Mon
621.56
A284

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Tecnología de la Industria

Balance de carga frigorífica en el área de almacenamiento de producto alimenticios y farmacéuticos en Logicom Nicaragua.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Mecánico/Industrial.

Elaborado por

Br. Erly Alexander Mora Martínez.
Carnet: 2014-1306U

Br. Magdiel Ezequiel Aguirre Namoyure
Carnet: 2014-0089U

Tutor:

Br: Alexander José Vallejos Malespín
Carnet: 2016-1443U

Ing. Wilmer Ramírez Velásquez

31 de mayo de 2023
Managua, Nicaragua

Índice

1 INTRODUCCION. 5

2 DEDICATORIA. 6

3 OBJETIVOS. 7

3.1 OBJETIVO GENERAL. 7

3.2 OBJETIVO ESPECIFICOS. 7

4 MARCO TEORICO 8

4.1 Generalidades del aire acondicionado o sistema de climatización. 8

4.2 Definiciones del sistema de refrigeración. 8

4.2.1. Aire Acondicionado: 8

4.2.2. Climatización: 8

4.2.3. Calor: 8

4.2.4. Temperatura 8

4.2.5. Presión: 9

4.2.6. Humedad relativa: 9

4.2.7. Calor Sensible: 9

4.2.8. Calor Latente: 9

4.3 Definición del ciclo de Refrigeración. 10

4.3.1. Refrigeración: 10

4.3.2. Aire Acondicionado: 10

4.3.3. Temperatura: 10

4.3.4. Calor: 10

4.3.5. Cero absolutos: 11

4.3.6. Entalpia: 11

4.4 Leyes de la Termodinámica. 11

4.4.1. Primera Ley de la Termodinámica. 11

4.4.2. Segunda Ley de la Termodinámica. 11

4.5 Tipos de Transferencia de Calor. 11

4.5.1. Conducción: 11

4.5.2. Convección: 12

4.5.3. Radiación: 12

4.6 Funcionamiento y Componentes del ciclo de Refrigeración. 12
4.6.1. Ciclo de Refrigeración. 12
4.6.2. Lado de alta presión. 13
4.6.3. Lado de baja presión 13
4.6.4. Mantenimiento 13
5 DISEÑO METODOLOGICO. 15
6 DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO. 16
6.1 Metodología de cálculo para carga de enfriamiento comercial. 16
6.2 Energía. 16
6.3 Parámetros de propiedades Psicométricas de interiores. 18
6.4 Parámetros de propiedades Psicométricas de Exteriores. 18
6.4.1 Ubicación geográfica de Managua. 18
6.4.2 Temperatura de Bulbo Seco: 18
6.4.3 Humedad relativa. 19
6.4.4 Temperatura de Bulbo Húmedo. 20
6.4.5 Temperatura de Punto de Rocío. 20
6.4.6 Velocidad del viento. 21
6.4.7 Rango diario. 21
7 Memorias de cálculos 22
7.1 Tabla de temperaturas para el mes de marzo 2023 22
7.2 Memoria de cálculo de carga térmica. 23
7.3 Cálculo de "U" para las paredes 24
7.4 Paredes. 25
7.4.1 Áreas útiles 25
7.5 Valores de LM según latitudes. 26
7.6 Valores de DTCE según sus latitudes. 26
7.6.1 Calculando del DTCEe para la pared del lado Norte. 26
7.6.2 Calculando del DTCEe para la pared del lado Sur. 26
7.6.3 Calculando del DTCEe para la pared del lado Este. 26
7.6.4 Calculando del DTCEe para la pared del lado Oeste. 27
7.7 GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN EN TECHOS. 28
7.8 GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACION. 33
7.9 GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS. 34

7.10 GANANCIA DE CALOR POR EQUIPOS ELECTRICOS 35
7.11 GANANCIA DE CALOR POR INFILTRACION. 35
7.12 TRANSFERENCIA DE CALOR POR LOS ALREDORES. 37
8 FACTOR DE SEGURIDAD PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL ALMACEN. 38
8.1 Análisis de los resultados obtenidos con los ideales avalados por el Minsa. 40
8.1.1 Comparación de los resultados del almacén con los de INETER. 40
9 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO. 43
CONCLUSION. 45
RECOMENDACIONES. 46
BIBLIOGRAFIA. 47
ANEXOS 48

1 INTRODUCCION.

En la actualidad los sistemas de climatización forman parte de la comodidad del ser humano, para el normal desempeño de sus labores. En Nicaragua y en la gran mayoría de los países cálidos, la climatización no es un lujo sino una necesidad. La climatización se hace necesaria en sectores industriales, comerciales y en locales donde generalmente se utilizan recintos cerrados de condiciones ambientales sin confort alguno, provocando estrés térmico y/o el deterioro de algunos dispositivos electrónicos, esto atribuye a la necesidad de utilizar equipos de acondicionamiento de aire para mantener las condiciones de confort higrotérmico, y bienestar humano.

Cabe destacar que la mayor parte de nuestras vidas transcurre en edificios, ya sea hogares, en el trabajo utilizamos los sistemas climatizados ya que es necesario mantener una calidad de vida.

Cada una de las actividades que realizamos, conlleva un consumo de energía y más sino son usados adecuadamente es por ello realizar estudios e implementar nuevas técnicas de eficiencia energética.

En el presente taller monográfico nos centraremos en realizar un balance de carga frigorífica en el almacén de productos farmacéuticos y alimenticos ubicado en la empresa Logicom de Nicaragua, en el cual se harán los estudios necesarios para determinar la ganancia de calor total y la carga de enfriamiento necesaria, tomando en consideración las condiciones de trabajo, así como también el análisis psicrométrico del sistema, con la finalidad de garantizar que se mantenga los porcentajes de Humedad Relativa (HR) que rige el Ministerio de Salud, que son basado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

2 DEDICATORIA.

Al creador de todas las cosas, el que nos ha dado la fortaleza y sabiduría necesaria para continuar cuando hemos estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad del mundo que nuestro corazón puede emanar, dedicamos nuestro taller monográfico a Nuestro Padre Celestial Dios.

De igual manera, dedicamos este trabajo monográfico a nuestros padres y familiares por la motivación constante y porque nos han formado con buenas costumbres, hábitos y valores, lo cual nos ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles.

A nuestros maestros y tutores de la Universidad Nacional de Ingeniería por habernos impartido los conocimientos necesarios para la culminación de nuestros estudios profesionales.

3 OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL.

- Comprobar los parámetros técnicos de carga frigorífica de los equipos de refrigeración en el área de almacenamiento de Logicom Nicaragua.

3.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.

- Efectuar un levantamiento de los parámetros técnicos en los equipos refrigerados y el local.

- Realizar el balance de carga en el área de almacenamiento.

- Analizar los resultados obtenidos para ver si cumple con las normas establecida por el MINSA.

- Proponer un plan de mantenimiento acorde a las horas trabajadas de los equipos.

4 MARCO TEORICO

4.1 Generalidades del aire acondicionado o sistema de climatización.

En 1842, **Lord Kelvin** inventó el principio del aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfriamos un café introduciendo una cuchara de metal a la taza y ésta absorbe el calor.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano en alcohol, sentimos frío en el momento en que éste se evapora, puesto que absorbe el calor de nuestra mano.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.

4.2 Definiciones del sistema de refrigeración.

4.2.1. Aire Acondicionado: Es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados, consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales (EcuRed, 2015).

4.2.2. Climatización: "Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados" (EcuRed, 2015).

4.2.3. Calor: "Es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura" (Pita E. G., 1994, pág. 28).

4.2.4. Temperatura: "Es una medida de la actividad térmica en un cuerpo. Esta actividad depende de la velocidad de las moléculas y demás partículas de las cuales se compone toda materia" (Pita E. G., 1994, pág. 28).

4.2.5. Presión: Se define como la fuerza aplicada sobre una superficie, por lo que sus unidades son kgf/m² = N/m². Es una de las propiedades termodinámicas más útiles, porque se mide directamente con facilidad. La unidad de presión en el SI, es el N/m² y se le llama Pascal (Pa), en honor al físico francés Blaise Pascal (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 237).

4.2.6. Humedad relativa: Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire expresada como un porcentaje (%HR -o RH en inglés-) de la cantidad necesaria para lograr la saturación a esa temperatura. (Secoin 2022).

4.2.7. Calor Sensible: Es aquel que puede sentirse o medirse causando movimiento en el termómetro conforme pasa el tiempo, el cuerpo se calienta o se enfría según el caso, pero sin producirse cambio en su estado físico. Toda substancia sin importar su estado físico, presenta algún grado de calor sensible siempre que se encuentre por encima del cero absoluto. La expresión con que se determina el flujo de calor es

:

Ecuación 1 Calor Sensible

$$Q = m\ Cp\ \Delta T$$

Donde:

m = masa del cuerpo donde fluye el calor en [kg/s]

Cp = Calor específico del cuerpo en [kJ/kg°C]

ΔT = Gradiente térmico = T2 – T1 en [°C]

4.2.8. Calor Latente: “Cantidad de calor requerido por un kg de sustancia, para cambiar su estado de líquido a vapor” (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 265).

Un ejemplo claro es cuando, al salir de una alberca, se recibe una brisa suave; el cuerpo sentirá que el aire es mucho más frío, pero en realidad es la evaporación del agua en la piel lo que nos hace sentir así.

4.3 Definición del ciclo de Refrigeración.

4.3.1. Refrigeración: Es el proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado con el fin conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable.

