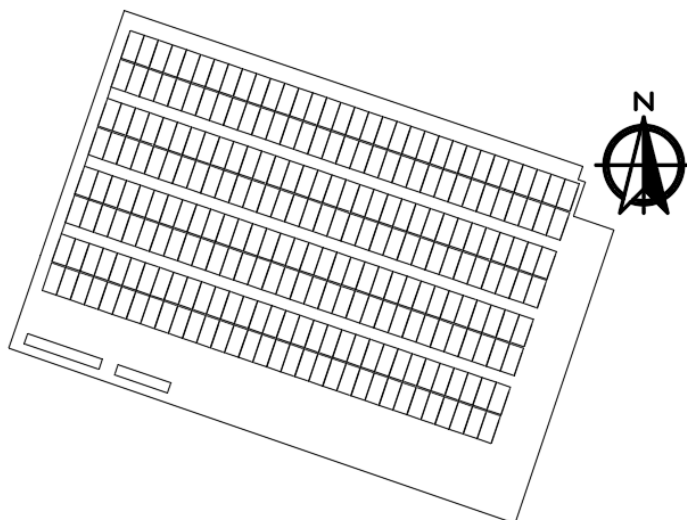


Figura 2.7- Sistema fotovoltaico

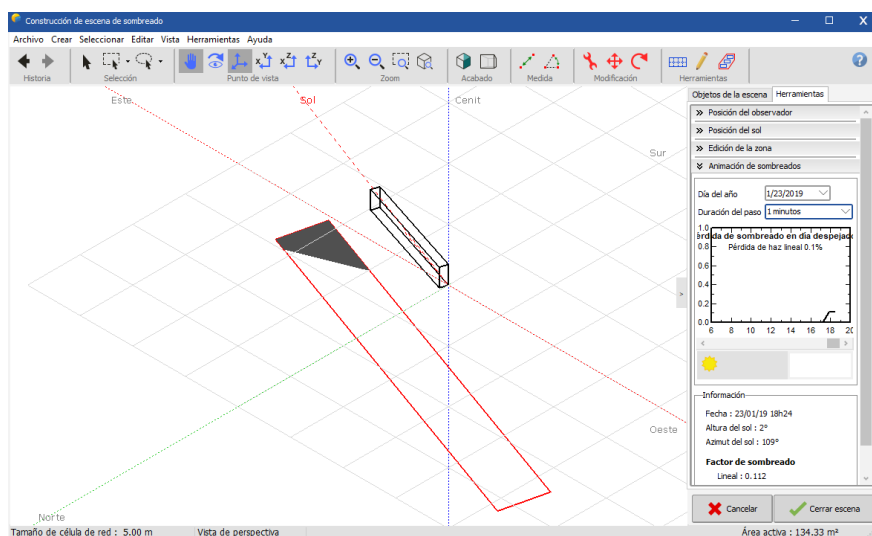


Figura 2.8- Pérdidas por sombra

2.4.5 Potencia fotovoltaica del sistema

Debido a las limitaciones de área de captación, el sistema fotovoltaico no abastecerá el 100% de la demanda energética del sistema de climatización, por lo que es necesario determinar la potencia diaria que será capaz de producir nuestro sistema fotovoltaico, esto se lo realiza a partir de la ecuación 2.17 la cual

depende del área de captación del panel A, el número de paneles N_p , la irradiación incidente $G_{b,t}$ y el número de paneles R_{panel} .

$$E = \frac{A * N_p * G_{b,t} * R_{panel}}{1.1} \quad \text{ec (2.17)}$$

Donde

N_p = Número de paneles

E = Potencia diaria [Kw. día]

$G_{b,t}$ = Irradiación incidente [$\frac{kWh}{m^2} * dia$]

A = Área de captación [m^2]

R_{panel} = Eficiencia del panel

2.5 Análisis de alternativas

2.5.1 Sistema fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos híbridos pueden trabajar en 3 configuraciones dependiendo de las conexiones de los paneles fotovoltaicos, estas son: en serie, en paralelo o serie-paralelo, en las conexiones en serie el voltaje de cada panel se va sumando y el valor de corriente se mantiene constante, la ventaja de este tipo de conexión es que en caso de que algún panel se vea afectado por la presencia de sombra no todo el sistema se ve afectado si no solo dicho panel, por otra parte en las conexiones en paralelo el voltaje del sistema es igual al voltaje de un solo panel, mientras que los valores de corriente se van sumando, uno de los principales inconvenientes de este tipo de conexiones es que si un panel se ve afectado por la presencia de sombras, todo el sistema se ve afectado, por otro lado cuando se tiene un número elevado de paneles solares, el uso individual de las conexiones antes mencionadas puede tener como resultado valores extremadamente elevados de voltaje o corriente, por lo que la combinación de dichas conexiones permite reducir estos valores.

Debido a que las pérdidas por sombra son despreciables y el elevado número de paneles, el sistema posee una conexión serie-

paralelo, a partir de esta premisa se procedió a la selección de equipos mediante una matriz de selección.

2.5.1.1 Factores de influencia

Para seleccionar la alternativa más idónea es necesario establecer factores o parámetros que nos permitan tomar dicha decisión de manera correcta, a su vez es necesario otorgarle valores cuantitativos, esto se realizó mediante el uso de la matriz de Holmes; los parámetros seleccionados son mostrados a continuación

- **Costo.** Un factor de suma importancia es el costo, debido a que si los costos de fabricación del sistema son muy elevados la rentabilidad de este disminuirá, volviendo inviable su implementación.
- **Eficiencia.** Equipos con un mayor nivel de eficiencia permiten una mayor generación de energía en el caso de sistemas fotovoltaicos o un menor consumo de energía para los sistemas de climatización, en ambos casos una mayor eficiencia permitirá reducir el tiempo de amortización del sistema debido a que el ahorro energético será mayor.
- **Voltaje y corriente de trabajo.** Debido al alto número de paneles a utilizar y pese a usar una conexión serie-paralelo, los valores de corriente y voltaje utilizados son relativamente altos, por lo que el equipo seleccionado debe ser capaz de manejar dichos valores.
- **Vida útil.** Una de las principales limitantes de muchos equipos es su vida útil, ya que en muchos casos este tiempo es menor al de amortización, volviendo económicamente inviable la realización del proyecto
- **Mantenibilidad.** Con mantenibilidad se hace referencia a la facilidad de dar mantenimiento al equipo, debido a la ubicación del sistema y la

constante ocupación del edificio, poseer equipos de alto grado de fiabilidad y que no demanden un continuo mantenimiento es vital.

- **Conservabilidad.** Se refiere a la capacidad de los equipos de soportar las condiciones de trabajo a las que serán expuestos y la fiabilidad que ofrece, muchos de los equipos que se utilizarán estarán directamente expuestos al ambiente, por lo que estos deben ser capaces de soportar las diferentes condiciones ambientales que se presenten.

Tabla 2.15- Matriz de Holmes

N°	Parámetro	1	2	3	4	5	6	Suma	Ponderación
1	Costo	1	1	0	0	1		3	0.20
2	Eficiencia	0	1	0	1	1	1	3	0.20
3	Voltaje y corriente de trabajo	0	1	1	1	1	1	4	0.27
4	Vida útil	1	0	0	1	0		2	0.13
5	Mantenibilidad	1	0	0	0	1	1	2	0.13
6	Conservabilidad	0	0	0	1	0	1	1	0.07
Total								15	1.00

Tabla 2.16- Ponderación de parámetros

Parámetro	Ponderación
Costo	0.20
Eficiencia	0.20
Voltaje y corriente de trabajo	0.27
Vida útil	0.13
Mantenibilidad	0.13
Conservabilidad	0.07
Total	1.00

2.5.1.2 Inversores fotovoltaicos

Los inversores fotovoltaicos pueden ser centralizados o micro inversores, la selección de la mejor alternativa

se realizó mediante la matriz de selección mostrada a continuación, obteniendo que la alternativa óptima es el uso de inversores centralizados.

Tabla 2.17- Matriz de selección inversor fotovoltaico

N°	Parámetro	VENTILADOR TIPO EN LÍNEA	VENTILADOR DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA (ERV)
1	Costo	X	
2	Eficiencia	X	
3	Voltaje y corriente de trabajo	X	
4	Vida útil		X
5	Mantenibilidad	X	
6	Conservabilidad	X	
Total		0.87	0.13

2.5.2 Sistema de climatización

Los sistemas de climatización VRF se clasifican en dos previamente mencionados en el capítulo 1, “Bomba de calor” y “Recuperación de calor” más conocido por su nombre en inglés Heat Pump y Heat recovery respectivamente.

Debido a la ubicación del edificio que se encuentra en un bosque seco tropical, posee un microclima tropical mega térmico seco a semihúmedo, por lo que las alternativas de solución se ven reducidas a utilizar un sistema VRF Bomba de calor (Heat Pump) debido a que solo es necesario un sistema de enfriamiento mas no calefacción.

Para el sistema de renovación de aire se considera una matriz de selección para los equipos de Ventilación de suministro, debido a que el tipo de ventilador seleccionado puede influir en la carga térmica del edificio.

2.5.2.1 Factores de influencia

Para seleccionar la alternativa más idónea se considera algunos de los factores previamente mencionados, y se agrega otro mostrados a continuación:

- **Costo**
- **Vida útil**
- **Mantenibilidad**
- **Conservabilidad**
- **Carga Térmica Exterior:** Es un factor muy importante debido a que está relacionado con la carga térmica que se genera debido al aire exterior suministrado. Por lo que es necesario que dicha carga sea lo menos posible, lo que influye en una menor carga térmica del edificio.

Tabla 2.18- Matriz de Holmes

N°	Parámetro	1	2	3	4	5	Suma	Ponderación
1	Costo	1	1	0	0	1	2	0.20
2	Carga Térmica Exterior	0	1	1	1	1	3	0.30
3	Vida útil	1	0	1	1	0	2	0.20
4	Mantenibilidad	1	0	0	1	1	2	0.20
5	Conservabilidad	0	0	1	0	1	1	0.10
Total							10	1.00

Tabla 2.19- Ponderación de parámetros

Parámetro	Ponderación
Costo	0.20
Carga Térmica Exterior	0.30
Vida útil	0.20
Mantenibilidad	0.20
Conservabilidad	0.10
Total	1.00

2.5.2.2 Tipos de Ventiladores

El Estándar ASHRAE 62 establece que para toda área se necesita renovación de aire para una calidad aceptable de

aire interior, por lo que se consideró un ventilador tipo en línea y un ventilador ERV para la matriz de decisión. Obteniendo como mejor solución un Ventilador de recuperación de energía o más conocido por sus siglas en inglés como ERV (Energy Recovery Ventilator) como se puede observar en la tabla 2.20. El equipo ERV presenta una menor generación de calor debido al aire exterior, por lo que genera un mayor ahorro energético en comparación a un ventilador normal tipo en línea, debido a que se suministra aire al cuarto a una menor temperatura en comparación al aire exterior, esto se debe a que hay un intercambio de calor entre el aire exterior con el aire de salida de un cuarto climatizado, por lo que implica una menor carga térmica debido al suministro de aire. En la sección de Anexos se presentará un análisis más detallado por medio de un análisis psicrométrico.

Tabla 2.20- Matriz de selección sistema de ventilación

N°	Parámetro	Ventilador tipo en línea	Ventilador de recuperación de energía (erv)
1	Costo	X	
2	Carga Térmica Exterior		X
4	Vida útil		X
5	Mantenibilidad		X
6	Conservabilidad	X	X
Total		0.30	0.80

2.5.3 Selección de la mejor alternativa

Nuestra solución para el sistema de climatización híbrido basado en energía solar, consiste:

En un Sistema de climatización VRF con una condensadora bomba de calor (Heat Pump) para enfriamiento, para la renovación de aire se seleccionará un Ventilador con

recuperación de calor (ERV). Este sistema On Grid, funcionará con paneles solares Monocristalino los cuales estarán conectados a un Inversor Centralizado.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Sistema de climatización

3.1.1 Carga térmica del edificio

En la tabla 3.1 se presenta los resultados obtenidos del cálculo de carga térmica del edificio, se observa cómo influye el utilizar un ventilador con recuperación de energía a un ventilador normal. La carga térmica al utilizar un ventilador en línea normal es de 1128369 BTU/h, en cambio al utilizar un ventilador con recuperación de energía (ERV) siendo este la alternativa seleccionada en el capítulo 2, se obtiene una carga térmica de 903606 BTU/h, lo que implica un ahorro del 20%. En la sección de anexos se presenta un análisis detallado del cálculo de carga térmica del edificio, y de la selección del ventilador con recuperación de energía (ERV).

Tabla 3.1- Cargas térmicas

Zona	Carga térmica con ventilador normal	Carga térmica con ventilador de recuperación de energía
	Carga térmica (btu/h)	Carga térmica (btu/h)
PB		
Aula ppl1	196848	156158
Aula ppl2	190569	149880
Laboratorio delta	79615	64754
Sala profesores	15400	12569
pa		
Aula 9ba103	97642	78536
Sala de profesores	27266	22312
Aula 9ba104	96380	77273
Aula 9ba105	101244	80722
Asociación de estudiantes	48843	41767
Aula 9ba101	142329	114377
Aula 9ba102	132504	105259
Total	1128639	903606

3.1.2 Equipos de Climatización

Se utilizó el software Hisense VRF para la selección de los equipos de climatización, los parámetros de ingreso que se utilizó para el software fueron la carga térmica de cada área que se puede observar en la tabla 3.1, obteniendo como datos de salida el listado de equipos a utilizar tanto como unidades interiores y exteriores, los metros de tubería, accesorios para el sistema y la cantidad de carga de refrigerante adicional, este resumen se muestra en la tabla 3.2. En la sección de anexos se presenta el reporte total generado por el software Hisense VRF.

Tabla 3.2- Equipos de climatización

Modelo	Marca	Tipo	Unidad	Cantidad
Unidades exteriores				
AVWT-232U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1
AVWT-287U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1
AVWT-382U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1
Unidades interiores				
AVBC-27HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	12
AVBC-38HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	4
AVBC-48HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	2
AVC-12HJFA	Hisense	Mini 4-Way Cassette	pc	1
AVD-22UX2SBH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	1
AVD-38UX2SCH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	3
AVD-76UX2SFH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	2
AVV-27UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1
AVV-38UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1
Branch joint				
HFQ-102F	Hisense	Branch	pc	8
HFQ-162F	Hisense	Branch	pc	8
HFQ-242F	Hisense	Branch	pc	4
HFQ-302F	Hisense	Branch	pc	3
HFQ-M22F	Hisense	Branch	pc	1
HFQ-M32F	Hisense	Branch	pc	2
Tubería de cobre				
Φ1 1/2		Tubería de cobre	m	27.01
Φ1 1/4		Tubería de cobre	m	6.46
Φ1 1/8		Tubería de cobre	m	25.1

Φ1 5/8		Tubería de cobre	m	26.63
Φ1/2		Tubería de cobre	m	43.29
Φ1/4		Tubería de cobre	m	7.05
Φ3/4		Tubería de cobre	m	73.02
Φ3/8		Tubería de cobre	m	147.01
Φ5/8		Tubería de cobre	m	107.26
Φ7/8		Tubería de cobre	m	15.67
Refrigerante				
R410A			lb	28.52

En el Software de Hisense VRF, se procedió a elegir 3 sistemas de condensadoras para las diferentes áreas del edificio. Estas condensadoras están fabricadas en un material resistente a la corrosión, acero galvanizado tratado con zirconio más un revestimiento de pintura de poliéster puro, lo que la hace resistente al ambiente que estará expuesto. Las condensadoras contienen dos compresores tipo caracol full inverter, lo que implica un ahorro en el consumo energético. En la tabla 3.3 se presenta el consumo energético de los equipos del sistema de climatización en kW. El consumo energético total del sistema de climatización es de 83.14 kW.