4.3.2. Aire Acondicionado: Es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza y el movimiento del aire dentro de los locales (EcuRed, 2015).

4.3.3. Temperatura: La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. En algunos países, la temperatura se mide en Grados Fahrenheit, pero en nuestro país, y generalmente en el resto del mundo, se usa la escala de Grados Centígrados, algunas veces llamada Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 320°F y hierve a 100°C o a 2120°F.

En la escala Fahrenheit, la diferencia de temperatura entre estos dos puntos está dividida en 180 incrementos de igual magnitud llamados grados Fahrenheit, mientras que, en la escala Centígrados, la diferencia de temperatura está dividida en 100 incrementos iguales llamados grados Centígrados.

4.3.4. Calor: El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del sol. Una cuchara sumergida en agua helada pierde su calor y se enfría; una cuchara sumergida en café caliente absorbe el calor del café y se calienta. Sin embargo, las palabras "más caliente" y "más frío", son sólo términos comparativos. Existe calor a cualquier temperatura arriba de cero absolutos, incluso en cantidades extremadamente pequeñas.

4.3.5. Cero absolutos: Es el término usado por los científicos para describir la temperatura más baja que teóricamente es posible lograr, en la cual no existe calor, y que es de -2730C, o sea -4600F. La temperatura más fría que podemos sentir en la tierra es mucho más alta en comparación con esta base.

4.3.6. Entalpia: Se define como la medida del contenido de calor total que dispone una masa de una determinada sustancia. Es útil para determinar la cantidad de calor necesaria en cualquier operación donde se produzca transferencia de calor.

4.4 Leyes de la Termodinámica.

4.4.1. Primera Ley de la Termodinámica.

La primera ley de la termodinámica establece que la energía no se crea, ni se destruye, sino que se conserva

4.4.2. Segunda Ley de la Termodinámica.

La segunda ley de la termodinámica establece que todo proceso natural fluye en una sola dirección y siempre se transfiere de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura y nunca puede ser, al contrario.

4.5 Tipos de Transferencia de Calor.

La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación (Cengel, 2007, pág. 17).

4.5.1. Conducción: es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. (Cengel, 2007, pág. 17)

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = kA\frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x} \qquad \text{(W)}$$ **Ecuación 4.5.1**

4.5.2. Convección: se debe al transporte de calor por medio del movimiento del fluido (ejemplo: al calentar agua en una cacerola, la que está en contacto con la parte de abajo de la cacerola se mueve hacia arriba, mientras que el agua que está en la superficie, desciende, ocupando el lugar que dejó la caliente).

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Cengel, 2007, pág. 25).

La rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa por la ley de Newton del enfriamiento como:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_\infty) \qquad \text{(W)}$$ **Ecuación 4.5.2**

4.5.3. Radiación: A diferencia de los otros tipos de transferencia de calor (conducción y convección), en donde está involucrada la transferencia de energía a través de un medio material, el calor también se puede transferir a regiones donde existe el vacío perfecto. En este caso, el mecanismo es la radiación electromagnética

4.6 Funcionamiento y Componentes del ciclo de Refrigeración.

4.6.1. Ciclo de Refrigeración.

Debemos recordar que el objetivo de un proceso de refrigeración es extraer calor de los, de los materiales: alimentos, bebidas, gases y de cualquier otro material que deseemos enfriar, valiéndonos de los principios de la física como del comportamiento de los fluidos y materiales desarrollados durante el avance de la tecnología. Como su nombre, ciclo, lo indica, se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente.

- Lado de alta presión: parte del sistema que está bajo la presión del condensador.
- Lado de baja presión: parte del sistema que está bajo la presión del evaporador

4.6.2. Lado de alta presión.

4.6.2.1. ***Compresor:*** Comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado. (Ciclo 1-2).

4.6.2.2. ***Condensador:*** extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento. (Ciclo 3-4).

4.6.2.3. ***Válvula de expansión:*** es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. (Ciclo 5-6)**.**

4.6.3. Lado de baja presión.

4.6.3.1. Evaporador: suministra calor al vapor de refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.

El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor. (Ciclo 6-7).

4.6.4. Mantenimiento

“Revisión y limpieza de filtros y ductos de forma periódica, inspección y si se requiere, limpieza del serpentín, del desagüe y de todas las conexiones eléctricas” (Colocho Lopez, Daza Jimenes, & Gúzman Alvarez, 2011, pág. 81).

4.6.4.1. Requisitos eléctricos

Las unidades pueden ser de 240 voltios bifásicas hasta 5 toneladas o trifásicas hasta 25 toneladas, mayores de 25 toneladas pueden ser necesarios 480 voltios para reducir su costo y mejorar la eficiencia, ya que así se hace una mejor

distribución de la energía (Colocho Lopez, Daza Jimenes, & Gúzman Alvarez, 2011, pág. 81)

4.6.4.2. Requisitos estructurales.

La estructura de la losa debe tener la suficiente resistencia para soportar el peso de la unidad, la cual debe de tomarse en cuenta desde el proceso de diseño. Dependiendo en donde sea instalada la unidad debe poseer un espacio por el cual ingresen los ductos para ser distribuidos por los diferentes niveles de la edificación. Este ducto debe poseer las características adecuadas (Colocho Lopez, Daza Jimenes, & Gúzman Alvarez, 2011, pág. 82).

5 DISEÑO METODOLOGICO.

La estructura de este trabajo es estará conformada por los siguientes puntos:

Se tomará en cuenta los parámetros o fichas técnicas de los equipos instalados la información que nos brinda el termohigrómetro correspondiente a los valores de temperatura y humedad relativa diaria tanto en el pico más alto y más bajos y el promedio de las 24 horas del día.

También se tomarán en cuenta los planos arquitectónicos del área de almacenaje de los productos que se encuentra dividida en dos partes o sectores

Posteriormente, se procede al cálculo de la carga térmica, la cual consideralas distintas ganancias de calor ya sea por ventanas (conducción, convección y radiación), paredes exteriores e interiores, techos exteriores,pisos, puertas, personas, equipos electrónicos, aire fresco, iluminación, etc

6 DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO.

6.1 Metodología de cálculo para carga de enfriamiento comercial.

Para calcular la carga de enfriamiento comercial pueden resumirse en los siguientes pasos:

Seleccionar las condiciones de diseño interior y exterior, se toman según el siguiente rango de Temperaturas de Bulbo Seco y Humedad relativa, en este caso, se empleará el cálculo a partir de condiciones de las estaciones donde se requiere mayor capacidad de enfriamiento, es decir, durante la época de verano los rangos de temperatura se plantean en las **tablas 1** , los grados de latitud según la localidad fueron tomados a partir de datos proporcionados por INETER (*Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales*).

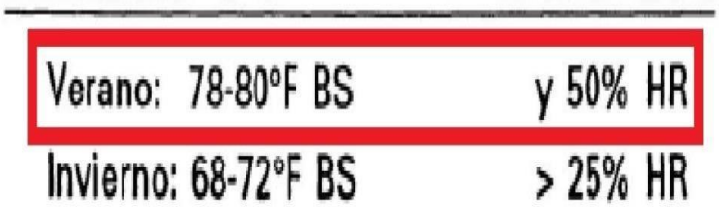


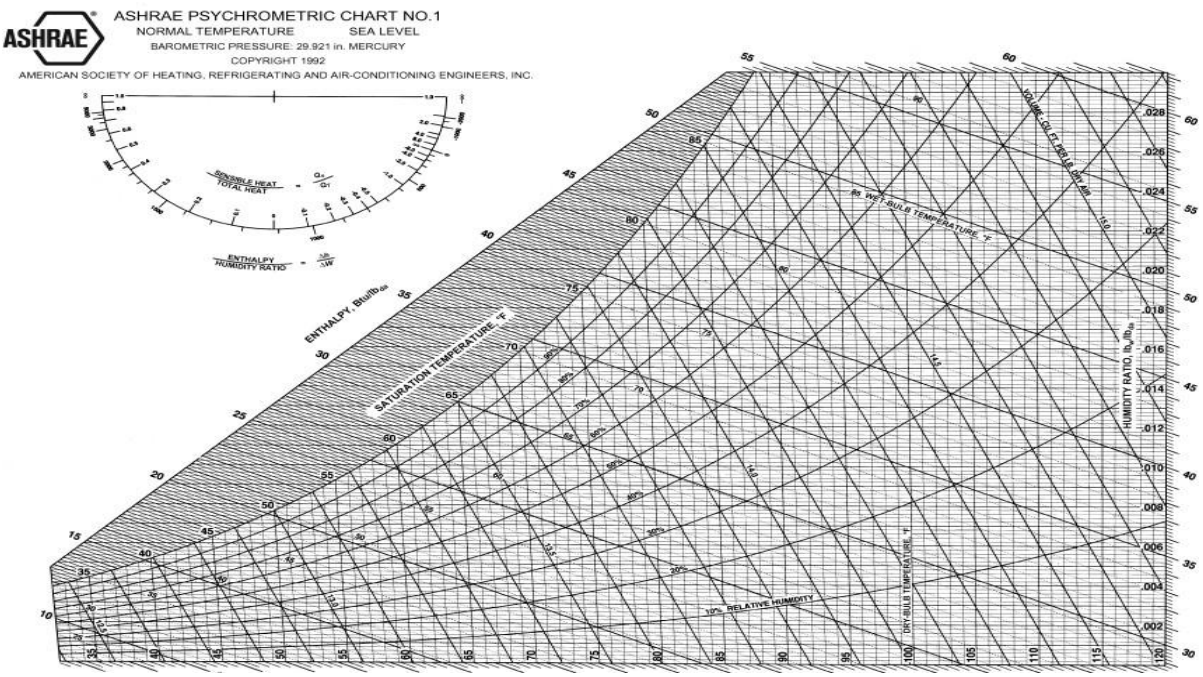
Tabla 1. *Tabla de condiciones de confort humano recomendadas en el Diseño de Interiores -* (Pita E. G., 1994, pág. 10)