Tabla 3.3- Consumo de equipos

Planilla unidades exteriores VRF					
TIPO	Modelo	Capacida	Consum	Voltaje	CANTIDA
		d	o		
		BTUH	KW	Volt/Ph/H	D
				z	
UC-1	AVWT-380U8SZA	382000	32.84	220/3/60	1
UC-2	AVWT-287U8SZA	286000	23.37	220/3/60	1
UC-3	AVWT-232U8SZA	232000	17.56	220/3/60	1
TOTAL, CONSUMO KW CONDENSADORAS PROYECTO					73.77
Planilla unidades interiores VRF					
TIPO	Modelo	Capacida	Consum	Voltaje	CANTIDA
		d	o		D

		BTUH	Kw	Volt/Ph/H z	
CASSETTE	AVBC-27HJFKA	27300	0.06	220/1/60	12
CASSETTE	AVBC-38HJFKA	38220	0.13	220/1/60	4
CASSETTE	AVBC-48HJFKA	47770	0.13	220/1/60	2
MINI CASSETTE	AVC-12HJFA	12280	0.02	220/1/60	1
FANCOIL	AVD-22UX2SBH	21500	0.15	220/1/60	1
FANCOIL	AVD-38UX2SCH	38220	0.30	220/1/60	3
FANCOIL	AVD-76UX2SFH	76430	1.03	220/1/60	2
PISO TECHO	AVV-27UR2SB	28660	0.07	220/1/60	1
PISO TECHO	AVV-38UR2SB	38220	0.13	220/1/60	1
Total, consumo kW unidades evaporadoras proyecto					4.83
Planilla ventiladores ERV					
ZONA	Modelo	Capacida d	Consum o	Voltaje	CANTIDA D
		CFM	Kw	Volt/Ph/H z	
AULA PPL1	ERV-1	1150	0.70	220/1/60	1
AULA PPL2	ERV-2	1150	0.70	220/1/60	1
LABORATORIO DELTA	ERV-3	500	0.50	220/1/60	1
SALA PROFESORES					
AULA 9BA103	ERV-4	700	0.50	220/1/60	1
SALA DE PROFESORES					
AULA 9BA104	ERV-5	540	0.50	220/1/60	1
AULA 9BA105	ERV-6	580	0.50	220/1/60	1
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	ERV-7	200	0.14	220/1/60	1
AULA 9BA101	ERV-8	790	0.50	220/1/60	1
AULA 9BA102	ERV-9	770	0.50	220/1/60	1
Total, consumo kW ventiladores					4.54
Total, consumo sistema de climatización kW					83.14

3.1.3 Ventilación Mecánica

En la tabla 3.5 se presenta los valores de temperatura de suministro y de extracción del ventilador de recuperación de energía. La temperatura del aire de suministro es de 27.18 °C, un 22% menos en comparación a la

temperatura de aire exterior que es de 34.7 °C, lo que implica una generación de carga térmica menor. En la sección de anexos se presenta un análisis detallado del cálculo de selección de los ventiladores con recuperación de energía.

Tabla 3.4- Ventilación mecánica

Zona	CFM	Temperatura del recinto °C	Temperatura de Aire Exterior °C	Temperatura de suministro °C	Temperatura de extracción °C
Planta baja					
Aula ppl1	1150	23.89	34.7	27.18	31.4
Aula ppl2	1150	23.89	34.7	27.18	31.4
Laboratorio delta	420	23.89	34.7	27.18	31.4
Sala profesores	80				
Planta alta					
Aula 9ba103	540	23.89	34.7	27.18	31.4
Sala de profesores	140	23.89	34.7	27.18	31.4
Aula 9ba104	540	23.89	34.7	27.18	31.4
Aula 9ba105	580	23.89	34.7	27.18	31.4
Asociación de estudiantes	200	23.89	34.7	27.18	31.4
Aula 9ba101	790	23.89	34.7	27.18	31.4
Aula 9ba102	770	23.89	34.7	27.18	31.4

3.2 Análisis de sombra

Del análisis de sombras realizadas en el programa PVsyst, se obtuvo que las pérdidas por sombras solo existen en los meses de diciembre a marzo, siendo el mes de enero donde se obtienen las máximas pérdidas, dichas pérdidas empiezan a aparecer a partir de las 17h00, alcanzando el valor máximo de 0.1% a las 18h00, como se observa en la figura 3.1, por lo que se consideran despreciables.

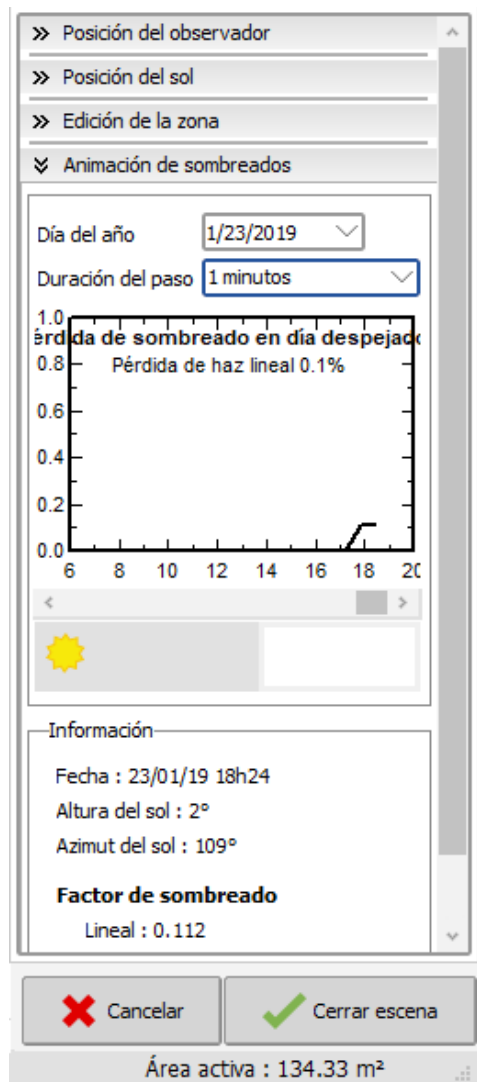


Figura 3.1-Análisis de sombra

3.3 Sistema híbrido

El consumo que producirá el sistema de climatización es aproximadamente 83.14 Kw, para abastecer la demandan energética total del sistema de climatización se necesitan alrededor de 590 paneles, pero debido a limitaciones infraestructurales no es posible utilizar tal cantidad de paneles solares, por lo que se decidió abastecer un porcentaje de la demanda energética del sistema, aprovechando al máximo el área de captación disponible, por lo que el sistema híbrido consta de 256 paneles fotovoltaicos de 370 W de la marca LOGIN, los cuales se encuentran distribuidos en 8 arreglos colocados en paralelo, en donde cada arreglo consta de 32 paneles en serie, como se muestra en la figura 2.7, para la configuración establecido se obtuvo un voltaje de 840V y 92.16 A de corriente de cortocircuito,

bajo estas condiciones se procedió a la selección del inversor, siendo el seleccionado el inversor Solis 30k-LV, debido a que la corriente en cortocircuito del campo de captación es mayor a la que puede soportar el inversor, se decidió utilizar 3 inversores, los cuales se conectarán a un AC combiner box, un esquemático de las conexiones utilizadas se encuentran en el Anexo A. Bajo las condiciones establecidas y los equipos seleccionados el campo de captación posee una capacidad de generación de mínima de 388Kwh, lo que corresponde al 43.4% del consumo eléctrico del sistema de climatización.

3.4 Análisis costo

3.4.1 Análisis de costo sistema de climatización

El costo total del sistema de climatización es de \$100,874.81, este valor corresponde al total de equipos incluido la instalación de estos. La inversión del sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor corresponde a \$14,012.31 lo que equivale a un 14% del costo del sistema total. Esta inversión se ve reflejado en un ahorro energético del 20% con respecto a utilizar ventiladores sin recuperación de energía. En la tabla 3.5 se observa el detalle del listado de equipos

Tabla 3.5- Costo del sistema de climatización

MODELO	MARCA	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
UNIDADES EXTERIORES						
AVWT-232U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	13969	\$ 13,969.00
AVWT-287U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	15591	\$ 15,591.00
AVWT-382U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	22317	\$ 22,317.00
UNIDADES INTERIORES						
AVBC-27HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	12	775.13	\$ 9,301.56
AVBC-38HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	4	861.25	\$ 3,445.00
AVBC-48HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	2	911.09	\$ 1,822.18
AVC-12HJFA	Hisense	Mini 4-Way Cassette	pc	1	632.29	\$ 632.29
AVD-22UX2SBH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	1	678.13	\$ 678.13
AVD-38UX2SCH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	3	756	\$ 2,268.00
AVD-76UX2SFH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	2	1714.91	\$ 3,429.82
AVV-27UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1	742.79	\$ 742.79
AVV-38UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1	1045.41	\$ 1,045.41
BRANCH JOINT						
HFQ-102F	Hisense	BRANCH	pc	8	56.25	\$ 450.00
HFQ-162F	Hisense	BRANCH	pc	8	66.66	\$ 533.28
HFQ-242F	Hisense	BRANCH	pc	4	95.84	\$ 383.36
HFQ-302F	Hisense	BRANCH	pc	3	139.59	\$ 418.77
HFQ-M22F	Hisense	BRANCH	pc	1	131.52	\$ 131.52
HFQ-M32F	Hisense	BRANCH	pc	2	141.66	\$ 283.32
TUBERÍA DE COBRE						
Φ1 1/2		TUBERÍA DE COBRE	m	27.01	28.25	\$ 763.03
Φ1 1/4		TUBERÍA DE COBRE	m	6.46	27.85	\$ 179.91
Φ1 1/8		TUBERÍA DE COBRE	m	25.1	29.27	\$ 734.68
Φ1 5/8		TUBERÍA DE COBRE	m	26.63	30.69	\$ 817.27

Φ1/2		TUBERÍA DE COBRE	m	43.29	16.11	\$ 697.40
Φ1/4		TUBERÍA DE COBRE	m	7.05	12.57	\$ 88.62
Φ3/4		TUBERÍA DE COBRE	m	73.02	20.75	\$ 1,515.17
Φ3/8		TUBERÍA DE COBRE	m	147.01	14.27	\$ 2,097.83
Φ5/8		TUBERÍA DE COBRE	m	107.26	18.57	\$ 1,991.82
Φ7/8		TUBERÍA DE COBRE	m	15.67	21.45	\$ 336.12
REFRIGERANTE						
R410A			lb	28.52	6.95	\$ 198.21
VENTILADORES CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA						
ERV-1	HAMMER	VENTILADOR ERV 1150 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	2329.6	\$ 2,329.60
ERV-1	HAMMER	VENTILADOR ERV 1150 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	2329.6	\$ 2,329.60
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 500 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$ 1,164.80
ERV-3	HAMMER	VENTILADOR ERV 680 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1502.96	\$ 1,502.96
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 540 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$ 1,164.80
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 580 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$ 1,164.80
ERV-4	HAMMER	VENTILADOR ERV 200 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	951.97	\$ 951.97
ERV-5	HAMMER	VENTILADOR ERV 790 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1701.89	\$ 1,701.89
ERV-5	HAMMER	VENTILADOR ERV 770 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1701.89	\$ 1,701.89
						TOTAL, NO INCLUY \$ 100,874.81 E IVA

3.4.2 Costo del sistema híbrido

El costo total del sistema híbrido es de \$ 44527.36, este valor corresponde al precio de los equipos e infraestructura que se utilizara, debido a que la compra de los equipos se realizará en el exterior se determinó el coste de transporte y tasas arancelarias, obteniendo un coste total de equipos,

infraestructura, transporte y tasas arancelarias de \$50589.13, en cuanto al costo de mano de obra se estimó como un 15% del costo de equipos e infraestructura, obteniendo un costo total del sistema híbrido de \$57268.23. En la sección de anexos se encuentra de manera detallada el coste individual de cada elemento utilizado en el sistema híbrido.

3.5 Análisis de factibilidad financiera

3.5.1 Ahorros

Para determinar los ahorros que generará el sistema fotovoltaico primero se determinó la energía generada por el sistema, para esto se tomó el mes con menor producción, siendo este el mes de junio con $3.34 \frac{kWh}{m^2 * día}$, obteniendo una producción anual de $103537.6 kWh/año$, a continuación, se determinó la generación durante los siguientes 25 años, con pérdidas de rendimiento de los paneles fotovoltaicos del 0.5% por año, exceptuando los dos primeros años en donde no se presentan pérdidas, tal como lo indica el fabricante, para determinar los ahorros se estableció una tarifa fija de 0.065 \$/kWh la cual corresponde a la tarifa establecida para instituciones educativas en el pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución del año 2020 [5]. Obteniendo los valores mostrados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6-Ahorros

	Generación [Kwh/año]	Ahorros [\$]
Año 1	103537,57	6729,94
Año 2	103537,57	6729,94
Año 3	103019,88	6696,29
Año 4	102504,78	6662,81
Año 5	101992,26	6629,50
Año 6	101482,30	6596,35
Año 7	100974,89	6563,37
Año 8	100470,01	6530,55
Año 9	99967,66	6497,90
Año 10	99467,82	6465,41
Año 11	98970,49	6433,08
Año 12	98475,63	6400,92
Año 13	97983,25	6368,91
Año 14	97493,34	6337,07
Año 15	97005,87	6305,38
Año 16	96520,84	6273,85
Año 17	96038,24	6242,49
Año 18	95558,05	6211,27
Año 19	95080,26	6180,22
Año 20	94604,86	6149,32
Año 21	94131,83	6118,57
Año 22	93661,17	6087,98
Año 23	93192,87	6057,54
Año 24	92726,90	6027,25
Año 25	92263,27	5997,11

3.5.2 Amortización

Para realizar la amortización del sistema se estableció que el 90% de la inversión inicial se obtendrá mediante préstamo, el cual será pagado en un plazo de 8 años con una tasa de interés del 7.5% [6] Como lo establece en sus tasas de interés de agosto 2020 el Banco Central del Ecuador para proyectos de tipo educativo-social, como se observa en la tabla 3.7, el método de amortización seleccionado es la tabla de amortización francesa, teniendo una cuota fija de \$8799.51 como se encuentra mostrado en la tabla 3.8.

Tabla 3.7-Parámetros de amortización

Inversión total	57268,23
Préstamo	51541,407
Tiempo	8
Tasa bancaria	7,50%
cuota	-8799,51099

Tabla 3.8-Tabla de amortización francesa

Periodo	Ahorro	Cuota	Flujo Neto
0	-----	-----	-5726,823
1	6729,942109	\$-8.799,51	\$-2.069,57
2	6729,942109	\$-8.799,51	\$-2.069,57
3	6696,292399	\$-8.799,51	\$-2.103,22
4	6662,810937	\$-8.799,51	\$-2.136,70
5	6629,496882	\$-8.799,51	\$-2.170,01
6	6596,349397	\$-8.799,51	\$-2.203,16
7	6563,36765	\$-8.799,51	\$-2.236,14
8	6530,550812	\$-8.799,51	\$-2.268,96

3.5.3 Flujo de caja

El flujo de caja estimado que se producirá durante la vida útil del proyecto se presenta en la tabla 3.9, como se observa durante los primeros 8 años se posee un flujo de caja negativo, esto se debe a que durante este periodo de tiempo se producirá el pago del préstamo de la inversión inicial, a partir del año 9 hasta el final de la vida útil del proyecto se producirán flujos de cajas positivos, debido al ahorro producido por la implementación del sistema híbrido.

Tabla 3.9-Flujo de caja

Periodo	Ahorro	Cuota	Flujo Neto
0	-----	-----	-5726,823
1	6729,942109	\$-8.799,51	\$-2.069,57
2	6729,942109	\$-8.799,51	\$-2.069,57
3	6696,292399	\$-8.799,51	\$-2.103,22
4	6662,810937	\$-8.799,51	\$-2.136,70
5	6629,496882	\$-8.799,51	\$-2.170,01
6	6596,349397	\$-8.799,51	\$-2.203,16
7	6563,36765	\$-8.799,51	\$-2.236,14
8	6530,550812	\$-8.799,51	\$-2.268,96
9	6497,898058		\$6.497,90
10	6465,408568		\$6.465,41
11	6433,081525		\$6.433,08
12	6400,916117		\$6.400,92
13	6368,911537		\$6.368,91
14	6337,066979		\$6.337,07
15	6305,381644		\$6.305,38
16	6273,854736		\$6.273,85
17	6242,485462		\$6.242,49
18	6211,273035		\$6.211,27
19	6180,21667		\$6.180,22
20	6149,315587		\$6.149,32

3.5.4 TIR y VPN

En la tabla 3.10 se muestran los indicadores obtenidos, así como las Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), debido a que el 90% de la inversión inicial es obtenida mediante préstamo y el 10% restante dado por ESPOL, se determinó una TMAR mixta, a partir del promedio ponderado de todos los aportadores de capital, a partir de esto se obtuvo el VPN, siendo este mayor a cero y un TIR del 13%.