Estos valores son los recomendados bajo *fundamentos de ASHRAE Handbook,* para fines generales como oficinas, residencias y edificios públicos. Se toma en consideración la temperatura de **78-80° F** para Bulbo seco y **50%** de humedad relativa en verano. Dado que Nicaragua es un país que subsiste el clima tropical. Sin embargo, la empresa Logicom Nicaragua, con el fin de promover el uso eficiente de los recursos y así elevar la productividad y favorecer el medio ambiente y la capa de Ozono ha determinado lo siguiente:

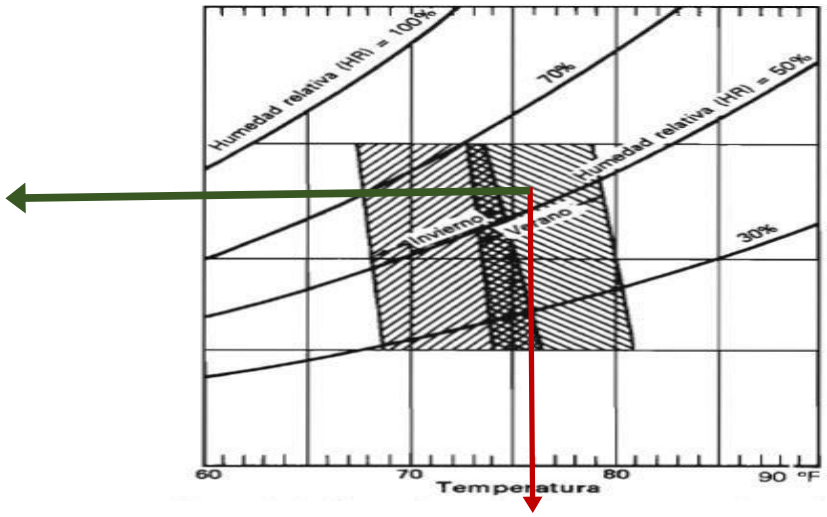
6.2 Energía.

Mantener el termostato a una temperatura entre 24°C y 26°C o bien a unos 76°Farenheit. Es importante considerar que por cada que disminuye la temperatura se aumenta el consumo de energía entre 5% y 8%

Considerando estas medidas hechas por la empresa, para el grafico de diseño interior se tomará una temperatura de 76°F y una humedad relativa del 53%



GRAFICA No 1. *ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART (ASHRAE , 2017)*



GRAFICA No 2. *Zonas de confort de temperatura y humedad de aire en interiores Tomada de ASHRAE HANDBOOK 1985.*

6.3 Parámetros de propiedades Psicométricas de interiores.

Con el fin de simplificar y obtener más veracidad en los datos se utilizó un Psicrómetro, a una presión atmosférica de 14.7 Psi, Temperatura de bulbo seco (76°F) y una humedad relativa (53%) logrando así obtener las demás propiedades como son el volumen, entalpia y el contenido de humedad – granos

Parámetros de Diseño interior	
Temperatura de Bulbo Seco (BS)	76 °F
Temperatura de Bulbo Húmedo (BH)	63.4°F
Temperatura Punto de Rocío (PR)	55.1°F
Presión Barométrica (P)	14.7 psi
Humedad Relativa (HR)	53 %
W Contenido de Humedad - Granos H2O/lbs	64.64
Volumen (V)	13.68 ft^3/lbm
Entalpía (h)	30.49 Btu/lbm

6.4 Parámetros de propiedades Psicométricas de Exteriores.

Para las condiciones del diseño exterior, los datos fueron tomados a partir de los datos brindados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) correspondiente al año 2023.

6.4.1 Ubicación geográfica de Managua.

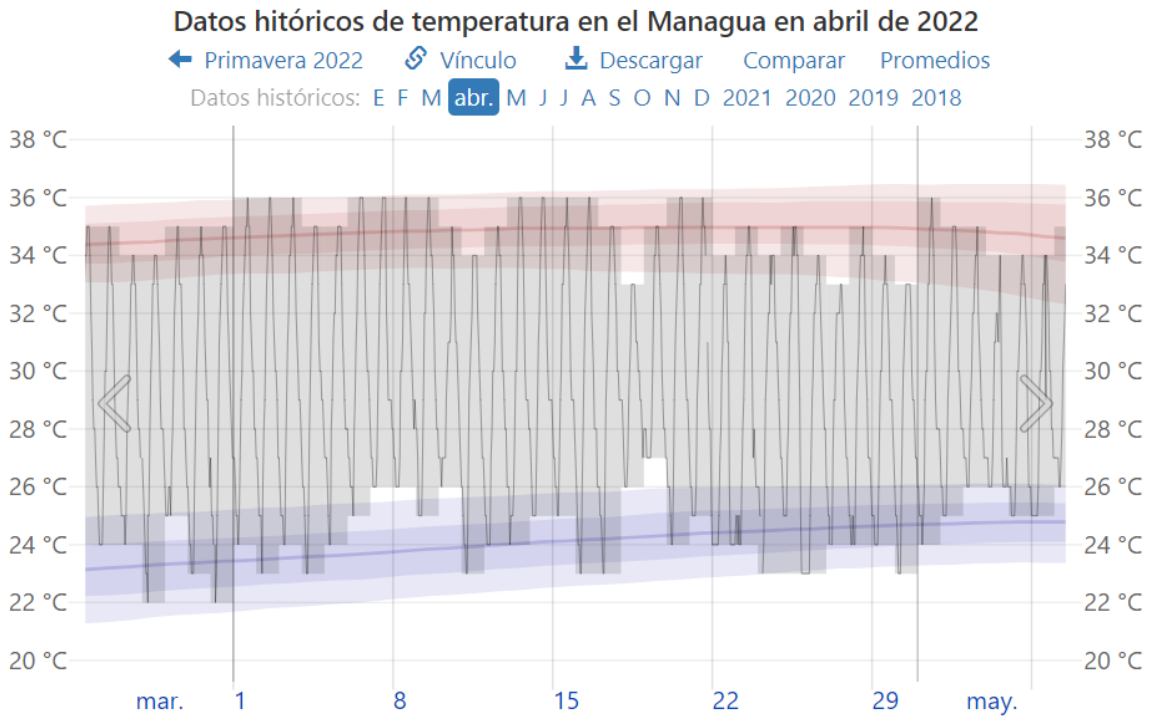
Managua está posicionada geográficamente a una Latitud 12°08'36" N, Longitud Oeste 86°09'49" y tiene altitud de 56 msnm. Lo cual nos permite usar la carta psicométrica que abarca hasta los 1000 msnm.

6.4.2 Temperatura de Bulbo Seco:

Para seleccionar la temperatura de bulbo seco se recopilaron los datos obtenidos por el INETER, para esto se toman en cuenta las temperaturas más altas que transcurren durante el año, enfocados a los

meses de la estación de verano, donde las temperaturas máximas fueron en el mes de abril 2022.

En el departamento de Managua la temperatura corresponde al día 22 de abril de 2022, dicha temperatura fue de 36°C equivalente a 96.8°F, este grado de temperatura para realizar el diseño del sistema de climatización, se toma la temperatura considerando las condiciones más críticas a las que estará sometida el equipo de climatización.



6.4.3 Humedad relativa.

Para seleccionar la humedad relativa se consideró los datos brindados por INETER debido a que son de una medición diaria, la Humedad Relativa mensual en abril, fue de 72%, a nivel nacional. Por regiones climáticas, se presentaron valores 71% en la Región del Pacífico; 61% en la Región Norte; 75%, en la Región Central y 84% en las Regiones Autónomas del Caribe, respectivamente. (Tabla Climática II Anexos).

6.4.4 Temperatura de Bulbo Húmedo.

La temperatura de bulbo húmedo obtiene a partir de las tablas proporcionadas por INETER, en la que podemos ver que dicha temperatura tiene un valor de **22°C** equivalente a **71.6°F** correspondiente al mes de abril 2022.