Tabla 3.10-Indicadores

TMAR ESPOLTECH	5%
TMAR Mixta	7.25%
VPN	\$21.821,27
TIR	13%

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con el uso del cálculo de método de carga de diferencia de temperaturas y basándose en los estándares de ASHRAE, se determinó la carga térmica requerida para el edificio, siendo este de 903606 BTU/h aproximadamente 76 Toneladas de refrigeración, se seleccionó 3 sistemas de condensadoras con 29 unidades interiores para abastecer esta carga térmica requerida.
- Debido a que el suministro de aire exterior influye en un aumento de la carga térmica del recinto y basándose en el estándar ASHRAE 63, se seleccionó 9 ventiladores con recuperación de energía (ERV). La temperatura del aire de suministro del ERV fue de 27.18°C un 22% menos en comparación a la temperatura exterior, esto implica que la carga térmica generada por ventilación mecánica se redujo en un 20%, obteniendo un menor consumo energético de los equipos y un ahorro monetario al comprar las unidades interiores y exteriores del sistema de volumen de refrigerante variable. Se puede concluir que el uso de estos ventiladores es beneficioso en zonas donde la temperatura y humedad exterior son altas.
- Se utilizará 256 paneles solares de 370 W por restricciones en el área disponible de la infraestructura, logrando abastecer el 43.4% de la demanda energética total del sistema de climatización.
- Del análisis de sombra realizados, se obtuvo que el mes crítico es enero, en donde las pérdidas empiezan a aparecer a partir de las 17h00, alcanzando el máximo valor de 0.1 a las 18h00, por lo que dichas pérdidas se consideran despreciables.
- La inversión del sistema híbrido es de \$57.268,23 precio subtotal sin IVA, este costo incluye los equipos que serán importados de china con sus respectivos aranceles y el costo de instalación de este.
- El VPN obtenido es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es factible, además de obtener un TIR de 13%, cabe mencionar que el bajo VPN y TIR obtenidos, se debe a que la tarifa eléctrica establecidas para instituciones educativas es de 0.065 USD/kWh, lo cual es relativamente bajo si se la compara con la tarifa para el sector

industrial o comercial en donde para el horario considerado las tarifas son 0.0815 USD/kWh y 0.09 USD/kWh respectivamente.

- Mediante la implementación del sistema híbrido se producirá un ahorro de \$21.821,27 durante la vida útil del proyecto, por lo contrario, si no se implementa el sistema, la institución tendrá que desembolsar \$159.293,00 debido a tarifas eléctricas, por lo que, pese a que los ahorros generados por el proyecto no son considerables, la no implementación del mismo, producirá un desembolso de dinero mayor a la inversión inicial del proyecto, cabe mencionar que todos los cálculos se realizaron bajo el caso más desfavorable y sin considerar el incremento anual que sufre la tarifa eléctrica, por lo que los beneficios de implementar el proyecto serán mayores y el desembolso de dinero por su no implementación también se incrementarán.
- Pese a que el sistema híbrido no genera una gran cantidad de ingresos durante su vida útil, este aporta otros beneficios, uno de estos que se logrará reducir las emisiones de CO₂, en 1734,82 toneladas de CO₂ durante el tiempo de vida del proyecto, esta cantidad de CO₂ es la misma que producirían alrededor 18300 carros compactos considerados pocos contaminantes durante el mismo periodo.
- Al comparar el sistema desarrollado con otras fuentes de energías renovables como la biomasa, el sistema híbrido reduciría las emisiones de CO₂ en 42 toneladas.

Recomendaciones

- Se recomienda revisar el sistema de refrigeración del inversor 1 vez al año, de igual forma se debe evitar obstruir las entradas y salidas de aire de este, con el objetivo de evitar fallas en su funcionamiento debido al sobrecalentamiento.
- Se recomienda cambiar los filtros de los ventiladores cada 3 meses, con el objetivo de que la calidad del aire suministrado no se vea afectado.
- Se recomienda revisar los módulos solares por lo menos 1 vez a la semana, verificar su estado y realizar una limpieza, ya que la presencia de hojas, polvos o cualquier otro tipo de estos sobre la superficie de los paneles puede reducir la cantidad de energía captada por el sistema.
- Debido a la situación actual, no fue posible tener acceso al edificio y determinar el número flujo real de personas que posee este, por lo que para determinar su carga térmica se trabajó con la máxima capacidad del edificio, por lo que se recomienda que para futuros trabajos se realice un análisis del flujo de personas durante mínimo

2 semanas, para poder determinar las cargas térmicas debido a las personas de manera más exacta.

- Para determinar la carga térmica del edificio se despreció la influencia de las infiltraciones sobre la carga térmica, esto debido a que no se pudo tener acceso a la edificación, por lo que se recomienda realizar un análisis de infiltraciones, ya que estas pueden afectar en la calidad del aire, niveles de humedad e inclusive en el confort térmico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANSI-ASHRAE, «Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,» Atlanta, 2010.
- [2] ASHRAE, Handbook Fundamentals, Atlanta, 2010.
- [3] ASHRAE, Heating, Ventilating, and Air-Conditioning SYSTEMS AND EQUIPMENT, Atlanta, 2020.
- [4] E. D. J. G. J. P. N. Alfredo Barriga, INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, Guayaquil: Latin American Open Text Book Initiative, 2014.
- [5] ARCONEL, «PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN,» 23 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.cnelep.gob.ec/pliego-tarifario-2/>.
- [6] Banco Central del Ecuador, «Tasa de interes,» Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>.
- [7] V. M. C. G. R. Á. S. Mario Arturo Gonzáles García, «Inversores inteligentes en sistema de energía fotovoltaica,» *Universitarios Posotinos*, nº 238, pp. 24-29, 2019.
- [8] E. C. E. H. v. d. H. H. M. M. M. M. M. R. Y. M. Z. W. C. Jean-Francois Bastin, «Understanding climate change from a global analysis of city analogues:PLOS ONE,» 10 Julio 2019. [En línea].
- [9] V. H. A. Goetzberger, Photovoltaic Solar Energy Generation, Springer, pp. 102-103.
- [1 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «ANUARIO METEOROLÓGICO,»
0] GUAYAQUIL, 2014.

APÉNDICES

APÉNDICE A

CÁLCULOS DEMOSTRATIVOS

Dimensionamiento del sistema de climatización

El cálculo de la carga térmica del edificio se lo realizó 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:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)]f$$
$$DTCE_e = [(25 + 0) * 0.65 + (78 - 71.6) + (94.46 - 85)] * 1$$
$$DTCE_e = 32.11 \text{ } ^\circ F$$

Una vez obtenido el diferencial de temperatura, se procedió a calcular la carga térmica generada a través de esa pared, con el valor del Coeficiente general de transferencia de calor, y el área de la pared:

$$Q = U * A * DTCE_e$$
$$Q = 0.402 * 383 * 32.11$$
$$Q_s = 4950.1 \frac{BTU}{h}$$

Se realizó el mismo procedimiento para las demás paredes:

Conducción Planta Alta						Área (ft2)	Caso crítico 12 AM	Latitud 0° Marzo	K	Tr	To	f	DTCEe	Q
Tipo	ANCHO (M)	ALTO (M)	Orientación	Material	U		DTCE	LM						
AULA 9BA103														
Pared exterior 1	10.8	3.35	NNE	Bloque 8in	0.402	246.62	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	3183.41
Pared exterior 2	7.1	3.35	WNW	Bloque 8in	0.402	255.93	8	-1	0.65	71.6	94.46	1	20.41	2099.83
Ventana 1	7.8	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	142.68	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	3688.84
TECHO	10.8	6.77	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	786.73	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	2003.20
OFICINA DE PROFESORES														
Pared exterior 3	7.29	3.35	WNW	Bloque 8in	0.402	262.78	8	-1	0.65	71.6	94.46	1	20.41	2156.02
TECHO	10.8	6.77	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	786.73	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	2003.20
AULA 9BA104														
Pared exterior 4	7.2	3.35	WNW	Bloque 8in	0.402	259.53	8	-1	0.65	71.6	94.46	1	20.41	2129.41
Pared exterior 5	10.8	3.35	SSW	Bloque 8in	0.402	246.62	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	1830.14
Ventana 5	7.8	1.7	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	142.68	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	3688.84
TECHO	10.8	6.87	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	798.35	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	2032.79
AULA 9BA105														
Pared exterior 6	10.6	3.35	SSW	Bloque 8in	0.402	223.92	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	1661.66
Ventana 6	8.65	1.7	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	158.23	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	4090.83
TECHO	10.6	7.8	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	889.64	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	2265.23
ASOCIACION DE ESTUDIANTES														
Pared exterior 7	10.8	3.35	SSW	Bloque 8in	0.402	215.42	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	1598.58
Pared exterior 8	8.7	3.35	ESE	Bloque 8in	0.402	313.60	31	-3	0.65	71.6	94.46	1	34.06	4293.85

Ventana 7	10.1	1.6	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	173.88	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	4495.60
TECHO	10.8	8.56	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	994.74	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	2532.85
AULA 9BA101														
Pared exterior 9	11.04	3.35	ESE	Bloque 8in	0.402	397.95	31	-3	0.65	71.6	94.46	1	34.06	5448.75
Pared exterior 10	10.8	3.35	NNE	Bloque 8in	0.402	202.72	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	2616.73
Ventana 10	10.2	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	186.58	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	4823.87
TECHO	11.04	10.69	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	1269.87	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	3233.39
AULA 9BA102														
Pared exterior 11	10.8	3.35	NNE	Bloque 8in	0.402	211.33	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	2727.85
Ventana 11	9.73	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	177.98	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	4601.60
TECHO	10.8	10.54	-	CONCRETO LIGER 6IN	0.109	1224.83	16	-1	0.5	71.6	94.46	1	23.36	3118.72

Conducción Planta Baja						Área (ft2)	Caso crítico	Latitud	K	Tr (°F)	To (°F)	f	DTCEe (°F)	Q (BTU/h)
Tipo	ANCHO (M)	ALTO (M)	Orientación	Material	U (BTU/h-ft2-°F)		12AM	0°						
AULA PPL 1														
Pared exterior 1	10.8	3.3	NNE	Bloque 8in	0.402	383	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	4950.13
Pared exterior 2	21.55	3.3	WNW	Bloque 8in	0.402	765	8	-1	0.65	71.6	94.46	1	20.41	6278.31
Pared exterior 3	10.8	3.3	SSW	Bloque 8in	0.402	323	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	2400.26
Ventana 3 (3 VENTANAS)	1.55	1.2	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	60	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	1552.32
AULA PPL 2														
Pared exterior 4	10.8	3.3	SSW	Bloque 8in	0.402	323.4456	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	2400.26
Pared exterior 5	10.8	3.3	NNE	Bloque 8in	0.402	383.4864	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	4950.13

Ventana 4 (3 VENTANAS)	1.55	1.2	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	60.0408	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	1552.32
LABORATORIO DELTA														
Pared exterior 6	10.8	3.3	SSW	Bloque 8in	0.402	209.6048	9	-5	0.65	71.6	94.46	1	18.46	1555.46
Pared exterior 7	7.8	3.3	ESE	Bloque 8in	0.402	276.9624	31	-3	0.65	71.6	94.46	1	34.06	3792.20
Ventana 6	10.1	1.6	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	173.8816	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	4495.60
SALA PROFESORES														
Pared exterior 8	3.55	3.3	NNE	Bloque 8in	0.402	68.7026	25	0	0.65	71.6	94.46	1	32.11	886.83
Ventana 8	3.33	1.6	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	57.32928	9	----	----	71.6	94.46	----	24.86	1482.21

Carga térmica por radiación solar

Se procede a calcular la ganancia de calor térmica a través de la ventana 3 de un material de vidrio sencillo, que está orientada hacia el Sur-Oeste:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$Q = 87 * 60.04 * 0.94 * 0.23$$

$$Q_s = 1129.33 \frac{BTU}{h}$$

PLANTA BAJA RADIACIÓN															
Tipo	ANCHO (M)	ALTO (M)	Orientación	Material	U (BTU/h-ft2-°F)	Área (ft2)	DTC E	L M	K	Tr	To	FGC S	CS	FC E	Q (BTU/H)
AULA PPL1															
Ventana 3 (3 VENTANAS)	1.55	1.2	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	60.04	9	---	---	71.6	94.46	87	0.94	0.23	1129.33
AULA PPL2															
Ventana 4 (3 VENTANAS)	1.55	1.2	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	60.04	9	---	---	71.6	94.46	87	0.94	0.23	1129.33
LABORATORIO DELTA															
Ventana 6	10.1	1.6	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	173.94	9	---	---	71.6	94.46	87	0.94	0.23	3271.79
SALA PROFESORES															
Ventana 8	3.33	1.6	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	57.35	9	---	---	71.6	94.46	87	0.94	0.17	797.31

PLANTA ALTA RADIACIÓN															
Tipo	ANCHO (M)	ALTO (M)	Orientación	Material	U	Área (ft2)	DTC E	LM	K	Tr	To	FGC S	CS	FCE	Q (BTU/H)
AULA 9BA103															
Ventana 1	7.8	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	142.6776	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.23	2683.68
AULA 9BA104															
Ventana 5	7.8	1.7	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	142.6776	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.23	2683.68
AULA 9BA105															
Ventana 6	8.65	1.7	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	158.2831495	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.23	2977.21
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES															
Ventana 7	10.1	1.6	SSW	Vidrio Sencillo	1.04	173.944624	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.23	3271.79
AULA 9BA101															
Ventana 10	10.2	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	186.646026	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.23	3510.70
AULA 9BA102															
Ventana 11	9.73	1.7	NNE	Vidrio Sencillo	1.04	178.0456699	9	----	----	71.6	94.46	87	0.94	0.17	2475.30

Carga térmica generada por las personas

Para las aulas de clases se considera como una zona de trabajo de oficina moderado, en el cual cada persona genera una carga térmica sensible de 250BTU/h y una carga latente de 200BTU/h. Se procede a calcular la ganancia de calor para el Aula PPL 1.

$$Q_s = 255 * 115$$

$$Q_s = 28750 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_l = 200 * 115$$

$$Q_l = 23000 \frac{BTU}{h}$$

Personas PB					
Zona	Cantidad	Ganancia de calor sensible (btu/h)	Ganancia de calor latente (btu/h)	Calor Sensible (BTU/h)	Calor Latente (BTU/h)
AULA PPL1	115	250	200	28750	23000
AULA PPL2	115	250	200	28750	23000
LABORATORIO DELTA	42	250	200	10500	8400
SALA PROFESORES	8	250	200	2000	1600

Personas PA					
Zona	Cantidad	Ganancia de calor sensible (btu/h)	Ganancia de calor latente (btu/h)	Calor Sensible (BTU/h)	Calor Latente (BTU/h)
AULA 9BA103	54	255	255	13770	13770
SALA DE PROFESORES	14	255	255	3570	3570
AULA 9BA104	54	255	255	13770	13770
AULA 9BA105	58	255	255	14790	14790
ASOCIACION DE ESTUDIANTES	20	255	255	5100	5100
AULA 9BA101	79	255	255	20145	20145
AULA 9BA102	77	255	255	19635	19635

Carga térmica generado por el alumbrado

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

$$W = LDP * A$$

$$W = 0.81 * 2336.62$$

$$W = 1892.6 \text{ Watt}$$

$$Q = 3.4 * 1892.6$$

$$Q_s = 6453.99 \frac{BTU}{h}$$

ALUMBRADO PA					
ZONA	FACTOR LPD W/FT2	ÁREA M2	ÁREA FT2	W	CALOR SENSIBLE (BTU/H)
AULA 9BA103	0.81	73.14	787.27	637.69	2174.52
SALA DE PROFESORES	0.81	73.14	787.27	637.69	2174.52
AULA 9BA104	0.81	74.20	798.68	646.93	2206.04
AULA 9BA105	0.81	82.72	890.39	721.22	2459.35
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	0.81	92.40	994.58	805.61	2747.14
AULA 9BA101	0.81	118.00	1270.14	1028.81	3508.25
AULA 9BA102	0.81	113.78	1224.72	992.02	3382.79

ALUMBRADO PB					
ZONA	FACTOR LPD W/FT2	ÁREA M2	ÁREA FT2	W	CALOR SENSIBLE (BTU/H)
AULA PPL1	0.81	217.08	2336.63	1892.67	6454.00
AULA PPL2	0.81	217.08	2336.63	1892.67	6454.00
LABORATORIO DELTA	0.81	88.56	953.25	772.13	2632.97
SALA DE PROFESORES	0.81	41.27	444.23	359.82	1227.00

Carga térmica generada por los equipos eléctricos

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

$$Q = 3.4 * 70$$

$$Q = 238.7 \frac{BTU}{h}$$

Equipos Eléctricos PB				
DESCRIPCION	CANTIDAD	W	BTU/H	TOTAL, BTU/H
AULA PPL1				
COMPUTADORA	115	70	238.7	27450.5
PROYECTOR	2	-	1070	2140
AULA PPL2				
COMPUTADORA	115	70	238.7	27450.5
PROYECTOR	2	-	1070	2140
LABORATORIO DELTA				
COMPUTADORA	42	70	238.7	10025.4
PROYECTOR	1	-	1070	1070
SALA DE PROFESORES				
COMPUTADORA	4	70	238.7	954.8

Equipos Eléctricos PA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	W	BTU/H	TOTAL, BTU/H
AULA 9BA103				
COMPUTADORA	54	70	238.7	12889.8
PROYECTOR	1	-	1070	1070
SALA DE PROFESORES				
COMPUTADORA	14	70	238.7	3341.8
AULA 9BA104				
COMPUTADORA	54	70	238.7	12889.8
PROYECTOR	1	-	1070	1070
AULA 9BA105				
COMPUTADORA	58	70	238.7	13844.6
PROYECTOR	1	-	1070	1070
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES				
COMPUTADORA	20	70	238.7	4774
AULA 9BA101				
COMPUTADORA	79	70	238.7	18857.3
PROYECTOR	1	-	1070	1070
AULA 9BA102				
COMPUTADORA	77	70	238.7	18379.9
PROYECTOR	1	-	1070	1070

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:

$$flujo = personas * \frac{cfm}{persona}$$

$$flujo = 115 * 10$$

$$flujo = 1150 \text{ CFM}$$

Para calcular la ganancia de calor que genera el suministro de aire se utiliza las siguientes fórmulas.