Temperatura Mínima Absoluta (°C)

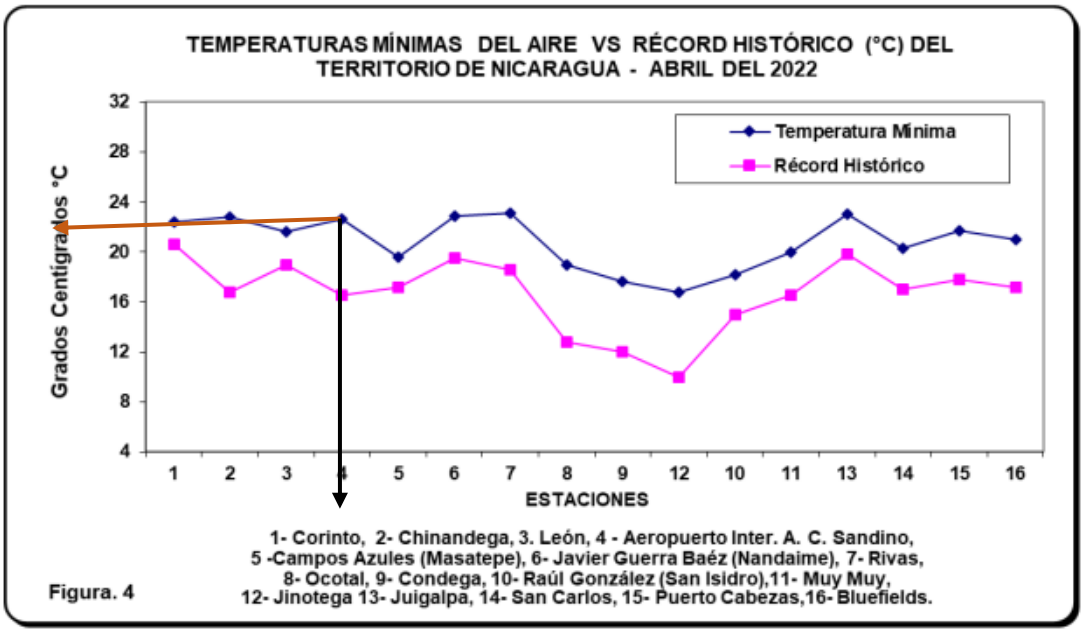
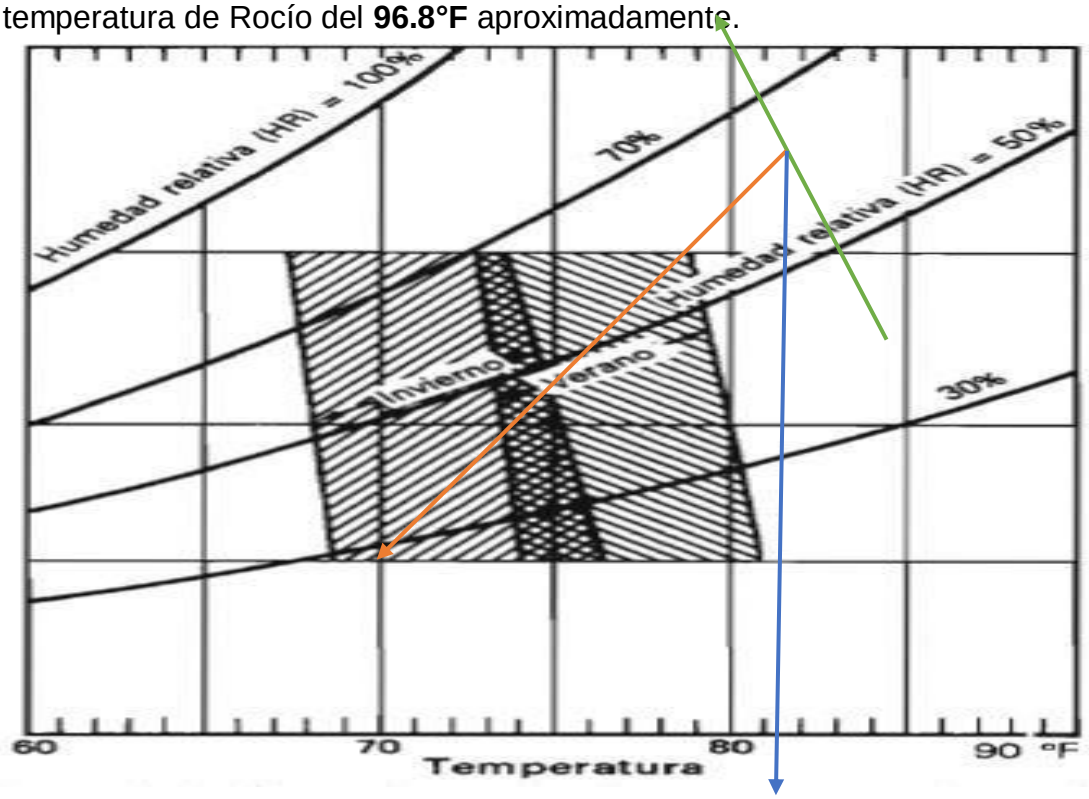


Figura. 4

6.4.5 Temperatura de Punto de Rocío.

Para obtener el parámetro de la temperatura de punto de Rocío, se puede obtener a partir de la carta psicométrica, considerando siempre una presión atmosférica de **14.7psi**, y una temperatura de bulbo seco de 38°C equivalente a **100.4°F**, y una húmeda relativa del **73%,** lo cual se obtiene el siguiente valor de temperatura de Rocío del **96.8°F** aproximadamente.



6.4.6 Velocidad del viento.

Este parámetro lo tomaremos de los datos brindados por INETER, para Nicaragua se tiene que la velocidad media del viento, osciló entre los valores de 3.3 m/s, en la Región Pacifico y 2.0 m/s en la Región del Central.

En observó que en abril la dirección predominante del viento en el país, fue del Este (E), con una frecuencia de 56%, seguido del Noreste (NE) con una frecuencia de 16% y el Sur y Sureste (S/SE) con una frecuencia de 7% (Figura 5 anexo).

6.4.7 Rango diario.

Antes de realizar el proceso de cálculo debemos establecer un rango diario que no es más que la variación de temperatura máxima y mínima en grados Fahrenheit del transcurso del día, para eso vamos calcularlo para los próximos 30 días del mes de marzo 2023, que es uno de los meses más caliente del año para la ciudad de Managua, por lo cual haremos la siguiente tabla.

Al calcular el valor diario tenemos los siguientes valores tanto máximo, mínimo y promedio del mes de marzo.

Para el rango diario máximo 14.15°C (57.47°F) y un promedio de 11.7°C (53.06°F), y un valor porcentual máximo de humedad relativa 69%, y un 61.8333%

7 Memorias de cálculos

7.1 Tabla de temperaturas para el mes de marzo 2023

Temperatura °F			Rango	Humedad Relativa	
Fecha	Max	Min	Diario	Fecha	%HR
1/3/2023	93.2	75.6	17.60	1/3/2023	59
2/3/2023	94.6	73.4	21.20	2/3/2023	61
3/3/2023	94.5	72	22.50	3/3/2023	61
4/3/2023	95	72	23.00	4/3/2023	61
5/3/2023	94.6	75.2	19.40	5/3/2023	58
6/3/2023	95.4	72.7	22.70	6/3/2023	58
7/3/2023	93.9	73	20.90	7/3/2023	65
8/3/2023	95	74.7	20.30	8/3/2023	69
9/3/2023	95.2	75.2	20.00	9/3/2023	62
10/3/2023	95.7	74.5	21.20	10/3/2023	60
11/3/2023	93.2	75.2	18.00	11/3/2023	61
12/3/2023	94.6	77.4	17.20	12/3/2023	61
13/3/2023	93.6	75	18.60	13/3/2023	61
14/3/2023	95	76.6	18.40	14/3/2023	60
15/3/2023	96.4	75.2	21.20	15/3/2023	62
16/3/2023	97.2	79.2	18.00	16/3/2023	65
17/3/2023	96.1	77	19.10	17/3/2023	68
18/3/2023	96.4	74.8	21.60	18/3/2023	65
19/3/2023	96.8	73.8	23.00	19/3/2023	61
20/3/2023	97.5	74.8	22.70	20/3/2023	64
21/3/2023	98.2	73	25.20	21/3/2023	64
22/3/2023	97.9	73.4	24.50	22/3/2023	67
23/3/2023	99.3	78.1	21.20	23/3/2023	62
24/3/2023	100.40	74.5	25.90	24/3/2023	60
25/3/2023	96.8	72.7	24.10	25/3/2023	57
26/3/2023	95	76.3	18.70	26/3/2023	63
27/3/2023	96.8	75.9	20.90	27/3/2023	59
28/3/2023	96.1	77.4	18.70	28/3/2023	54
29/3/2023	97.5	74.8	22.70	29/3/2023	62
30/3/2023	95.7	74.8	20.90	30/3/2023	65
31/3/2023	-	-	0.00	31/3/2023	-
PROMEDIO	95.92	74.94	20.98	PROMEDIO	61.8333
MAXIMO	100.40	79.20	25.90	MAXIMO	69.00
MININMO	93.2	72	17	MININMO	54

7.2 Memoria de cálculo de carga térmica.

Parámetros de condiciones exteriores	Datos
Presion barométrica	14.7 psi
Temperatura de bulbo seco	100.4°F
Temperatura de bulbo humedo	97.5°F
Temperatura de rocio	96.8°F
Humedad relativa	75%
Volumen	15.22ft3/lbm
Entalpia	67.8Btu/lbm
W Contenido de Humedad -Granos H2O/lbs	268.94

Dada los planos arquitectónicos de la empresa, se procederá el cálculo de carga de enfriamientos

Ganancias de calor por conducción por medio de las paredes.

$$Q = U * A * DTCEe$$

Dónde:

Q: Ganancia neta del recinto a través de techo, paredes o vidrio. (BTU/Hr)

U: Coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios, BTU/Hr-ft2-°F

A: Área de pared (ft2)

DTCEe: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (°F)

Para el cálculo de la ganancia de calor a través de la estructura es necesario recurrir a las condiciones de diseño siguientes:

Latitud: 12° 08' 33" N

Longitud: 86° 09' 49" O

Elevación: 56 msnm.