Para obtener la ganancia de calor sensible primero se requiere obtener la diferencia de temperatura entre el aire suministrado y el aire del recinto:

$$Q_s = 1.1 * CFM * \Delta T$$

Para obtener la ganancia de calor latente es necesario obtener la diferencia de humedad entre el aire suministrado con el aire del recinto a climatizar:

$$Q_l = 0.68 * CFM * \Delta H$$

Se procede a calcular los valores de temperatura de suministro de aire y la humedad, que proporciona el ventilador de recuperación de energía, el ventilador de recuperación de energía hace un intercambio de calor entre el aire extraído de una zona climatizada con el aire suministrado del medio exterior, ocasionando que la nueva temperatura de suministro disminuya en un gran porcentaje, se procede a calcular estas temperaturas y humedad con las siguientes fórmulas.

$$T_2 = \frac{\dot{m}_2 * c_{p,1} * T_1 - \epsilon_{sensible} * \dot{m}_{min} * (c_{p,1} * T_1 - c_{p,3} * T_3)}{\dot{m}_2 * c_{p,2}}$$

$$T_4 = \frac{\dot{m}_2 * c_{p,3} * T_3 + \epsilon_{sensible} * \dot{m}_{min} * (c_{p,1} * T_1 - c_{p,3} * T_3)}{\dot{m}_2 * c_{p,2}}$$

$$W_2 = \frac{\dot{m}_2 * h_{fg,1} * W_1 - \epsilon_{latente} * \dot{m}_{min} * (h_{fg,1} * W_1 - h_{fg,1} * W_3)}{\dot{m}_2 * h_{fg,2}}$$

$$W_4 = \frac{\dot{m}_2 * h_{fg,3} * W_3 + \epsilon_{latente} * \dot{m}_{min} * (h_{fg,1} * W_1 - h_{fg,3} * W_3)}{\dot{m}_2 * h_{fg,2}}$$

Donde:

\dot{m}_2 = Flujo másico de suministro del ERV (lb/min)

\dot{m}_{min} = Flujo másico de extracción del ERV (lb/min)

$c_{p,x}$ = Calor específico del aire (BTU/lbm-°F)

$h_{fg,x}$ = Calor de vaporización del agua (BTU/lb)

T1 = Temperatura exterior del aire (°F)

T3 = Temperatura extracción del aire (°F)

T2 = Temperatura de suministro del aire (suministro del ERV) (°F)

T4 = Temperatura de salida del aire (extracción del ERV) (°F)

$\varepsilon_{sensible}$ = Eficiencia del ERV

W1 = Humedad exterior del aire (lb/lb of dry air)

W3 = Humedad de extracción del aire (lb/lb of dry air)

W2 = Humedad de suministro del aire (suministro del ERV) (lb/lb of dry air)

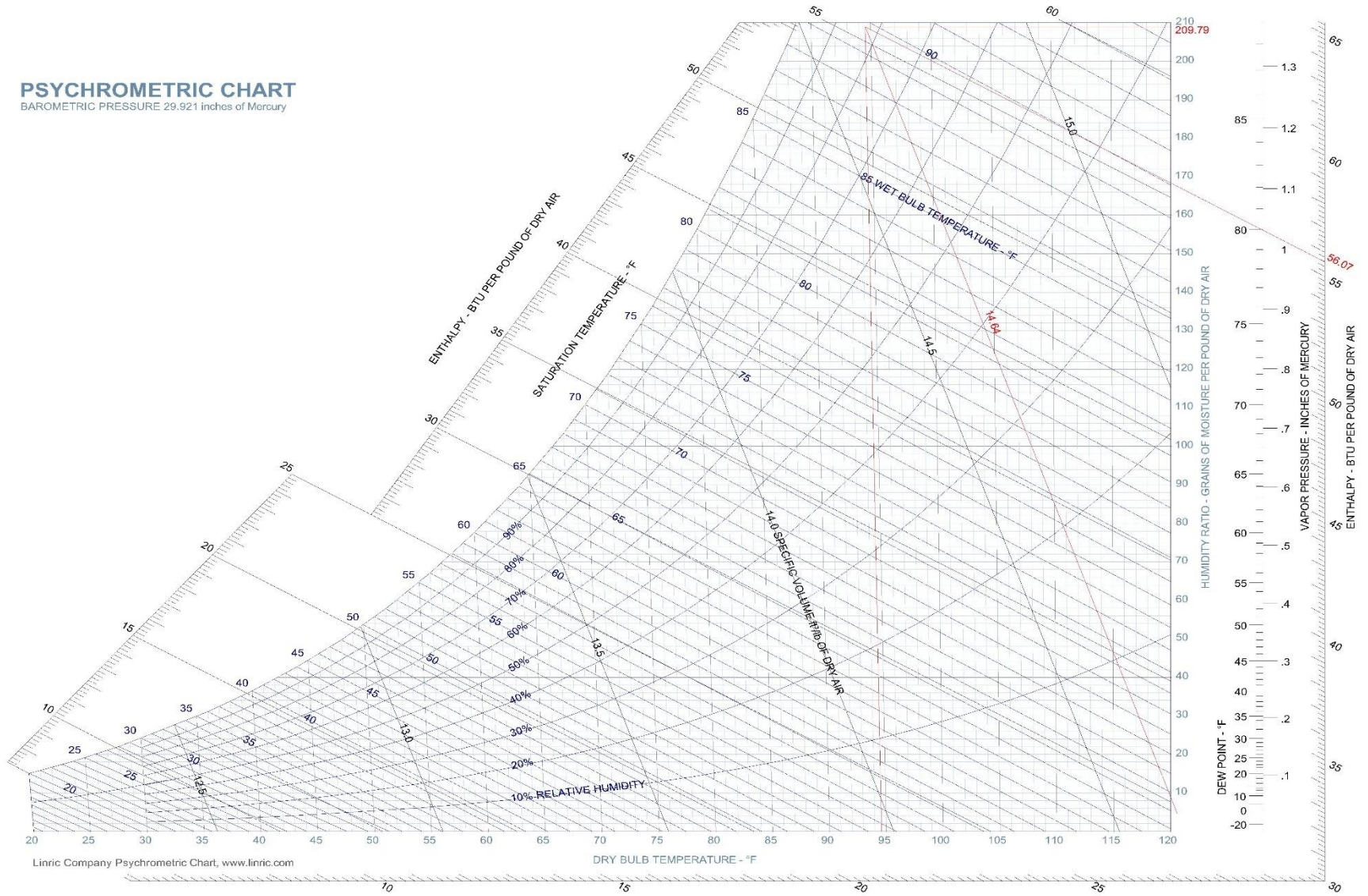
W4 = Humedad de salida del aire (extracción del ERV) (lb/lb of dry air)

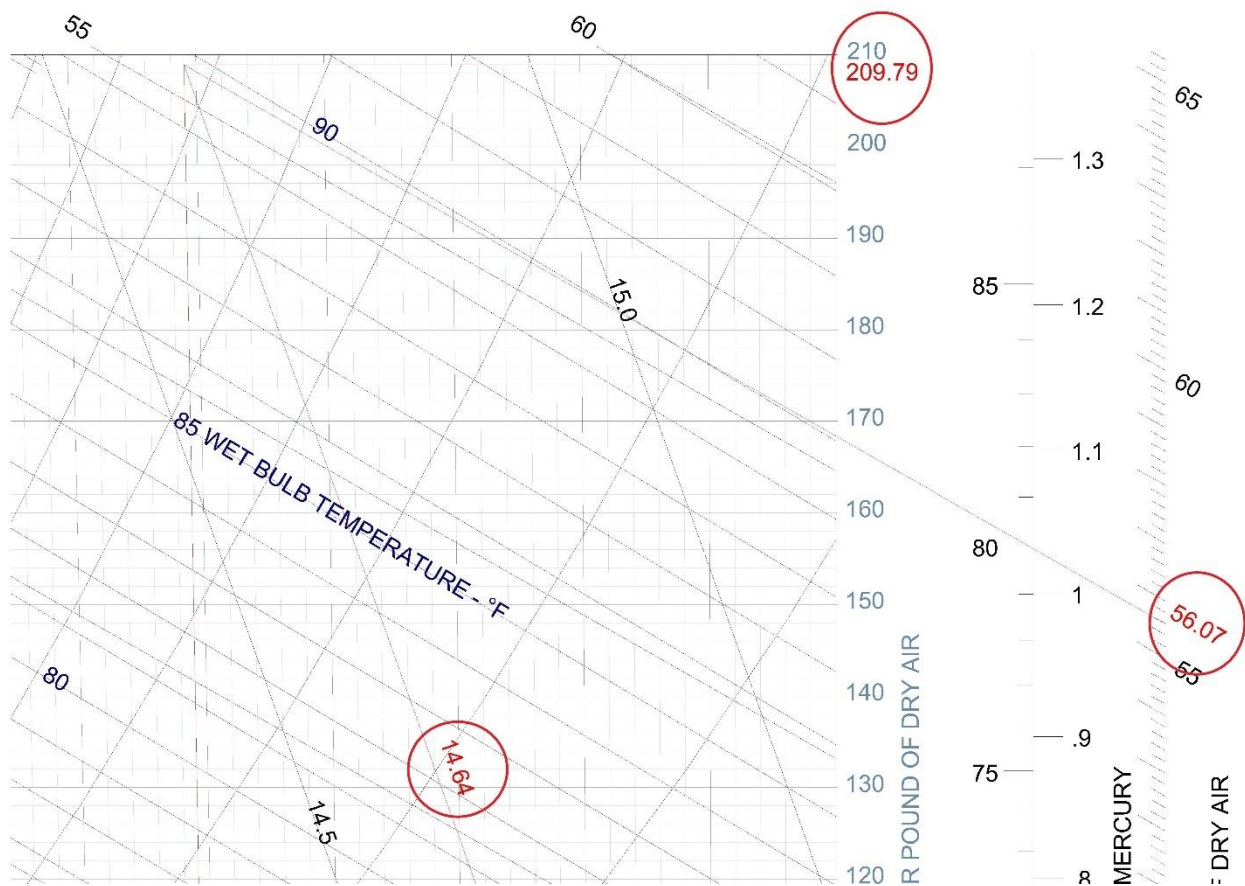
De la tabla Psicrométrica se saca los estados del aire, la humedad, el volumen específico y la entalpía.

A una temperatura de bulbo seco de 94.96 °F con una humedad relativa del 85%, se obtiene

PSYCHROMETRIC CHART

BAROMETRIC PRESSURE 29.921 inches of Mercury





Se obtiene un volumen específico de 14.64 ft³/lb, una entalpía de 56.07 BTU/lb y una humedad de 209.79 gr/lb, se procede a obtener los mismos datos del estado del aire interior y se procede a realizar los cálculos correspondientes:

$$T_2 = \frac{78.55 * 0.24 * 94.46 - 0.65 * 84 * (0.24 * 94.46 - 0.24 * 75)}{78.55 * 0.24}$$

$$T_2 = 80.93 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_4 = \frac{78.55 * 0.24 * 75 + 0.65 * 84 * (0.24 * 94.46 - 0.24 * 75)}{78.55 * 0.24}$$

$$T_4 = 88.53 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$W_2 = \frac{78.55 * 1100 * 0.03 - 0.65 * 84 * (1100 * 0.03 - 1100 * 0.01)}{78.55 * 1100}$$

$$W_2 = 0.02 \frac{\text{lb}}{\text{lb of dry air}}$$

$$W_2 = 112.57 \frac{\text{gramos}}{\text{lb of dry air}}$$

$$W_4 = \frac{78.55 * 1100 * 0.01 + 0.65 * 84 * (1100 * 0.03 - 1100 * 0.01)}{78.55 * 1100}$$

$$W_4 = 0.02 \frac{\text{lb}}{\text{lb of dry air}}$$

$$W_4 = 167.15 \frac{\text{gramos}}{\text{lb of dry air}}$$

PB	Condiciones Exteriores (1)							Condiciones Salida (3)							Condiciones Entrada ERV (2)				Condiciones Salida ERV (4)			
Zona	Dry Temp F	% Humedad Relativa	Humidity Ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	Volume Especifico ft3/lb	Ental pía BTU/lb	Flujo máxico lb/min	Dry Temp F	% Humedad Relativa	Humidity Ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	Volume Especifico ft3/lb	Ental pía BTU/lb	Flujo máxico lb/min	Dry Temp F	Humidity ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	ENTAL PÍA BTU/LB	Dry Temp F	Humidity ratio	Humidity ratio gr/lb	ENTAL PÍA BTU/LB
AULA PPL1	94.46	85	0.03	209.79	14.64	56.07	78.55	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	84.00	80.93	0.02	112.57	37.34	88.53	0.02	167.15	10.40
AULA PPL2	94.46	85	0.03	209.79	14.64	56.07	78.55	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	84.00	80.93	0.02	112.57	37.34	88.53	0.02	167.15	10.40
LABORATORIO DELTA	94.46	85	0.03	209.79	14.64	56.07	28.69	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	30.68	80.93	0.02	112.57	37.34	88.53	0.02	167.15	10.40
SALA PROFESORES	94.46	85	0.03	209.79	14.64	56.07	5.46	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	5.84	80.93	0.02	112.57	37.34	88.53	0.02	167.15	10.40

PA	Condiciones Exteriores (1)							Condiciones Salida (3)							Condiciones Entrada ERV (2)				Condiciones Salidad ERV (4)			
Zona	Dry Temp F	% Humedad Relativa	Humidity Ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	Volume Especifico ft3/lb	Ental pía BTU/lb	Flujo máxico lb/min	Dry Temp F	% Humedad Relativa	Humidity Ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	Volume Especifico ft3/lb	Ental pía BTU/lb	Flujo máxico lb/min	Dry Temp F	Humidity ratio lb/lb	Humidity ratio gr/lb	ENTAL PÍA BTU/LB	Dry Temp F	Humidity ratio	Humidity ratio gr/lb	ENTAL PÍA BTU/LB

AULA 9BA103	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	36.8 9	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	39.4 4	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
SALA DE PROFESORES	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	9.56 9	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	10.2 3	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
AULA 9BA104	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	36.8 9	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	39.4 4	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
AULA 9BA105	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	39.6 2	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	42.3 7	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	13.6 6	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	14.6 1	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
AULA 9BA101	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	53.9 6	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	57.7 1	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40
AULA 9BA102	94. 46	85	0.03	209.7 9	14.64	56.07	52.6 0	75	55	0.01	69.93	13.69	29.13	56.2 5	80. 93	0.02	112.5 7	37.34	53	88.	0.02	167.1 5	10.40

Se procedió a calcular el calor generado por ventilación mecánica con las temperaturas y humedad de suministro obtenido del ventilador de recuperación de energía:

$$Q_s = 1.1 * CFM * \Delta T$$

$$Q_s = 1.1 * 1150 * (80.93 - 71.6)$$

$$Q_s = 11806.55 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_l = 0.68 * CFM * \Delta H$$

$$Q_l = 0.68 * 1150 * (112.57 - 69.93)$$

$$Q_l = 33346.46 \frac{BTU}{h}$$

Ventilación mecánica PB				
Zona	Personas	CFM/persona	Calor Sensible (BTU/h)	Calor Latente (BTU/h)
AULA PPL1	115	10	11806.55	33346.46
AULA PPL2	115	10	11806.55	33346.46
LABORATORIO DELTA	42	10	4311.96	12178.71
SALA PROFESORES	8	10	821.33	2319.75

Ventilación mecánica PA				
Zona	Personas	CFM/persona	Calor Sensible (BTU/h)	Calor Latente (BTU/h)
AULA 9BA103	54	10	5543.94	15658.34
SALA DE PROFESORES	14	10	1437.32	4059.57
AULA 9BA104	54	10	5543.94	15658.34
AULA 9BA105	58	10	5954.61	16818.21
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	20	10	2053.31	5799.38
AULA 9BA101	79	10	8110.58	22907.57
AULA 9BA102	77	10	7905.25	22327.63

Carga térmica total

Se procedió a sumar todas las cargas térmicas, obteniendo:

ZONA PB	CARGA TÉRMICA (BTU/H)
AULA PPL1	149257.85
AULA PPL2	142979.54
LABORATORIO DELTA	62234.10
SALA PROFESORES	12089.23

ZONA PA	CARGA TÉRMICA (BTU/H)
AULA 9BA103	78535.57
SALA DE PROFESORES	22312.43
AULA 9BA104	77272.98
AULA 9BA105	80721.70
ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	41766.51
AULA 9BA101	114377.15
AULA 9BA102	105259.03

Dimensionamiento del sistema de captación

Rendimiento de paneles fotovoltaicos

$$R_{panel} = \frac{P_c}{1000 \frac{W}{m^2} * A} * 100\% \quad ec(2.13)$$

Donde

R_{panel} = Eficiencia del panel

P_c = Potencia pico [W]

A = Área de captación [m^2]

$$R_{panel} = \frac{370W}{1000 \frac{W}{m^2} * 1.8m^2} * 100\% = 20.5\%$$

Números de paneles para satisfacer la demanda

$$P = \frac{E_d}{G_t} \quad ec(2.14)$$

$$N_p = \frac{1.1 * P}{R_{panel} * A} \quad ec(2.15)$$

Donde

N_p = Número de paneles

E_d = Consumo diario

G_t = Radiación incidente

A = Área de captación [m^2]

$$P = \frac{665.12kWh * día}{3.36 \frac{kWh}{m^2} * día} = 197.95m^2$$

$$N_p = \frac{1.1 * 197.95m^2}{0.205 * 1.8m^2} = 590.09 = 590 \text{ paneles}$$

Distancia mínima entre paneles

$$d = l * \frac{\sin(5^\circ)}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})} \quad ec(2.16)$$

Donde.

d = Distancia entre arreglos

l = largo del panel solar

latitud = Latitud a la cual se encuentra el arreglo

$$d = 1755\text{mm} * \frac{\sin(5^\circ)}{\text{tg}(61^\circ - (-2.147155^\circ))} = 77.44\text{mm}$$

Potencia del Sistema fotovoltaico

$$E_d = \frac{A * N_p * G_t * R_{panel}}{1.1} \text{ ec(2.17)}$$

Donde

N_p = Número de paneles

E_d = Consumo diario

G_t = Radiación incidente

A = Área de captación [m^2]

R_{panel} = Eficiencia del panel

$$E_d = \frac{1.8\text{m}^2 * 256 * 3.36 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * \text{día} * 0.205}{1.1} = 288.54\text{kWh} * \text{día}$$

$$\%_{energía} = \frac{288.54\text{kWh} * \text{día}}{665.12\text{kWh} * \text{día}} * 100\% = 43.4\%$$

APÉNDICE B

CONSUMO ELECTRICO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

PLANILLA UNIDADES EXTERIORES VRF					
TIPO	Modelo	Capacidad	Consumo	Voltaje	CANTIDAD
		BTUH	KW	Volt/Ph/Hz	
UC-1	AVWT-380U8SZA	382000	32.84	220/3/60	1
UC-2	AVWT-287U8SZA	286000	23.37	220/3/60	1
UC-3	AVWT-232U8SZA	232000	17.56	220/3/60	1
TOTAL, CONSUMO KW CONDENSADORAS PROYECTO					73.77
PLANILLA UNIDADES INTERIORES VRF					
TIPO	Modelo	Capacidad	Consumo	Voltaje	CANTIDAD
		BTUH	Kw	Volt/Ph/Hz	
CASSETTE	AVBC-27HJFKA	27300	0.06	220/1/60	12
CASSETTE	AVBC-38HJFKA	38220	0.13	220/1/60	4
CASSETTE	AVBC-48HJFKA	47770	0.13	220/1/60	2
MINI CASSETTE	AVC-12HJFA	12280	0.02	220/1/60	1
FANCOIL	AVD-22UX2SBH	21500	0.15	220/1/60	1
FANCOIL	AVD-38UX2SCH	38220	0.30	220/1/60	3
FANCOIL	AVD-76UX2SFH	76430	1.03	220/1/60	2
PISO TECHO	AVV-27UR2SB	28660	0.07	220/1/60	1
PISO TECHO	AVV-38UR2SB	38220	0.13	220/1/60	1
TOTAL, CONSUMO KW UNIDADES EVAPORADORAS PROYECTO					4.83
PLANILLA VENTILADORES ERV					
ZONA	Modelo	Capacidad	Consumo	Voltaje	CANTIDAD
		CFM	Kw	Volt/Ph/Hz	
AULA PPL1	ERV-1	1150	0.70	220/1/60	1
AULA PPL2	ERV-2	1150	0.70	220/1/60	1
LABORATORIO DELTA SALA PROFESORES	ERV-3	500	0.50	220/1/60	1
AULA 9BA103 SALA DE PROFESORES				220/1/60	
AULA 9BA104	ERV-4	700	0.50	220/1/60	1
AULA 9BA105	ERV-5	540	0.50	220/1/60	1
	ERV-6	580	0.50	220/1/60	1

ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES	ERV-7	200	0.14	220/1/60	1
AULA 9BA101	ERV-8	790	0.50	220/1/60	1
AULA 9BA102	ERV-9	770	0.50	220/1/60	1
TOTAL, CONSUMO KW VENTILADORES					4.54
TOTAL, CONSUMO SISTEMA DE CLIMATIZACION KW					83.14

APÉNDICE C

COSTOS

Proforma sistema de climatización

MODELO	MARCA	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
UNIDADES EXTERIORES						
AVWT-232U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	13969	\$ 13,969.00
AVWT-287U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	15591	\$ 15,591.00
AVWT-382U8SZA	Hisense	G+ Series	pc	1	22317	\$ 22,317.00
UNIDADES INTERIORES						
AVBC-27HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	12	775.13	\$ 9,301.56
AVBC-38HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	4	861.25	\$ 3,445.00
AVBC-48HJFKA	Hisense	4-Way Cassette(New)	pc	2	911.09	\$ 1,822.18
AVC-12HJFA	Hisense	Mini 4-Way Cassette	pc	1	632.29	\$ 632.29
AVD-22UX2SBH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	1	678.13	\$ 678.13
AVD-38UX2SCH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	3	756	\$ 2,268.00
AVD-76UX2SFH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	pc	2	1714.91	\$ 3,429.82
AVV-27UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1	742.79	\$ 742.79
AVV-38UR2SB	Hisense	Ceiling & Floor	pc	1	1045.41	\$ 1,045.41
BRANCH JOINT						
HFQ-102F	Hisense	BRANCH	pc	8	56.25	\$ 450.00
HFQ-162F	Hisense	BRANCH	pc	8	66.66	\$ 533.28
HFQ-242F	Hisense	BRANCH	pc	4	95.84	\$ 383.36
HFQ-302F	Hisense	BRANCH	pc	3	139.59	\$ 418.77
HFQ-M22F	Hisense	BRANCH	pc	1	131.52	\$ 131.52
HFQ-M32F	Hisense	BRANCH	pc	2	141.66	\$ 283.32
TUBERÍA DE COBRE						
Φ1 1/2		TUBERÍA DE COBRE	m	27.01	28.25	\$ 763.03

Φ1 1/4		TUBERÍA DE COBRE	m	6.46	27.85	\$	179.91
Φ1 1/8		TUBERÍA DE COBRE	m	25.1	29.27	\$	734.68
Φ1 5/8		TUBERÍA DE COBRE	m	26.63	30.69	\$	817.27
Φ1/2		TUBERÍA DE COBRE	m	43.29	16.11	\$	697.40
Φ1/4		TUBERÍA DE COBRE	m	7.05	12.57	\$	88.62
Φ3/4		TUBERÍA DE COBRE	m	73.02	20.75	\$	1,515.17
Φ3/8		TUBERÍA DE COBRE	m	147.01	14.27	\$	2,097.83
Φ5/8		TUBERÍA DE COBRE	m	107.26	18.57	\$	1,991.82
Φ7/8		TUBERÍA DE COBRE	m	15.67	21.45	\$	336.12
REFRIGERANTE							
R410A			lb	28.52	6.95	\$	198.21
VENTILADORES CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA							
ERV-1	HAMMER	VENTILADOR ERV 1150 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	2329.6	\$	2,329.60
ERV-1	HAMMER	VENTILADOR ERV 1150 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	2329.6	\$	2,329.60
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 500 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$	1,164.80
ERV-3	HAMMER	VENTILADOR ERV 680 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1502.96	\$	1,502.96
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 540 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$	1,164.80
ERV-2	HAMMER	VENTILADOR ERV 580 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1164.8	\$	1,164.80
ERV-4	HAMMER	VENTILADOR ERV 200 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	951.97	\$	951.97
ERV-5	HAMMER	VENTILADOR ERV 790 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1701.89	\$	1,701.89
ERV-5	HAMMER	VENTILADOR ERV 770 CFM 0.5 SP IN WG	pc	1	1701.89	\$	1,701.89
						TOTAL, NO INCLUY \$	100,874.81
						E IVA	

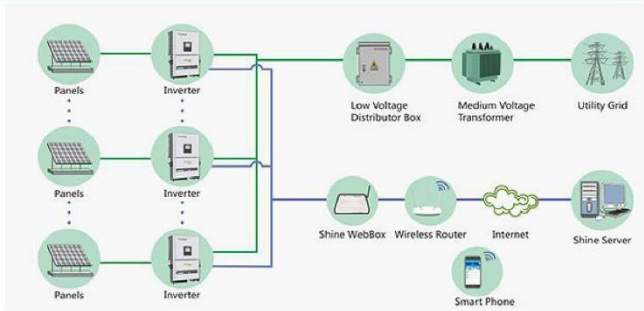
Proforma sistema fotovoltaico



Bluesun Solar Co., Ltd

2nd Building No.3 General Electric Park Wenshui Road, New Industrial Park, Shushan District Hefei China
 Tel/Whatsapp: 0086-157 1551 9091 Fax:+86 551 6520 3660
 E-mail:solar29@bluesunpv.com Skype: zlj_0913

Commercial 100KW Grid tie Solar Power System



To: *Mr. Danilo Arevalo*
 Model: BSM100KW-ON
 PV Capacity: 96.90KW
 System Location: Ecuador
 Peak Sun Hours:4-5H
 Daily Power Generation: 388-485KWH

Item	Article	Picture	Description	Quantity	Unit Price	Amount (USD)
1	LR4-60HPH-370M		LONGi Solar perc half cell mono370w	256	\$83.25	\$21,312.00
2	DC combiner box		5 inputs, 5 outputs DC Breaker,SPD,Switches IP65	3	\$580.00	\$1,740.00
3	Grid tie inverter Solis-30K-LV 30000w		Three phase Voltage: AC 220V 60Hz Waveform:Pure sine wave	3	\$3,525.00	\$10,575.00
4	Wifi monitoring system			3	\$60.00	\$180.00
5	AC combiner box		3 inputs, 1 output	1	\$1,125.00	\$1,125.00
6	DC PV Cable		PV 10mm2 cables 100m/roll (red or black)	200	\$1.80	\$360.00
			PV 4mm2 cables 100m/roll (red or black)	600	\$1.20	\$720.00
7	MC4 Connector		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	150	\$1.20	\$180.00
8	Concrete Roof Mounting System		customized, including all the parts 5 degrees of inclination	1	8335.36	\$8,335.36
Total EXW cost						\$44,527.36

- 1.Payment term: 30%T/T in advance, 70% balance before shipment
- 2.Lead time: 15-20 working days after receiving deposit.
- 3.Quote Validity: 15 days.
- 4.Package: Standard export package.
- 5.Warranty: solar panels 25 years, complete solar system 5 years.



APENDICE D

SOFTWARE DE SELECCIÓN HISENSE



Project information

Project information	
Project name	BLOQUE FCNM
Project location	Guayaquil
Construction area (m ²)	0
Customer	AIRKKON ECUADOR S. A.
Customer telephone	0995653570
Customer email	ingenieria@airkkon.com
Project consultant	DANILO AREVALO
Project designer	DANILO AREVALO

Air-conditioning design parameters

Meteorological parameters

Meteorological parameters			
Summer	Summer atmospheric pressure	101325	Pa
	Summer outdoor DB	34.7	°C
	Summer outdoor WB	12	°C
Altitude		9	m

Indoor design parameters

Indoor design parameters		
Summer indoor DB	22	°C
Summer indoor WB	18.62	°C

Quotation list

Equipment Quotation

Model	Brand	Type	Price ()	Unit	Quantity	Subtotal ()
ODU						
AVWT-232U8SZA	Hisense	G+ Series	/	pc	1	/
AVWT-287U8SZA	Hisense	G+ Series	/	pc	1	/
AVWT-382U8SZA	Hisense	G+ Series	/	pc	1	/
IDU						
AVBC-27HJFKA	Hisense	4-Way Cassette (New)	/	pc	12	/
AVBC-38HJFKA	Hisense	4-Way Cassette (New)	/	pc	4	/
AVBC-48HJFKA	Hisense	4-Way Cassette (New)	/	pc	2	/
AVC-12HJFA	Hisense	Mini 4-Way Cassette	/	pc	1	/
AVD-22UX2SBH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	/	pc	1	/
AVD-38UX2SCH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	/	pc	3	/
AVD-76UX2SFH	Hisense	Ceiling Ducted (High ESP)	/	pc	2	/
AVV-27URSCB	Hisense	Ceiling & Floor	/	pc	1	/
AVV-38URSCB	Hisense	Ceiling & Floor	/	pc	1	/
Branch joint						
HFQ-102F	Hisense		/	pc	9	/
HFQ-162F	Hisense		/	pc	8	/
HFQ-242F	Hisense		/	pc	4	/
HFQ-302F	Hisense		/	pc	3	/
HFQ-M22F	Hisense		/	pc	1	/
HFQ-M32F	Hisense		/	pc	2	/
Air-flow panel						
HP-CB-NA	Hisense		/	pc	23	/

Installation Material Quotation

Model	Brand	Type	Price ()	Unit	Quantity	Subtotal ()
Copper pipe						
Φ1			/	m	27.01	/
Φ1 1/2			/	m	6.46	/
Φ1 1/4			/	m	25.1	/
Φ1 1/8			/	m	26.63	/
Φ1/2			/	m	43.29	/
Φ1/4			/	m	7.05	/
Φ3/4			/	m	73.02	/
Φ3/8			/	m	147.01	/
Φ5/8			/	m	107.26	/
Φ7/8			/	m	15.67	/
Refrigerant						
R410A			/	kg	28.52	/
					Total	
					0	

Air-conditioning system

System 1

System Information

System Information			
Total room numbers	1	Air conditioning area (m ²)	0
ODU model	AVWT-382U8SZA	IDU quantity	15
Rated cooling capacity (kBtu/h)	382.16	Rated heating capacity (kBtu/h)	429.93
Actual cooling capacity (kBtu/h)	361.53	Actual heating capacity (kBtu/h)	443.02
Combination ratio	106%	Corrected combination ratio	111%
*Additional refrigerant charge (kg)	10.58		
The max pipe length from ODU to IDU (m)	32.51	Max height difference (m)	6
System EER	3.5	System COP	4.37

**The above data is for reference only, the actual additional refrigeration weight depends on the actual pipe length.*

Indoor Unit List

Floor	Room	Room cooling load (kBtu/h)	Name	IDU Model	Corrected cooling/heating capacity (kBtu/h)	Corrected sensible cooling capacity (kBtu/h)
PB	AULA PPLI	0	IDU-1	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPLI	0	IDU-2	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPLI	0	IDU-3	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPLI	0	IDU-4	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13

The Hisense Selection Software is property of Hisense. Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.