Temperatura bulbo seco = T. exterior = T. ambiente = 100.04 °F

Temperatura bulbo húmedo = 79.34 °F

Punto de rocío = 96.5 °F

W = 268.94 granos /lb as

Para el cálculo de las resistencias es necesario conocer el coeficiente global de transferencia de calor de paredes, para eso necesitamos saber los materiales que está construido el local. Para nuestro caso dicho local está construido de cuatro tipos de material son los siguientes:

- Gypsum
- Esqueleto de Aluminio.
- Vigas de acero.
- Vidrio.

7.3 Cálculo de "U" para las paredes

Película de aire interior	0.68
Repello Fino interior	0.2
Pared Gypsum de 12 cm (aprox 5 in)	1.1
Repello Fino exterior	0.2
Película de aire exterior	0.25
Pared de vidrio	5.6
Σ R	8.03

Los valores de resistencia del tipo de pared y de película de aire exterior e interiorse muestran en Tabla 18 Propiedades Térmicas código de numero de capas usados en paredes y techos. (ASHRAE, 2017, pág. 18.37)

La resistencia de repello fino se encuentra en la sección de materiales de enyesado, empleado como se muestran en Anexos (Tabla A.4) tomada en base al libro Edward G. Pita.

Calculando el coeficiente global de transferencia de calor:

$$\boldsymbol{U = \frac{1}{\Sigma R}}$$

Sustituyendo los valores:

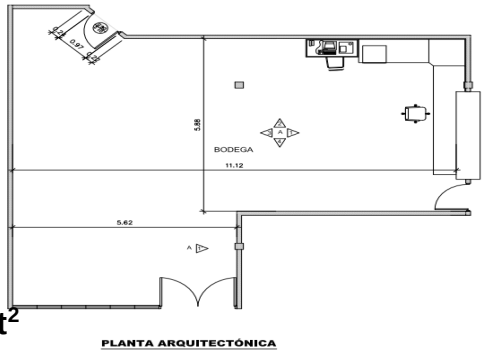
$$\boldsymbol{U = \frac{1}{8.03\ \frac{ft^2 * °F * Hr}{Btu}}}$$

$$\mathbf{U = 0.1205\ \frac{ft^2 * °F * Hr}{Btu}}$$

7.4 Paredes.

7.4.1 Áreas útiles

Latitudes	Ft^2	m^2
Norte	173.72	16.14
Sur	293.64	27.28
Este	286.85	26.65
Oeste	198.81	18.47



PLANTA ARQUITECTÓNICA

El factor de conversión de m^2 al ft2 es $1m^2 = 10.7639ft^2$

Para la pared Norte se le resto área bruta de la puerta y sección de vidrio que equivale 14.49 m^2, para la parde Sur se le resto el área de una puerta que equivale a 2.06m^2, mientras que la pared Este no se le resta nada, debido a que no contiene puerta o ventana por restar.

Para lado oeste se le resto el mostrador y puerta dicha área equivale a 5.60 m^2.

Para el cálculo del valor DTCEe se realiza por medio de la ecuación

$$DTCEe = [DTCE + LM] * K + [(78°F - t_r) + (t_0 - 85)]$$

Donde:

t_r =Temperatura requerida local 75°F.

t_0 = Temperatura media de diseño exterior.

LM = Corrección para latitud al color y mes.

K = Corrección debido al color de la superficie.

Para empezar a calcular el DTCEe se necesita calcular el **t_0** se calcula por medio de la siguiente formula:

$$t_0 = T_{ext} - \frac{Rango\ Diario\ Medio}{2}$$

$$t_0 = 100.40 - \frac{25.90\ °F}{2} \longrightarrow t_0 = 87.09\ °F$$

Para obtener los valores LM se usará la tabla 6.4 de Corrección de la DTCEe por latitud y mes para aplicar a paredes y techos, latitudes Norte.

7.5 Valores de LM según latitudes.

Para los valores de la latitud 12 de la ciudad Managua, se obtienen de manera interpolada.

Latitudes	Mes	Norte	Este	Oeste	Sur
8	abril	2	-1	-1	-7
12	abril	0.5	-1	-1	-6.5
16	abril	-1	-1	-1	-6

Para paredes color clara se emplea un **K = 0.65,** (Pita, 1994, pág. 137).

7.6 Valores de DTCE según sus latitudes.

Grupo de Paredes	Hora solar	Norte	Sur	Este	Oeste
E	13:00	11	19	38	11

Latitudes	DTCE	LM
Norte	11	0.5
Sur	19	-6.5
Este	38	-1
Oeste	11	-1

7.6.1 Calculando del DTCEe para la pared del lado Norte.

DTCEe = [DTCE + LM] ∗ K + [(78 °F − tr) + (t_0 − 85)]

DTCEe = [11 + 0.5] ∗ 0.65 + [(78 °F − 75 °F) + (87.09 °F − 85 °F)].

DTCEe = 12.57 °F

7.6.2 Calculando del DTCEe para la pared del lado Sur.

DTCEe = [DTCE + LM] ∗ K + [(78 °F − tr) + (t_0 − 85)]

DTCEe = [19 + (-6.5)] ∗ 0.65 + [(78 °F − 75 °F) + (87.09 °F − 85 °F)].

DTCEe = 13.22°F

7.6.3 Calculando del DTCEe para la pared del lado Este.

DTCEe = [DTCE + LM] ∗ K + [(78 °F − tr) + (t_0 − 85)]

DTCEe = [38 + (-1)] ∗ 0.65 + [(78 °F − 75 °F) + (87.09 °F − 85 °F

DTCEe = 29.14 °F

7.6.4 Calculando del DTCEe para la pared del lado Oeste.

DTCEe = [DTCE + LM] ∗ K + [(78 °F − tr) + (t_0 − 85)]

DTCEe = [11 + (-1)] ∗ 0.65 + [(78 °F − 75 °F) + (87.09 °F − 85 °F

DTCEe = 11.59 °F

Una vez obtenido los resultados del DTCEe para todas las paredes se procede a determinar la ganancia de calor del almacén a través de la conducción de las paredes

Ganancia de calor para el lado Norte.

Q = U * A * DTCEe

Q = 0.1205 $\frac{BTU}{ft2 * °F * Hr}$ * 173.72 ft^2 * 12.57 °F

Q = 263.13 Btu/Hr.

Ganancia de calor para el lado Sur.

Q = 0.1205 $\frac{BTU}{ft2 * °F * Hr}$ * 293.64 ft^2 * 13.22 °F

Q = 467.78 Btu/Hr.

Ganancia de calor para el lado Este.

Q = 0.1205 $\frac{BTU}{ft2 * °F * Hr}$ * 286.85 ft^2 * 29.14 °F

Q = 1007.24 Btu/Hr.

Ganancia de calor para el lado Oeste.

Q = 0.1205 $\frac{BTU}{ft2 * °F * Hr}$ * 198.81 ft^2 * 11.59 °F

Q = 277.66 Btu/Hr.

7.7 GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN EN TECHOS.

Para el cálculo de la ganancia de calor por techo utilizamos la siguiente ecuación:

Dónde:

Q: ganancia neta del recinto por conducción a través de techos.

U: Coeficiente general de transferencia de calor para el techo BTU/Hr-Ft^2-°F.

A: Área total para techos (Ft^2).

DTCEe: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (°F).

El tipo de material: Lámina de acero con aislamiento de 1 in, con cielo raso suspendido. Del libro (Eduard G. Pita.) Obtenemos el coeficiente global de transferencia de calor, ver tabla 6.1

El valor tomado de la tabla es el siguiente:

$$U = 0.134 * \frac{BTU}{Hr - ft^2 - °F}$$

Para obtener el DTCEe para carga en los techos se toma en cuenta la hora solar, es decir la hora a la cual el techo está expuesto a mayor cantidad de radiación solar, así como también se considera el material del techo.

El área viene determinada con dimensiones establecidas por el plano del arquitectónico del almacén, para lo cual se toman únicamente el área comprendida del techo de todo el almacén

Área del techo: 1304.51 ft^2

Una vez calculada el área del techo, se procede a calcular el DTCEe, para calcular la ganancia de calor del techo.

$$DTCEe = [(DTCE + LM) * K + (78 - tR) + (t0 - 85) * f$$

Donde:

DTCE: Obtenido por las temperaturas de tablas 6.1 o 6.2 °F.

LM: Corrección al color y mes de tabla 6.4.

K: Corrección debido al color de la superficie.

***tR*:** Temperatura del local, °F.

$\boldsymbol{t0}$**:** Temperatura de diseño exterior promedio, °F.

$\boldsymbol{f}$: factor de corrección para ventilación del cielo raso (solo para techos) se toma como 1.

Sustituimos en la ecuación:

$\boldsymbol{DTCEe}$ = [($\boldsymbol{DTCE}$ + $\boldsymbol{LM}$)] $*$ $\boldsymbol{K}$ + ($\boldsymbol{78}$ − $\boldsymbol{tR}$) + ($\boldsymbol{t0}$ − $\boldsymbol{85}$) $*$ $\boldsymbol{f}$]

$DTCEe$ = [(77°F + (0.5)] $*$ 1 + (78 − 75 °F) + (87.09 °F − 85) $*$ 1]

$DTCEe$ = 82.59 °F

Ya calculada el DTCEe procedemos a calcular la ganancia de calor del techo.

Q = U * A * DTCEe.

Q = 0.1205 $\frac{ft^2 * °F * Hr}{Btu}$ * 1304.51 ft^2 * 82.59 °F

Q = 12,982.60 Btu / Hr.