PB	AULA PPL1	0	IDU-5	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-6	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-7	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-8	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-9	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-10	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-11	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-12	AVBC-27HJFKA	26.92/30.83	21.13
PB	AULA PPL1	0	IDU-13	AVV-38URSCB	37.64/44.36	26.83
PB	AULA PPL1	0	IDU-14	AVV-27URSCB	28.2/32.76	20.81
PB	AULA PPL1	0	IDU-15	AVC-12HJFA	12.05/14.33	8.07













Outdoor Unit Parameters




ODU model	AVWT-382U8SZA		
Modular combination	AVWT-190U8S1A, AVWT-190U8S1A		
Rated cooling capacity (kBtu/h)	382.16	Rated heating capacity (kBtu/h)	429.93
Rated cooling power input (kW)	32.84	Rated heating power input (kW)	32.81
High pressure gas pipe (in)	0		
Gas pipe (in)	1 1/2	Liquid pipe (in)	3/4
Power voltage	208~230V , 3P	Power type	60Hz
EER	3.8	COP	4.75
Weight (kg)	788	Maximum number of IDU	64
Refrigerant type	R410A	Noise (dB(A))	74
Outer dimension (HxWxD) (mm)	1730x2900x750		







Indoor Unit Parameters

Name	IDU Model	Type	Rated cooling/heating capacity (kBtu/h)	Rated sensible cooling capacity (kBtu/h)	Rated power input (kW)	Air volume (CFM)	Static pressure (Pa)
IDU-1	AVBC-27HJFKA		27.3/30.71	21.56	0.06	777/717/660	0/0
IDU-2	AVBC-27HJFKA		27.3/30.71	21.56	0.06	777/717/660	0/0
IDU-3	AVBC-27HJFKA		27.3/30.71	21.56	0.06	777/717/660	0/0

IDU-4	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-5	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-6	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-7	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-8	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-9	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-10	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-11	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-12	AVBC-27HJFKA		27. 3/30. 71	21. 56	0. 06	777/717/660	0/0
IDU-13	AVV-38URSCB		38. 22/44. 36	28. 66	0. 13	876/724/576	0/0
IDU-14	AVV-27URSCB		28. 66/32. 76	21. 21	0. 07	653/537/431	0/0
IDU-15	AVC-12HJFA		12. 28/14. 33	8. 35	0. 02	288/253/230	0/0

Name	IDU Model	Type	Gas/Liquid pipe (in)	Condensate pipe (in)	Weight (kg)	Noise (dB(A))	Outer dimension (HxWxD) (mm)
IDU-1	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-2	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-3	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-4	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-5	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-6	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-7	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-8	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-9	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840

Hisense VRF

IDU-10	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-11	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-12	AVBC-27HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	30	288x840x840
IDU-13	AVV-38URSCB		5/8, 3/8	1 1/4	41	39	230x1285x680
IDU-14	AVV-27URSCB		5/8, 3/8	1 1/4	39	32	230x1285x680
IDU-15	AVC-12HJFA		1/2, 1/4	1 1/4	14.8	26	215x570x570

System 2

System Information

System Information			
Total room numbers	4	Air conditioning area (m ²)	0
ODU model	AVWT-287U8SZA	IDU quantity	6
Rated cooling capacity (kBtu/h)	286.62	Rated heating capacity (kBtu/h)	322.45
Actual cooling capacity (kBtu/h)	268.7	Actual heating capacity (kBtu/h)	327.08
Combination ratio	107%	Corrected combination ratio	112%
*Additional refrigerant charge (kg)	13.55		
The max pipe length from ODU to IDU (m)	44.32	Max height difference (m)	3
System EER	3.28	System COP	4

**The above data is for reference only, the actual additional refrigeration weight depends on the actual pipe length.*

Indoor Unit List

Floor	Room	Room cooling load (kBtu/h)	Name	IDU Model	Corrected cooling/heating capacity (kBtu/h)	Corrected sensible cooling capacity (kBtu/h)
PA	9BA105	0	IDU-6	AVBC-38HJFKA	37.69/42.82	29.18
PA	ASOCIACION DE ESTUDIANTES	0	IDU-8	AVD-38UX2SCH	37.6/44.36	27.76
PA	9BA101	0	IDU-9	AVD-76UX2SFH	75.08/85.3	53.89
PA	9BA101	0	IDU-10	AVD-38UX2SCH	37.6/44.36	27.76
PA	9BA102	0	IDU-11	AVD-76UX2SFH	75.08/85.3	53.89
PA	9BA102	0	IDU-12	AVD-38UX2SCH	37.6/44.36	27.76





The Hisense Selection Software is property of Hisense. Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Outdoor Unit Parameters









ODU model	AVWT-287U8SZA		
Modular combination	AVWT-96U8SNA, AVWT-190U8S1A		
Rated cooling capacity (kBtu/h)	286.62	Rated heating capacity (kBtu/h)	322.45
Rated cooling power input (kW)	23.37	Rated heating power input (kW)	23.45
High pressure gas pipe (in)	0		
Gas pipe (in)	1 1/4	Liquid pipe (in)	3/4
Power voltage	208~230V , 3P	Power type	60Hz
EER	4.03	COP	4.92
Weight (kg)	634	Maximum number of IDU	50
Refrigerant type	R410A	Noise (dB(A))	72
Outer dimension (HxWxD) (mm)	1730x2500x750		

Indoor Unit Parameters

Name	IDU Model	Type	Rated cooling/heating capacity (kBtu/h)	Rated sensible cooling capacity (kBtu/h)	Rated power input (kW)	Air volume (CFM)	Static pressure (Pa)
IDU-6	AVBC-38HJFKA		38.22/42.65	29.81	0.13	1059/968/876	0/0
IDU-8	AVD-38UX2SCH		38.22/44.36	27.52	0.3	942/824/677	120/90
IDU-9	AVD-76UX2SFH		76.43/85.3	54.25	1.03	2048/0/0	220/0
IDU-10	AVD-38UX2SCH		38.22/44.36	27.52	0.3	942/824/677	120/90

The Hisense Selection Software is property of Hisense. Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

IDU-11	AVD-76UX2SFH		76.43/85.3	54.25	1.03	2048/0/0	220/0
IDU-12	AVD-38UX2SCH		38.22/44.3 6	27.52	0.3	942/824/67 7	120/90

Name	IDU Model	Type	Gas/Liquid pipe (in)	Condensate pipe (in)	Weight (kg)	Noise (dB(A))	Outer dimension (HxWxD) (mm)
IDU-6	AVBC-38HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	33	288x840x840
IDU-8	AVD-38UX2SCH		5/8, 3/8	1 1/4	46	36	350x975x800
IDU-9	AVD-76UX2SFH		3/4, 3/8	1 1/4	96	52	470x1060x1120
IDU-10	AVD-38UX2SCH		5/8, 3/8	1 1/4	46	36	350x975x800
IDU-11	AVD-76UX2SFH		3/4, 3/8	1 1/4	96	52	470x1060x1120
IDU-12	AVD-38UX2SCH		5/8, 3/8	1 1/4	46	36	350x975x800

System 3

System Information

System Information			
Total room numbers	4	Air conditioning area (m ²)	0
ODU model	AVWT-232U8SZA	IDU quantity	6
Rated cooling capacity (kBtu/h)	232.03	Rated heating capacity (kBtu/h)	261.03
Actual cooling capacity (kBtu/h)	216.74	Actual heating capacity (kBtu/h)	250.29
Combination ratio	100%	Corrected combination ratio	105%
*Additional refrigerant charge (kg)	4.4		
The max pipe length from ODU to IDU (m)	31.37	Max height difference (m)	-3
System EER	3.89	System COP	4.73

**The above data is for reference only, the actual additional refrigeration weight depends on the actual pipe length.*

Indoor Unit List




Floor	Room	Room cooling load (kBtu/h)	Name	IDU Model	Corrected cooling/heating capacity (kBtu/h)	Corrected sensible cooling capacity (kBtu/h)
PA	9BA103	0	IDU-1	AVBC-48HJFKA	47.08/55.62	35.14
PA	9BA103	0	IDU-2	AVBC-48HJFKA	47.08/55.62	35.14
PA	SALA PROFESORES	0	IDU-3	AVD-22UX2SBH	21.15/25.59	15.02
PA	9BA104	0	IDU-4	AVBC-38HJFKA	37.69/42.82	29.18
PA	9BA104	0	IDU-5	AVBC-38HJFKA	37.69/42.82	29.18
PA	9BA105	0	IDU-7	AVBC-38HJFKA	37.69/42.82	29.18




Outdoor Unit Parameters








ODU model	AVWT-232U8SZA		
Modular combination	AVWT-96U8SNA, AVWT-136U8STA		
Rated cooling capacity (kBtu/h)	232.03	Rated heating capacity (kBtu/h)	261.03
Rated cooling power input (kW)	17.56	Rated heating power input (kW)	17.25
High pressure gas pipe (in)	0		
Gas pipe (in)	1 1/8	Liquid pipe (in)	5/8
Power voltage	208~230V , 3P	Power type	60Hz
EER	4.29	COP	5.24
Weight (kg)	571	Maximum number of IDU	40
Refrigerant type	R410A	Noise (dB(A))	68
Outer dimension (HxWxD) (mm)	1730x2360x750		

Indoor Unit Parameters

Name	IDU Model	Type	Rated cooling/heating capacity (kBtu/h)	Rated sensible cooling capacity (kBtu/h)	Rated power input (kW)	Air volume (CFM)	Static pressure (Pa)
IDU-1	AVBC-48HJFKA		47.77/54.59	35.35	0.13	1183/1045/961	0/0
IDU-2	AVBC-48HJFKA		47.77/54.59	35.35	0.13	1183/1045/961	0/0
IDU-3	AVD-22UX2SBH		21.5/25.59	15.26	0.15	565/494/424	50/80


IDU-4	AVBC-38HJFKA		38. 22/42. 6 5	29. 81	0. 13	1059/968/8 76	0/0
IDU-5	AVBC-38HJFKA		38. 22/42. 6 5	29. 81	0. 13	1059/968/8 76	0/0
IDU-7	AVBC-38HJFKA		38. 22/42. 6 5	29. 81	0. 13	1059/968/8 76	0/0

Name	IDU Model	Type	Gas/Liquid pipe (in)	Condensate pipe (in)	Weight (kg)	Noise (dB(A))	Outer dimension (HxWxD) (mm)
IDU-1	AVBC-48HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	34	288x840x840
IDU-2	AVBC-48HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	34	288x840x840
IDU-3	AVD-22UX2SBH		5/8, 3/8	1 1/4	35	32	270x975x720
IDU-4	AVBC-38HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	33	288x840x840
IDU-5	AVBC-38HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	33	288x840x840
IDU-7	AVBC-38HJFKA		5/8, 3/8	1 1/4	26	33	288x840x840

APÉNDICE E

FICHAS TÉCNICAS Y PLANOS


Paneles solares



LR4-60HPH

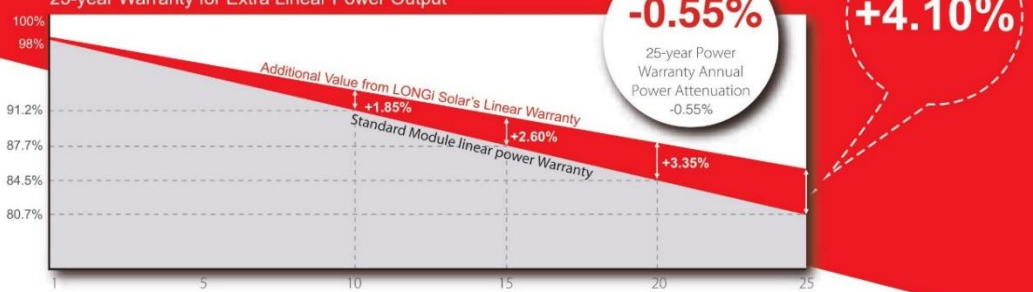
350~380M

High Efficiency
Low LID Mono PERC with
Half-cut Technology



*Both 6BB & 9BB are available

10-year Warranty for Materials and Processing;
25-year Warranty for Extra Linear Power Output



Year	Power Output (%)	Annual Power Attenuation (%)
1	91.2%	-
10	87.7%	+1.85%
15	84.5%	+2.60%
20	80.7%	+3.35%
25	80.7%	-0.55%

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC61730, UL61730
 ISO 9001:2008: ISO Quality Management System
 ISO 14001: 2004: ISO Environment Management System
 TS62941: Guideline for module design qualification and type approval
 OHSAS 18001: 2007 Occupational Health and Safety



* Specifications subject to technical changes and tests. LONGi Solar reserves the right of interpretation.

Positive power tolerance (0 ~ +5W) guaranteed

High module conversion efficiency (up to 20.9%)

Slower power degradation enabled by Low LID Mono PERC technology: first year <2%, 0.55% year 2-25

Solid PID resistance ensured by solar cell process optimization and careful module BOM selection

Reduced resistive loss with lower operating current

Higher energy yield with lower operating temperature

Reduced hot spot risk with optimized electrical design and lower operating current

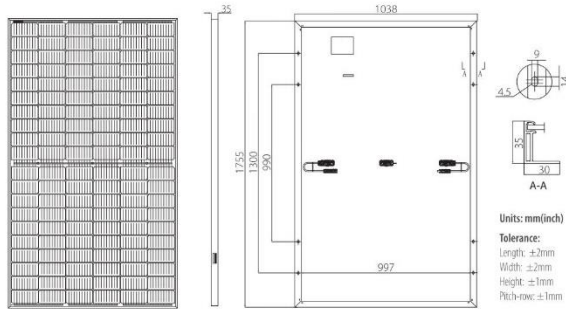
LONGi

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China
 Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGi Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

LR4-60HPH 350~380M

Design (mm)



Mechanical Parameters

Cell Orientation: 120 (6×20)
 Junction Box: IP68, three diodes
 Output Cable: 4mm², 300mm in length,
 length can be customized
 Glass: Single glass
 3.2mm coated tempered glass
 Frame: Anodized aluminum alloy frame
 Weight: 19.5kg
 Dimension: 1755×1038×35mm
 Packaging: 30pcs per pallet
 180pcs per 20'GP
 780pcs per 40'HC

Operating Parameters

Operational Temperature: -40 C ~ +85 C
 Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W
 Voc and Isc Tolerance: ±3%
 Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)
 Maximum Series Fuse Rating: 20A
 Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 C
 Safety Class: Class II
 Fire Rating: UL type 1 or 2

Electrical Characteristics

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Model Number	LR4-60HPH-350M		LR4-60HPH-355M		LR4-60HPH-360M		LR4-60HPH-365M		LR4-60HPH-370M		LR4-60HPH-375M		LR4-60HPH-380M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	350	259.3	355	263.0	360	266.7	365	270.4	370	274.1	375	277.8	380	281.5
Open Circuit Voltage (Voc/V)	40.1	37.4	40.3	37.6	40.5	37.8	40.7	38.0	40.9	38.2	41.1	38.4	41.3	38.5
Short Circuit Current (Isc/A)	11.15	9.00	11.25	9.07	11.35	9.15	11.43	9.22	11.52	9.29	11.60	9.35	11.69	9.42
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	33.6	31.0	33.8	31.2	34.0	31.4	34.2	31.6	34.4	31.8	34.6	32.0	34.8	32.1
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.42	8.35	10.51	8.43	10.59	8.49	10.68	8.56	10.76	8.63	10.84	8.69	10.92	8.76
Module Efficiency(%)	19.2		19.5		19.8		20.0		20.3		20.6		20.9	
STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25 C, Spectra at AM1.5														
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m ² , Ambient Temperature 20 C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/S														

Temperature Ratings (STC)

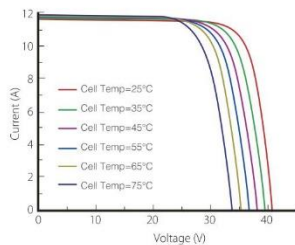
Temperature Coefficient of Isc: +0.048%/C
 Temperature Coefficient of Voc: -0.270%/C
 Temperature Coefficient of Pmax: -0.350%/C

Mechanical Loading

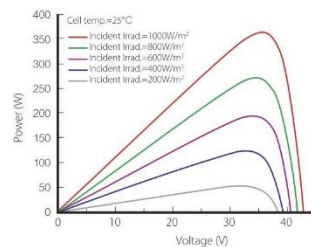
Front Side Maximum Static Loading: 5400Pa
 Rear Side Maximum Static Loading: 2400Pa
 Hailstone Test: 25mm Hailstone at the speed of 23m/s

I-V Curve

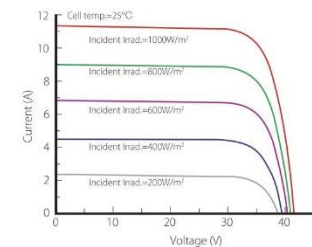
Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



Power-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



LONGi

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China
 Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGi Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

Inversor fotovoltaico

Three

30kW

Solis Three PV Inverter

- ▶ Three phase output
- ▶ Over 98.8% Max. efficiency
- ▶ 200V-1000V input voltage range
- ▶ 7.0" LCD color screen display
- ▶ Four MPPT design with precise MPPT algorithm
- ▶ Compact and light design, easy installation
- ▶ IP65 rated for outdoor installation
- ▶ RS485, WiFi/GPRS (optional) interface
- ▶ Anti-resonance, single transformer can connect 6M+ in parallel
- ▶ Multiple protection functions
- ▶ WiFi and monitoring app available
- ▶ 5 years standard warranty, 20 years optional upgrade



Model:

Solis-30K

Features:

Fanless
Cooling
Concept

Four
MPPT

7"
LCD

WiFi/GPRS
Real time
monitoring

Available on the iPhone
App Store
Available on the iPhone
App Store

IP65

Datasheet

Model	Solis-30K
Energy Source	PV
Input Side(DC)	
Max. DC input power(kW)	34
Max. DC input voltage(V)	1000
Start-up voltage(V)	350
MPPT voltage range(V)	200-800
Max. input current(A)	18A+18A+18A+18A
MPPT number/Max input strings number	4/8
Output Side (AC)	
Rated output power(kW)	30
Max. apparent output power(kVA)	33
Max. output power(kW)	33
Rated grid voltage(V)	400
Grid voltage range(V)	304-460
Rated grid frequency(Hz)	50/60
Operation phase	Three
Rated grid output current(A)	43.3
Max. output current(A)	50
Power Factor (at rated output power)	0.8...1...0.8
THDi (at rated output power)	<3%
DC injection current(mA)	<50
Grid frequency range(Hz)	47-52 or 57-62
Efficiency	
Max. efficiency	98.6%
EU efficiency	98.3%/98.3%
MPPTefficiency	99.9%
Protection	
DC reverse-polarity protection	Yes
Short circuit protection	Yes
Output over current protection	Yes
Output over voltage protection	Yes
Insulation resistance monitoring	Yes
Residual current detection	Yes
Surge protection	Yes
Islanding protection	Yes
temperature protection	Yes
Integrated DC switch	Optional
General Data	
Dimensins(mm)	530W*700H*356.5D (mm)
Weight(kg)	58.2
Topology	Transformerless
Self consumption (night)	<1W(Night)
Operating ambient temperature range	-25~60°C
Ingress protection	IP65
Noise emission(typical)	<30 dBA
Cooling concept	Natural convection
Max.operation altitude	4000m
Designed lifetime	>20years
Grid connection standard	EN50438, G59/3, AS4777, VDE0126-1-1, IEC61727
Relative humidity	0~100%
Safty/EMC standard	IEC62109-1/-2, AS3100, EN61000-6-1, EN61000-6-3
Features	
DC connection	MC-4mateable
AC connection	Terminal connectors
Display	7.0"LCD color screen display
Communication connections	4 pins RS485 connector , 2 RJ45 connector
Warranty	5 years standard (extend to 20 years)

AC combiner box

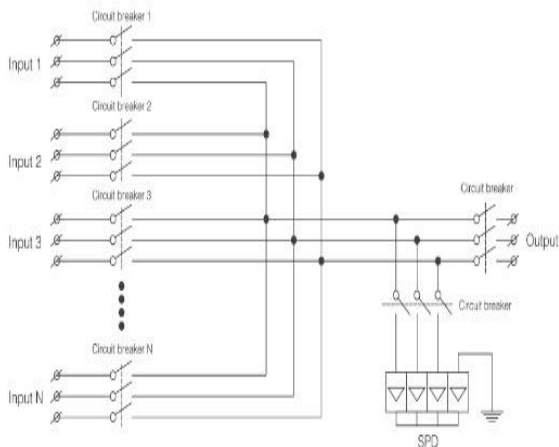
Grid-Connected AC Combiner Box



AC combiner box in grid tie system is used to bring together the output of multiple PV inverters and then connect to the grid. It could lessen the cable for the connecting between inverters and the grid. To a large extent it reduces distribution material cost and workload.

Principle diagram

The output terminal of each inverter is connected to the input terminal of the combiner box, combined by copper bar and sent to the grid.



Features

- Protection class IP65 for outdoor use
- Simply wiring, easy operation, reducing the wiring workload
- High efficiency and strong security with standard configuration of AC lightning protection modules
- Wall mounting with small volume and light weight, reducing installation time.

Technical Data

MODEL	EAPDCB-6L1	EAPDCB-7L1
Max. input voltage	600 Vac \pm 15%	
Rated insulation voltage	690 Vac	
Rated frequency	50 / 60	
Rated working current of branch	61 A	
Rated working current of Bus	386 A	427 A
Valid value of rated short-time withstand current I _w (1 s) (kA)	10	
Max. value of rated short-time withstand current I _{pk} (kA)	10	
Low frequency withstand voltage for 1 min	2500 Vac	
IP rating	IP 65; IP 20 after open the door	
Lightning protection level	Class C	
Fire-resistance rating	UL 700 - Class C	
Service life	More than 10 years	
Mounting	Wall bracket	
Cable entry & exit	Bottom entry / exit	
Dimensions (W x D x H) (mm)	720 x 850 x 190	

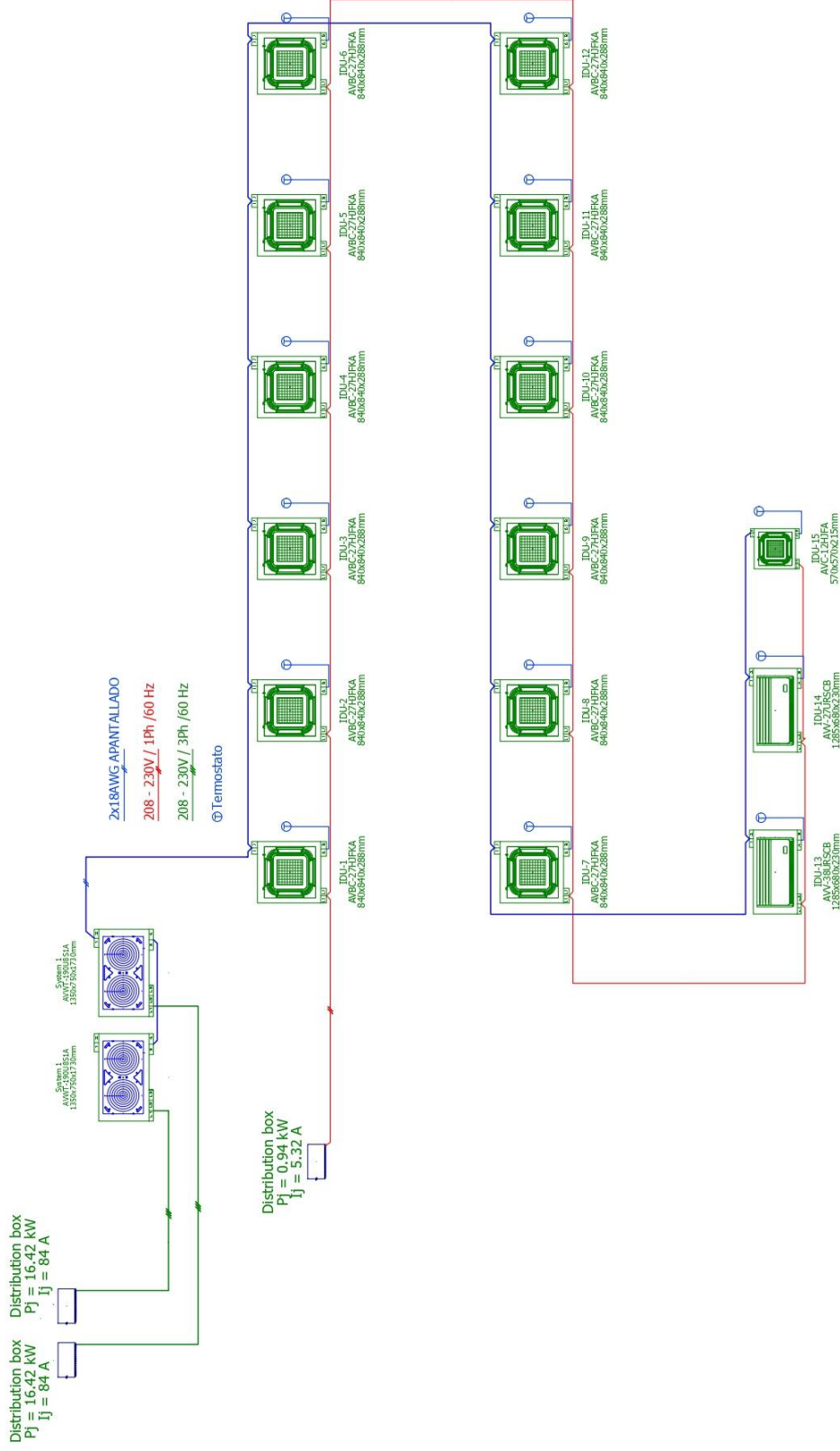
Operating environment parameters

Environment		Operating environment	Transport environment	Storage environment	
Item	Parameter				
Climatic condition	Temperature	Low temperature	- 25 °C	- 40 °C	
		High temperature	+ 55 °C	+ 70 °C	
	Humidity	Low relative humidity	5%	/	5%
		High relative humidity	95%	/	95%
		Condensing	None	/	None
Altitude	Low altitude	0	0	0	
	High altitude	3000 m	3000 m	3000 m	

Disclaimer:
 • These data in this document are based on standard conditions. They result in difference between actual results and these data due to some operation factors. The statement about this product is for reference only. It makes no representation or warranty.
 • All configurations subject to change without notice.

DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

SISTEMA 1



ORIENTACION:

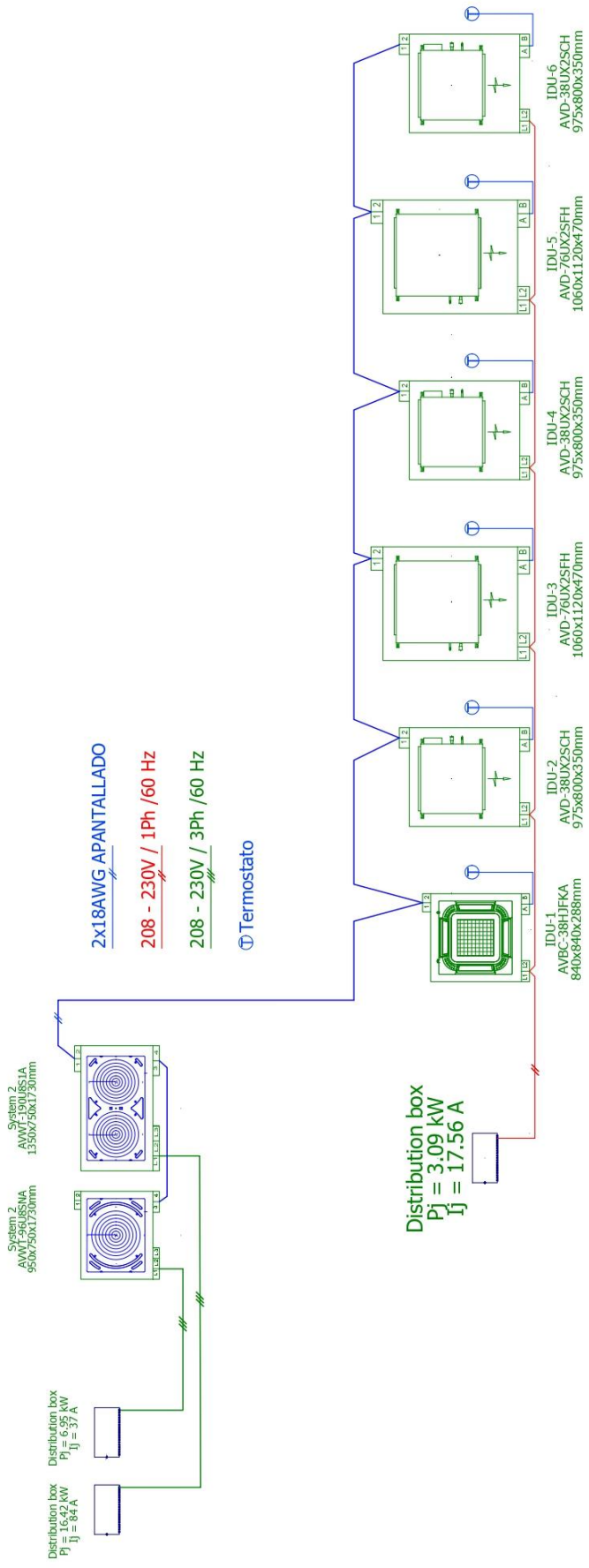
LOCALIZACION:

SIMBOLOGÍA Y NOTAS:

ESPOL	
EMPRESA PROYECTORA:	
AIRKKON ECUADOR	
PROYECTISTA:	PAUL KAYKAY
GUAYACIL - ECUADOR	
CLIENTE:	METROS
DANILO AREVALO	N/A
FECHA:	08/20/2018
ESCALA:	
PROYECTO:	PLANILIAS AC
LAMINA 1/4	

DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

SISTEMA 2



ORIENTACION:

LOCALIZACION:

SIMBOLOGÍA Y NOTAS:

EMPRESA PRODUCTORA:		PAIS ORIGIN:	
AIRKKON ECUADOR		Ecuador	
EMPRESA:		GUAYAQUIL - ECUADOR	
CITY:		METROS	
DANILO AREVALO		N/A	
FECHA:		06/20/2018	
LAMA:		LAMA	
PANELS AC:		PANELS AC	

ESPOL

AIRKKON ECUADOR

GUAYAQUIL - ECUADOR

EMPRESA PRODUCTORA: AIRKKON ECUADOR

PAIS ORIGIN: Ecuador

CITY: METROS

DANILO AREVALO: N/A

FECHA: 06/20/2018

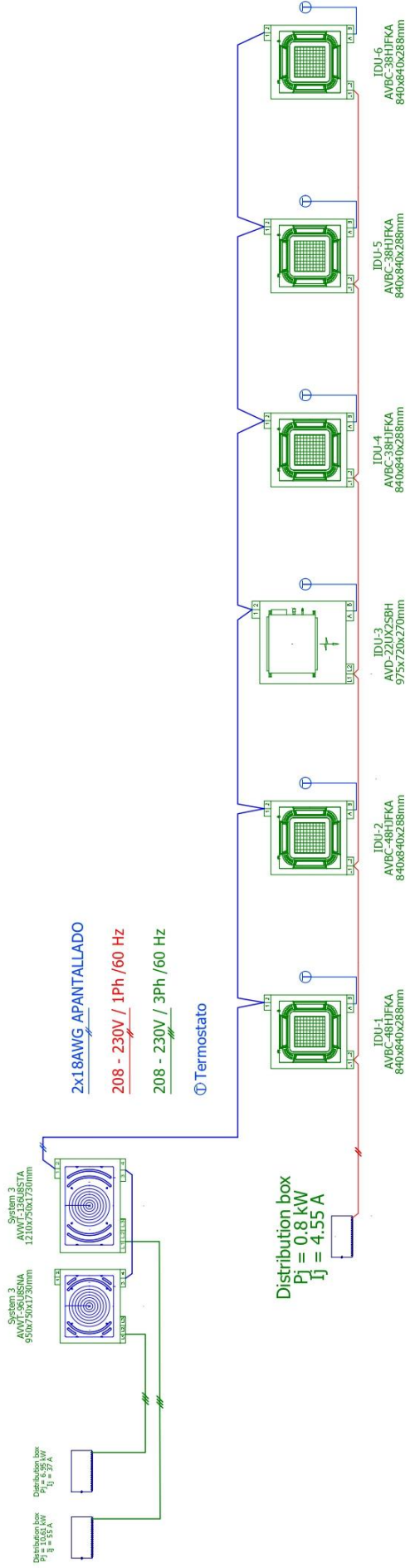
LAMA: LAMA

PANELS AC: PANELS AC

LAMINA 2/4

DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

SISTEMA 3



ORIENTACION:

LOCALIZACION:

SIMBOLOGÍA Y NOTAS:

ESPOL

EMPRESA PROYECTISTA:
AIRKKON ECUADOR

PROYECTO: GUAYASUL - ECUADOR

CLIENTE: METROS

DISEÑO: DANILLO AREVALO

FECHA: 08/20/2018

ESCALA: N/A

LÁMINA: LAMINA 3/4

PROYECTISTA: DANILLO AREVALO

PROYECTISTA: DANILLO AREVALO

PROYECTISTA: DANILLO AREVALO

DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

DETALLES DE CABLEADO ELÉCTRICO UNIDADES CONDENSADORAS Y EVAPORADORAS 220/3/60

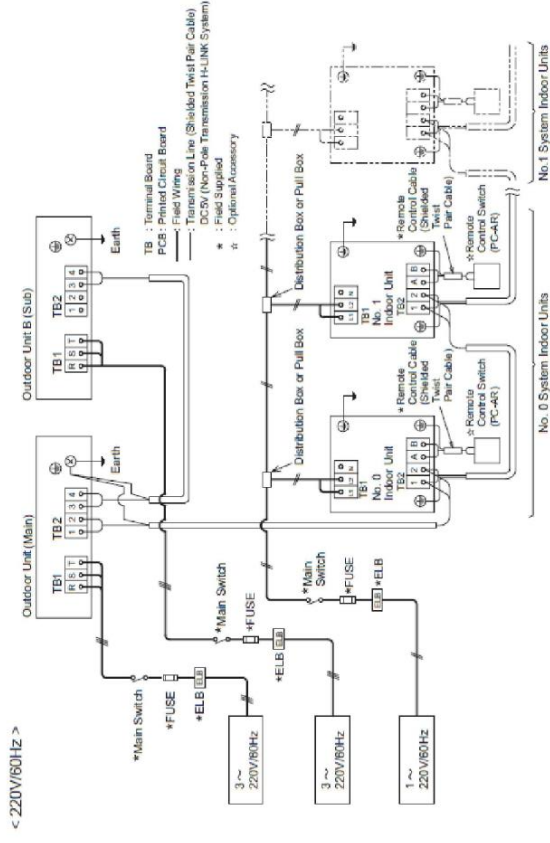
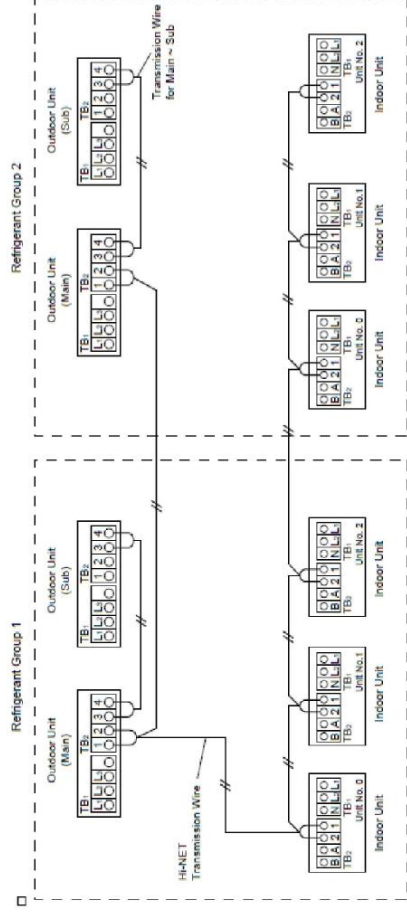
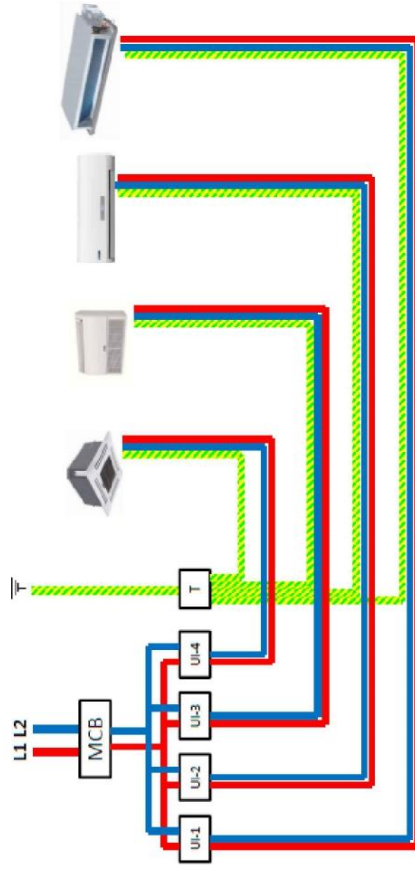


Fig. 7.3 Instruction for Electrical Wiring Connection

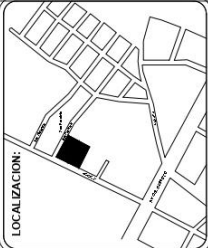
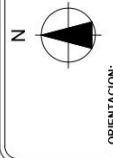
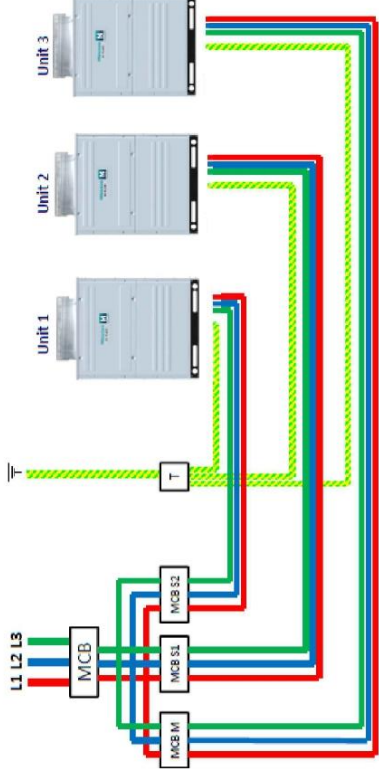
DETALLES DE CABLEADO COMUNICACIÓN ENTRE CONDENSADORAS Y EVAPORADORAS



ESQUEMÁTICO REDES DE FUERZA EVAPORADORAS VRF



ESQUEMÁTICO REDES DE FUERZA CONDENSADORAS VRF



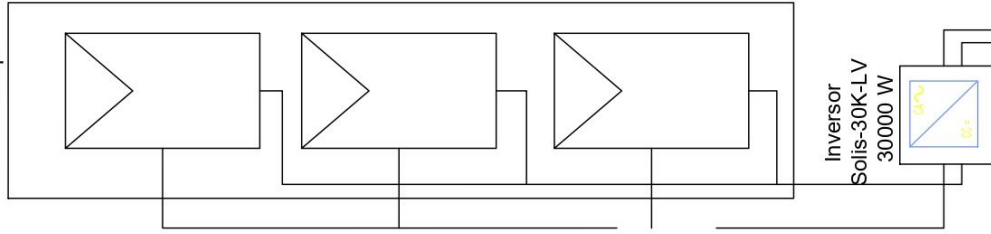
SIMBOLOGÍA Y NOTAS:

ESPOL

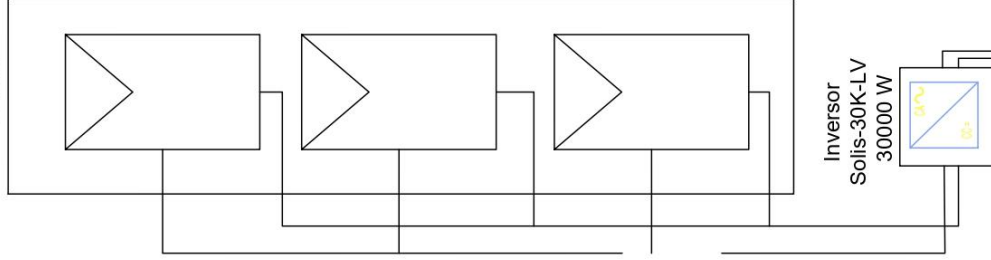
EMPRESA PROYECTISTA		EVALUACION	
AIRKKON ECUADOR			
PROYECTO	GUAYADUL - ECUADOR	UNIDAD	METROS
CLIENTE	DANILO AREVALO	LUGAR	N/A
FECHA	08/20/2018	CLASE	LAMINA
NUMERO	PLANILAS AC	4/4	

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

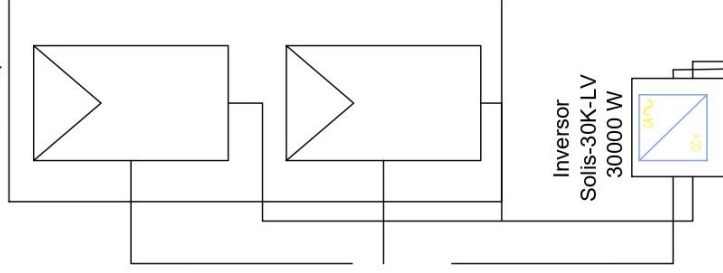
32 módulos en serie
LR4-60HPH-370M
370 Wp



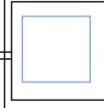
32 módulos en serie
LR4-60HPH-370M
370 Wp



32 módulos en serie
LR4-60HPH-370M
370 Wp



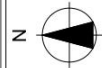
AC combiner box
3 in 1 out



Caja AC

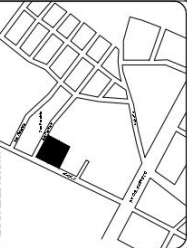


Red AC 220 V



ORIENTACION:

LOCALIZACION:



SIMBOLOGÍA Y NOTAS:

ESPOL

EMPRESA PROYECTISTA:

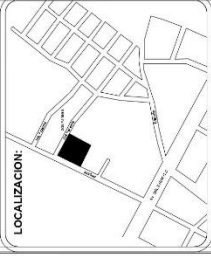
AIRKKON ECUADOR

TÍTULO:	PL. INGENIERÍA	FECHA DE EMISIÓN:	
PROYECTISTA:	GUAYAQUIL - ECUADOR		
CLIENTE:	DANILO AREVALO	USUARIO:	METROS
FECHA:	08/20/2018	ESCALA:	N/A
PROYECTO:	PLANILIAS AC	LÁMINA:	4/4

PLANO FCNM PB



ORIENTACION:



LOCALIZACION:

SIMBOLOGIA Y NOTAS:

ESPOL

EMPRESA PROYECTISTA:

AIRKKON ECUADOR

D.E.C.: NO. DE REGISTRO: NO. DE ENTIDAD:

DIRECCION: GUAYABUL - ECUADOR

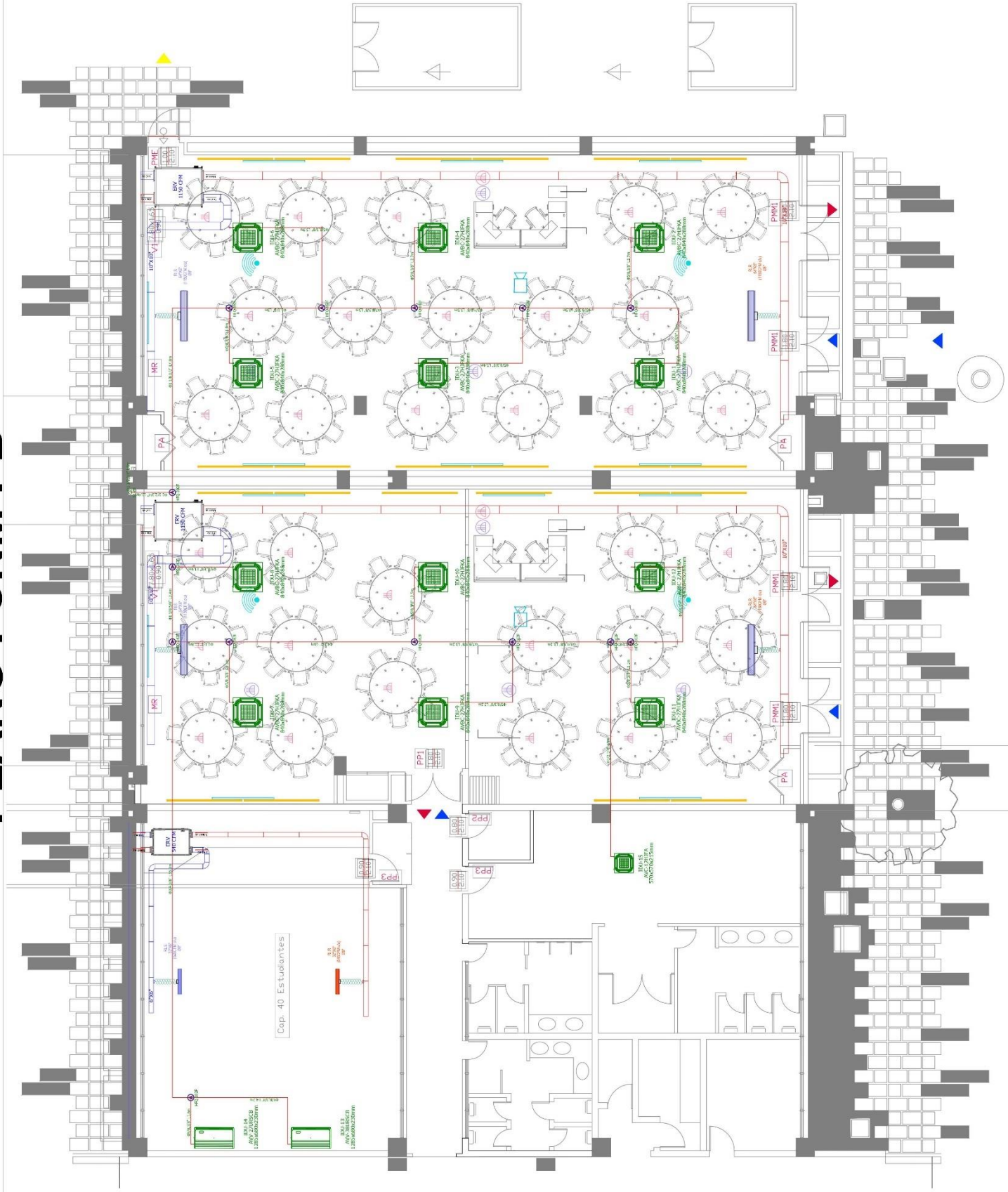
CANTIDAD: METROS

CLIENTE: DANIEL AREVALO

FECHA: 06/20/2019

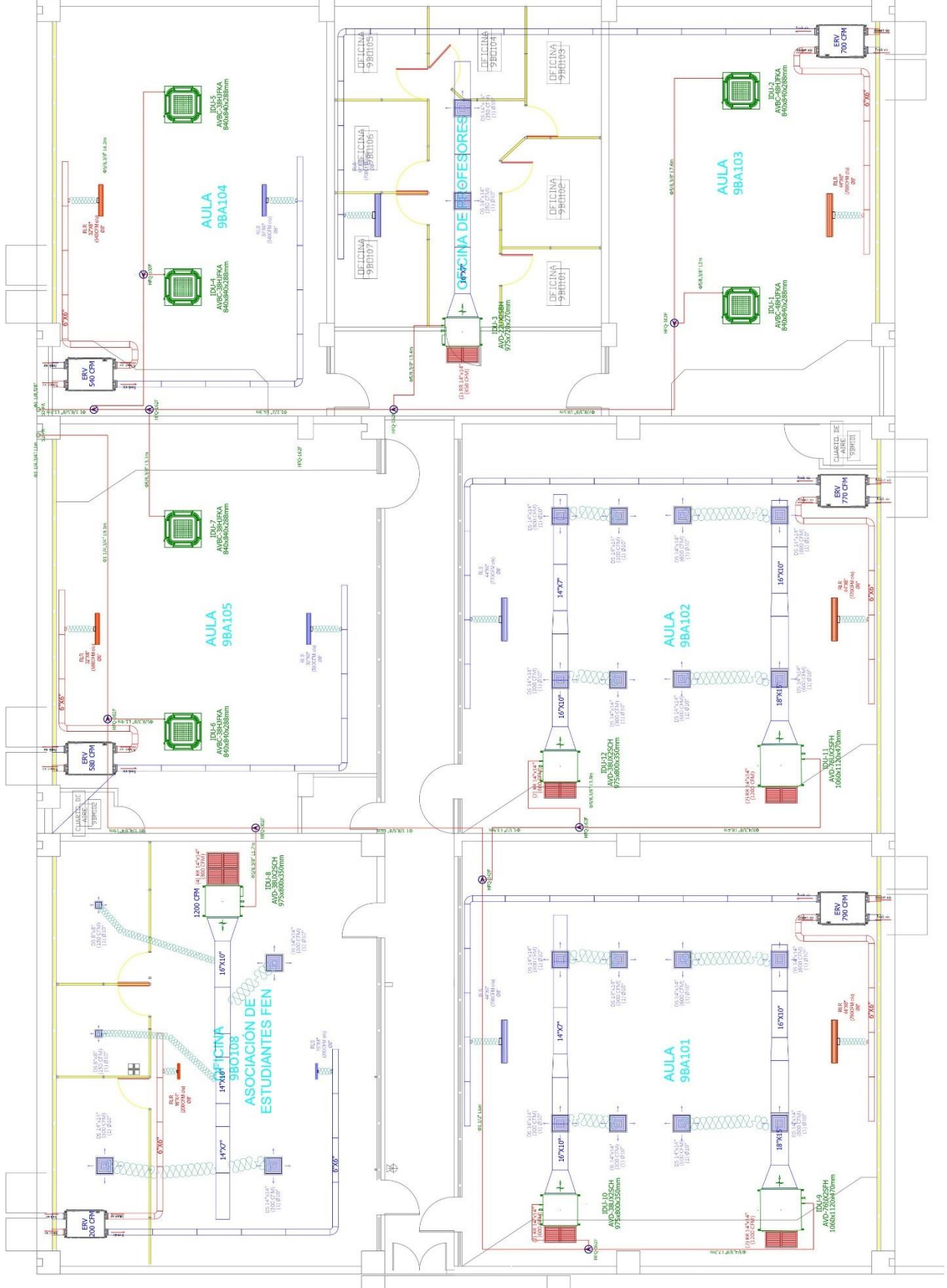
PLANO: PLAN DE ASAS AC.

LAMINA 1/3



Cap. 40 Estudiantes

PLANO FCNM PA



EMPRESA PROYECTISTA		METROS	
AIRKKON ECUADOR		N/A	
EMPRESA CONTRATADORA		METROS	
GUAYAQUIL - ECUADOR		N/A	
CLIENTE		METROS	
DANLO AREVALO		N/A	
LOCAL		METROS	
06/20/22/18		N/A	
PLANOS		METROS	
PLABILLAS AC		N/A	
		LAMINA 2/3	