- **Ganancia de calor por Vidrios**

Q = U * A * DTCEe.

Donde:

U: Coeficiente general de transferencia de calor para el vidrio BTU/Hr-ft^2-°F.

A: Área total de vidrio (Ft^2).

DTCEe: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (°F).

Para obtener el Valor **U** lo sacaremos de la tabla A.8 para vidrio sencillo en verano exterior que equivale a **1.04**

U = 1.04

Áreas obtenidas según las latitudes para las estructuras de vidrio

Latitudes	(m^2)	(ft^2)
Norte	14.49	155.97
Sur	2.06	22.17

Hora	13:00
DTCE	11

$$\mathbf{DTCEe = DTCE + (78\ °F - tr) + (t0 - 85)}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$DTCEe = 11 + (78\ °F - 75\ °F) + (87.09\ °F - 85\ °F)$$

DTCEe = 16.09 °F

Calculando la ganancia de calor por vidrios:

$$\boldsymbol{Q = U * A * DTCEe}$$

SECCION NORTE

Sustituyendo los valores para el cálculo de ganancia de calor por vidrios.

Q = 1.04* $\frac{BTU}{Hr-ft2-°F}$ * 155.97 ft^2 *16.09 °F

Q = 2699.93 Btu/Hr

SECCION SUR.

Sustituyendo los valores para el cálculo de ganancia de calor por vidrios.

Q = 1.04* $\frac{BTU}{Hr-ft2-°F}$ * 22.17 ft^2 *16.09 °F

Q = 37.98 Btu/Hr

Ganancia de calor a través de la estructura Interior.

Transferencia de calor por medio de las divisiones.

Es debido al calor que pasa a través desde los espacios interiores sin acondicionar hasta los espacios acondicionados a través de pisos y cielos rasos se pueden calcular por medio de la ecuación.

Q = U * A * DT

Área del Cielo Raso.

Area	Cielo Raso (m^2)	Cielo Raso (ft^2)
Techo	112.4	1206.49

Para el coeficiente de Transferencia de calor se toma de la tabla A.7 de Libro Edward Pita (ver anexos) el valor U será 0.33 $\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$

La temperatura del recinto sin acondicionar, se toma 5°F menor que la Temperatura Exterior. Siendo la temperatura de recinto sin acondicionar 95.04°F.

Haciendo la sustitución en la ecuación

Q = U * A * DT

Q = 0.33 $\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$ * 1206.49 * (95.04 °F – 75°F)

Q = 7978.76 BTU/Hr.

Ganancia de calor por puertas internas.

Latitudes	Pared (m^2)	Pared (ft^2)
Norte	2.451	26.38
Sur	5.031	54.15
Oeste	2.037	21.92

Para el coeficiente de Transferencia de calor se toma de la tabla A.7 de Libro Edward Pita (ver anexos), considerando el tipo de puerta de madera maciza el valor U será 0.42$\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$

Haciendo la sustitución en la formula

Puerta de madera de la **pared Norte**.

Q = U * A * DT

Q = 0.42$\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$ * 26.38 ft^2 * (95.04 °F – 75°F)

Q = 222.03 Btu/Hr

Puerta de madera de la **pared Oeste**.

Sustituyendo:

Q = 0.42$\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$ * 21.92 ft^2 * (95.04 °F – 75°F)

Q = 184.49 Btu/Hr

Puerta de Vidrio y Aluminio de la **Pared Sur.**

Q = 0.88 $\frac{BTU}{Hr*ft2*°f}$ * 54.15 ft^2 * (95.04 °F – 75°F)

Q = 954.95 Btu/Hr

Ganancia de Calor por Radiación solar a través de vidrio

La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

Q = FGCS * A * CS * FCE

De donde:

FGCS = Factor de ganancia máxima de calor solar, Btu/Hr-ft^2

A = área del vidrio, ft^2

CS = Coeficiente de sombreado.

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

Q = Ganancia neta por radiación solar a través de vidrio, Btu/Hr.

Para obtener el factor de la ganancia máxima de calor solar. ver tabla 6.6 del Edward G. Pita

Valores FGCS según sus latitudes

Latitud 8°	Norte	Sur	Este	Oeste
Mes abril	44	39	225	225
Latitud 12°	41.5	42	226	226
Latitud 16	Norte	Sur	Este	Oeste
Mes Abril	39	45	227	227

Para lograr obtener el coeficiente de sombreado haremos uso de la tabla 6.7 tomadas del Edward G. Pita. (ver anexos)

El cual tomaremos 0.51 como coeficiente de sombreado.

CS = 0.51.

Latitud	**Vidrios Dobles ft^2**
Norte	**198.81**
Sur	**-----**
Este	**-----**
Oeste	**38.64**

Para obtener el Factor de carga de enfriamiento (FCE) para el vidrio se utiliza la tabla 6.8 (ver anexos tomado del libro Edward G. Pita).

Calculo para lado Norte.

$$\boldsymbol{Q = FGCS * A * CS * FCE.}$$

$$Q = 41.5 \frac{Btu}{Hr*Ft2} * 198.81 \text{ ft}^2 * 0.51* 0.79$$

$$Q = 3{,}324.17 \text{ Btu / Hr}$$

Calculo para lado Oeste.

$$\boldsymbol{Q = FGCS * A * CS * FCE.}$$

$$Q = 226 \frac{Btu}{Hr*Ft2} * 38.64 \text{ ft}^2 * 0.51* 0.31$$

$$Q = 1{,}380.63 \text{ Btu / Hr.}$$

7.8 GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACION.

Edificio Logicom			
Tipo	**Cantidad**	**Potencia Estimada por lámpara**	**Total (W)**
Lámpara Fluorescente Auto balastro Espiral	8	40W 6500 K-33.3mA 50/60Hz	3,200 W
		Total.	3,200W

Procederemos a calcular la ganancia de calor por iluminación

$$\boldsymbol{Q} = \mathbf{3.4} * \boldsymbol{W} * \boldsymbol{FB} * \text{N} * \boldsymbol{FCE}$$

Donde:

Q= Ganancia neta de calor debida al alumbrado BTU/HR

W= Capacidad de alumbrado, watts.

FB= Factor de Balastro = 1.25, se toma en base a alumbrado fluorescentes.

Lá$_{mparas}$= 1, cada habitación contiene una sola lámpara fluorescente.

FCE= Factor de Carga de Enfriamiento por persona = 1.

Sustituyendo en la ecuación.

Q = 3.4 * 40Watts * 1.25 * 8 lámparas * 1

Q = 1360 Btu/Hr

7.9 GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS.

$$Q_s = q_s * n * FCE$$

$$Q_l = q_l * n * FCE$$

Donde:

n = N° de personas.

ql = calor latente.

qs = calor sensible.

FCE = factor de carga de enfriamiento por persona

Actividad	Aplicaciones típicas	Ql	Qs
Sentado, trabajo ligero, mecanografía.	Oficinas, hoteles, apartamentos.	155 BTU / Hr	245 BTU / Hr

Tabla (ASHRAE , 2017, pág. 18.4) *Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado.*

Sabiendo el número de personas dentro del almacén es de 5 personas.

El Factor de Carga de Enfriamiento (FCE), se toma en base a 14 horas de uso diario y después de cada entrada unas 8 horas, dando como resultado un valor de 0.87. (Revisar tabla 6.12, en anexos Tomada de Libro Edward G. Pita)

$$Qs = q_s * n * FCE$$

Sustituyendo en la ecuación tenemos:

Calor Sensible.

Qs = 245 $\frac{Btu}{Hr}$ * 5 * 0.87

Qs = 1065.75 Btu/Hr

Calor Latente.

Q_L = 155 $\frac{Btu}{Hr}$ * 5 * 0.87

Q_L = 674.25 Btu/Hr

Una vez obtenidos el calor sensible y calor latente de las personas procederemos a realizar una sumatoria para así tener la ganancia de calor total de las personas

$Q_{t\ (Personas)}$ = 1740 Btu/Hr

7.10 GANANCIA DE CALOR POR EQUIPOS ELECTRICOS

Electrodomésticos	Potencia (W)	Consumos (KWh)
Computadoras	65	0.52
Impresoras	55	0.44

Electrométricos	Cantidad de Equipos	Potencia (W)	Factor de Conversión	Potencia (Btu/Hr)
Computadoras	3	65	3.41	664.95
Impresoras	1	55	3.41	187.55
			Total	**852.50**

7.11 GANANCIA DE CALOR POR INFILTRACION.

Para el cálculo de ganancia por infiltraciones en el almacén se utilizará la siguiente ecuación.

Q_s = 1.1 * CFM * DT.

De donde:

CFM: Equivale al valor que ingresa por las ranuras de puertas y ventanas

DT: Diferencia de Temperatura del aire interior y exterior.

Para el cálculo de la ganancia de calor ocuparemos el método de cambio de aire debido a que tenemos filtraciones de otra área y usa estimaciones de construcciones residenciales y edificios, el cual nos dice calcular el número de cambios de aire por hora

En la tabla 3.5 del libro de acondicionamiento de aire Edward G. Pita, aparecen valores típicos para construcciones residenciales, la cual se presenta continuación:

TABLA 3.5. CAMBIOS DE AIRE POR HORA QUE SE PRESENTAN BAJO CONDICIONES PROMEDIO EN RESIDENCIAS, EXCLUYENDO EL AIRE DE VENTILACIÓN

Tipo de recinto	Vidrio sencillo sin cinta hermética	Guardaventana o con cinta hermética
Sin ventanas ni puertas exteriores	0.5	0.3
Puertas o ventanas exteriores de un lado	1	0.7
Puertas o ventanas exteriores en dos lados	1.5	1
Ventanas o puertas exteriores en tres lados	2	1.3
Vestíbulos de entrada	2	1.3

La tasa de infiltración de aire en CFM viene dada por la ecuación:

$$CFM = C.A * \frac{V}{60}$$

De Donde:

V: Volumen del recinto ft^3

CFM: Velocidad de infiltración

C.A: Número de cambios por hora para el recinto (tabla 3.5)

El cambio de aire será igual al volumen del almacén que se obtuvo por medio del plano arquitectónico, que es igual a 257.87 m^3 para pasarlo a ft^3 utilizaremos un valor de conversión de 34.3147

Haciendo la regla de tres.

$1m^3 \longrightarrow 34.3147ft^3$ Obteniendo como resultado **8,848.74 ft^3**

$257.87\ m^3 \longrightarrow X$

Realizando la sustitución en la ecuación

$$CFM = C.A * \frac{V}{60}$$

CFM = 1 * $\frac{8848.74\ ft3}{60}$

CFM = 147.48 ft^3/min

La ganancia de cargas por infiltración se divide en: Ganancia de calor sensible y ganancia de calor latente.

Ganancia de calor sensible.

$$\mathbf{Q_s = 1.1 * CFM * DT}$$

$\mathbf{Q_s}$ = 1.1 * 147.48 ft^3**/**min * (100.4 – 76)

Qs = 3958.36 Btu/Hr.

Ganancia de Calor latente

$$\mathbf{Q_L = 0.68 * CFM * (W_e - W_i).}$$

Donde:

W_i - W_e: Son relaciones de humedad mayor (exterior), menor(interior)

Q_L: Calor latente necesario para infiltración**.**

Sustituyendo valores en la ecuación.

Q_L= 0.68 * 147.48 ft^3**/**min * (268.94 - 64.64) Lbs_{H2O}/Lbs $_{aire\ seco}$

Q_L = 20,488.51 Btu/Hr

7.12 TRANSFERENCIA DE CALOR POR LOS ALREDORES.

Algo de la ganancia del calor sensible al recinto se transfiere a través de la estructura hacia los alrededores, y nunca aparece como parte de la carga del recinto. Esto constituye como parte de la carga del recinto. Esto constituye un efecto aislado de su almacenamiento. Se debe calcular esa pérdida de calor y corregir las ganancias de calor sensible al recinto por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipo. Las siguientes ecuaciones se emplean para calcular la corrección para la transferencia de calor a los alrededores. (Pita E. G., 1994, pág. 156).

$$\mathbf{F_C = 1 - 0.02\ K}.$$

$$\mathbf{K} = \frac{(U_W * A_W + U_g * A_W)}{L}$$

Donde

Fc= Factor para corregir cada ganancia de calor sensible al recinto.

K= Conductancia de la unidad de longitud, $\boldsymbol{Btu/hr-ft-°F}$

L= Longitud de la pared exterior, $\boldsymbol{ft}$

Uw, Ug = Coeficiente de transferencia de calor, w= pared, g= vidrio, $\boldsymbol{Btu/hr-ft-°F}$

Aw, Ag = Área de la pared o del vidrio, $\boldsymbol{ft^2}$

Sustituyendo los valores en la formula, se obtiene

$$\mathbf{K =} \frac{((2.22\ Btu/ft^2 * Hr * °F)(170.28ft^2) + ((0.61\ Btu/ft^2 * Hr * °F)(156.07ft^2)}{126.48\ ft}$$

K = 3.7415

Una vez determinada la conductancia de la unidad de longitud, procederemos a calcular el factor de corrección de las ganancias de calor sensibles del almacén.

$$F_c = 1 - 0.02\ (3.7415)$$

$F_c = 0.92$

Las ganancias de calor de calor sensible debidas a la conducción, radiación solar,

alumbrado, personas y equipos se deben de multiplicar por 0.92, cada una de ellas. Esto es, las cargas sufren una reducción del 8%.

Carga de Enfriamiento del Almacén.

Para obtener la carga de enfriamiento del almacén es necesario las ganancias de calor de él, y la suma de cada una de las ganancias netas corregidas para el recinto. Se usarán las abreviaturas RSHG, RLHG y RTHG para designar a las ganancias corregidas del almacén, de calor sensible, latente y totales, y entonces la RTHG es la carga de enfriamiento del almacén.

8 FACTOR DE SEGURIDAD PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO DEL ALMACEN.

Para este trabajo monográfico emplearemos un factor de seguridad del 10% sobre la carga térmica total del edificio con el fin de considerar una mínima omisión o inexactitud en los cálculos (margen de seguridad adicional o reserva que puede estar disponible desde el funcionamiento del compresor y la carga promedio).

Se Considerará un factor de seguridad que aumente (en valor absoluto), la carga sensible y latente de nuestros locales.

Además, este factor lo empleamos con el fin de asegurarnos contra condiciones inciertas o desconocidas, ocasionadas por el mal uso del sistema instalado, ejemplo de ello: mayor número de personas en el recinto de las que fueron calculadas, generara una mayor cantidad de carga térmica.

Cálculo de la ganancia de calor total en toneladas de Refrigeración

Cálculo de ganancia de calor totales del Almacen				
Ganacias de calor del almacen	Calor sensible (Btu/Hr)	Calor latente (Btu/Hr)	Calor total (Btu/Hr)	Porcentaje
Techo	11,944.00		11,944.00	23.17%
Paredes	1,854.54		1,854.54	3.60%
Ventana	4,328.42		4,328.42	8.40%
Iluminación	1,215.20		1,215.20	2.36%
Personas	980.49	620.31	1,600.80	3.10%
Equipos	784.30		784.30	1.52%
Infiltración	3,641.69	18,849.43	22,491.12	43.62%
Divisiones de Estructura interior	7,340.46		7,340.46	14.24%
Subtotal	32,089.10	19,469.74	51,558.84	100.00%
Factor de Seguridad				10%
RSHG				35,298.01
RLHG				21,416.71
RTHG				56,714.72
RSHR				**0.62**
RTGH (Toneladas de Refrigeración)				**4.73**

La ganancia total de calor del almacén es la sumatoria del RSHG y RLHG resultando una cantidad de calor:

$$Q_{total} = RTHG.$$

$$Q_{TOTAL} = 35,298.01 + 21,416.72$$

$$Q_{TOTAL} = 56,714.72 \text{ Btu/Hr}$$

Una vez obtenida la ganancia de calor total del almacén, procederemos a determinar a cuanto equivale en toneladas de refrigeración.

1 ton Refrigeración = 12,000 Btu/Hr

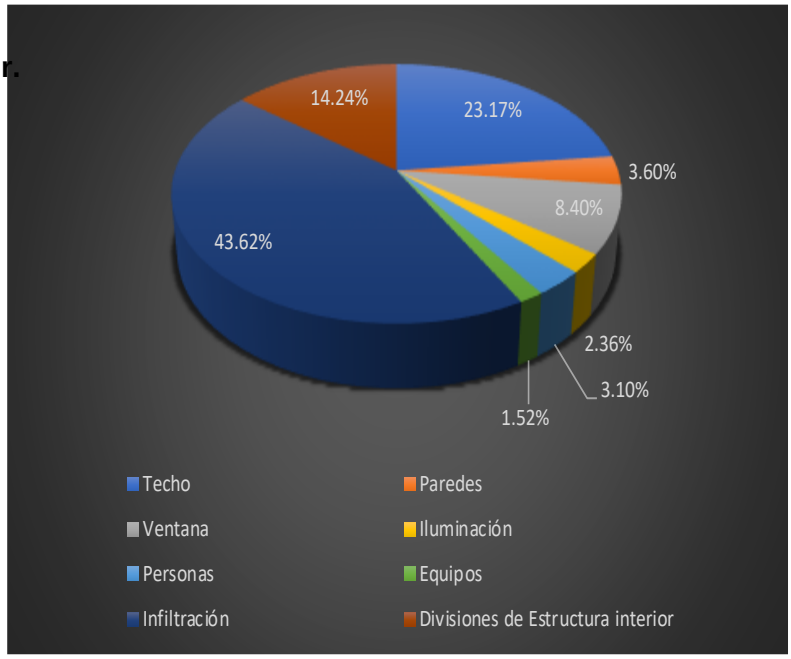
1 ton Refrigeración = 12,000Btu/Hr.

X ⟶ 56,714.72Btu/Hr.

X = 1ton Ref. * 56,714.72 Btu/Hr

12,000 Btu/Hr.

X = 4.73 toneladas de Refrigeración



8.1 Análisis de los resultados obtenidos con los ideales avalados por el Minsa.

8.1.1 Comparación de los resultados del almacén con los de INETER.

Para realizar el análisis se necesita saber los parámetros ideales que nos solicita el MINSA para guardar o poseer medicamento en un almacén, dichas parámetros están regido por la Organización Mundial de Salud (OMS) y nos dice en su informe No 34 anexo 5, que para zona cálida (zona III):

La temperatura media en un local de almacenamiento es de 26°C, con una Humedad Relativa del 54%.

Cuadro 2
Condiciones climáticas medias: datos medidos al aire libre y en el local de almacenamiento

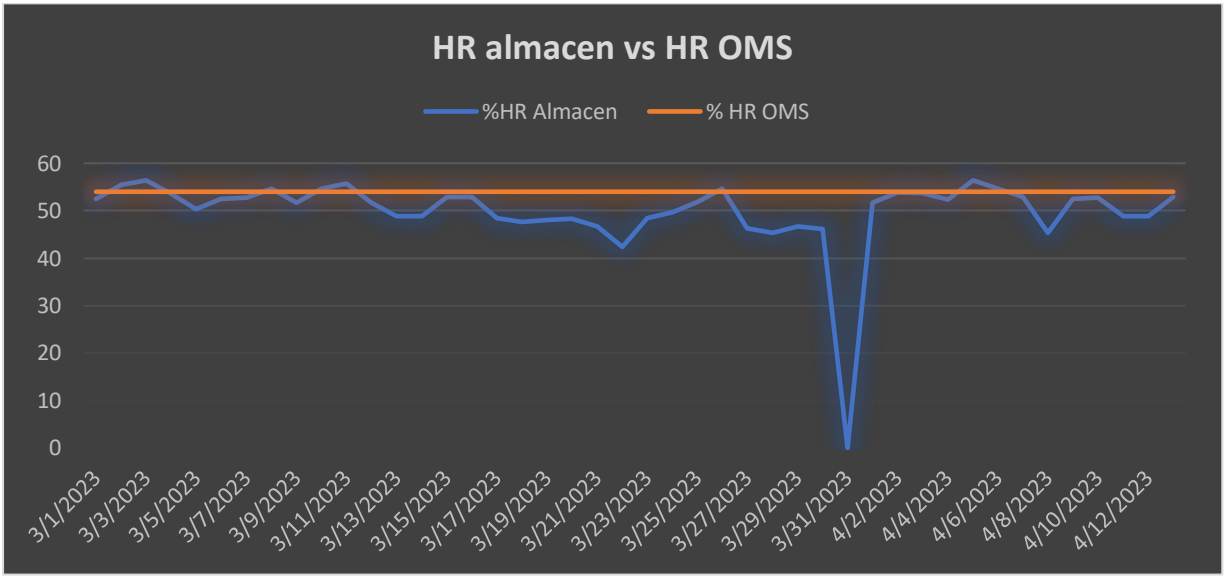
Zona climática	Datos medidos al aire libre		Datos medidos en el local de almacenamiento	
	°C	HR %	°C	HR %
I	10.9	75	18.7	45
II	17.0	70	21.1	52
III	24.4	39	26.0	54
IV	26.5	77	28.4	70

HR = Humedad relativa

A continuación, haremos uso de una tabla para comparar los resultados obtenidos en el almacén, con los datos al aire libre obtenidos por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), así como también los datos de la Humedad Relativa.

Fecha	Temp min dia ªC	Temp almacén ªC	%HR Dia	%HR Almacén	% HR OMS
1/3/2023	24.22	20.4	59	52.5	54
2/3/2023	23	21.2	61	55.5	54
3/3/2023	22.22	20.2	61	56.4	54
4/3/2023	22.22	20.4	61	53.6	54
5/3/2023	24	17.9	58	50.3	54
6/3/2023	22.61	18.5	58	52.5	54
7/3/2023	22.78	23	65	52.8	54
8/3/2023	23.72	17.9	69	54.6	54
9/3/2023	24	18.7	62	51.7	54
10/3/2023	23.61	23.6	60	54.6	54
11/3/2023	24	18.7	61	55.7	54
12/3/2023	25.22	17.8	61	51.7	54
13/3/2023	23.89	17.3	61	48.9	54
14/3/2023	24.78	17.4	60	48.9	54
15/3/2023	24	20.7	62	52.9	54
16/3/2023	26.22	17.8	65	52.9	54
17/3/2023	25	21.8	68	48.5	54
18/3/2023	23.78	18.5	65	47.7	54
19/3/2023	23.22	22.2	61	48.1	54
20/3/2023	23.78	21.8	64	48.3	54
21/3/2023	22.78	21.8	64	46.7	54
22/3/2023	23	22	67	42.4	54
23/3/2023	25.61	22.3	62	48.5	54
24/3/2023	23.61	23.5	60	49.7	54
25/3/2023	22.61	24.3	57	51.8	54
26/3/2023	24.61	22.7	63	54.7	54
27/3/2023	24.39	22.4	59	46.3	54
28/3/2023	25.22	22.2	54	45.4	54
29/3/2023	23.78	22.2	62	46.7	54
30/3/2023	23.78	22.6	65	46.1	54
31/3/2023	-	-	-	-	54
1/4/2023	23.89	24.1	60	51.70	54
2/4/2023	24.78	24.3	62	53.80	54
3/4/2023	24	17.7	65	53.70	54
4/4/2023	23.72	17.5	68	52.30	54

5/4/2023	24	20.2	65	56.40	54
6/4/2023	24.22	23.6	60	54.60	54
7/4/2023	23	20.7	57	52.90	54
8/4/2023	25.22	22.2	63	45.40	54
9/4/2023	23.89	18.5	59	52.50	54
10/4/2023	26.22	23	61	52.80	54
11/4/2023	25	17.3	60	48.90	54
12/4/2023	23.78	17.4	68	48.90	54
13/4/2023	23.22	20.7	64	52.90	54



Como podemos apreciar en el siguiente gráfico, donde la gráfica azul representa los valores de Humedad relativa del almacén, y la gráfica Naranja representa el valor de Húmeda Relativa Estándar del MINSA, regido por la OMS.

Donde observamos la que en la mayoría de los casos la empresa Logicom de Nicaragua, en particular el almacén cumple con dichos requisitos en estar por debajo de un valor de humedad del 54% HR, salvo casos puntuales, donde por alguna razón se elevó 2% como máximo.

9 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO.

Check List

CHECK LIST PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Fecha: _____Hora inicio:_____

Empresa: _____ Localización: _____

Capacidad: _____ Tipo: _____Marca:_____

Modelo: _____ Tipo de Refrigerante: _____ Código: _____

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESTADO	OBSERVACIONES
1	El equipo se encuentra operando correctamente		
2	Funcionamiento de control remoto con todas las funciones		
3	Temperatura climatizada.		
4	Temperatura de Set Point.		
5	Estado físico de serpentín de condensador y evaporador		
6	Medición de presión en tubería de admisión		
7	Medición de presión en tubería de descarga		
8	Chequeo de posibles fugas en tuercas de unidades y de filtro		
9	Apagar equipo		
10	Chequeo de capacidades de capacitores permanentes y arranque		
11	Limpieza de serpentines (Lavado y sopleteado)		
12	Limpieza de filtros de consola/manejadora interna/externa.		
13	Chequeo de fajas		
14	Chequeo de cojinetes y bushins de motores		
15	Chequeo de ventiladores		
16	Limpieza y chequeo de bomba de condensado.		
17	Armado completo de equipo		
18	Chequeo y ajuste de tornillería de sistema eléctrico y estructural.		
19	Arrancar equipo		
20	Prueba de velocidades de fan Coil		

Un buen mantenimiento preventivo es fundamental para asegurar el buen funcionamiento del sistema y el rendimiento energético de la instalación. Un filtro de succión tapado provoca una caída de presión, lo que reduce la eficiencia del equipo. Un serpentín sucio no permite un intercambio de calor óptimo y provoca también la disminución del rendimiento del sistema.

En primer lugar, verifique que las instalaciones cuenten con un programa de revisión (check-list, etc.) y de mantenimiento preventivo (mensuales, anuales, etc.). Validen que se lleven efectivamente a cabo estos programas.

Luego, durante el recorrido de las instalaciones, revise el estado de los equipos, tuberías y aparatos de medición (termómetro, manómetro, etc.). Apunte y/o saque fotos en caso de deterioro evidente, aislamientos dañados, fugas de refrigerantes, manchas de aceite en el compresor, etc.

En caso de una fuga, por ejemplo, la presión del sistema disminuye y el compresor tiene que trabajar más (a mayor carga y por más tiempo) para compensar la pérdida de presión.

Un tubo aplastado o con taponamiento produce una restricción en el paso del refrigerante.

Se recomienda verificar periódicamente la consistencia del refrigerante para observar si no está contaminado (agua, aceite, etc.). Esta acción puede asegurar una detección temprana de problemas de operación y mantenimiento.

Preguntar o revisar si la tubería o serpentín del evaporador no está congelada o escarchada. Esto puede ser la señal de que existe una falla en el sistema de deshielo, que el ventilador este dañado, que falte gas refrigerante en el sistema o que el evaporador requiere de limpieza.

CONCLUSION.

Se concluye que en el almacén de la empresa Logicom, hacen uso debido de los aparatos o aires acondicionados ya que mantienen los estándares de los índices de humedad relativa regido por el MINSA que a su vez son basado en los estándares de la Organización Mundial de la Salud para el almacenaje de los productos alimenticios y farmacéuticos.

Así gran parte de ese logro se debe a que sus colabores ya tienen una manera de como laborar y se les hace fácil adecuarse a ella.

Otra manera de observar es el análisis que se realizó entre los estándares ideales de diseño y los estándares reales.

También este logro se debe a que su proveedor de los productos farmacéuticos y alimenticios se los exige que cumpla con sus estándares para poder comercializar sus productos, ya que le hace constantemente chequeo o pruebas para verificar si las cumple con sus estándares.

RECOMENDACIONES.

- Elaboración de un diagrama de distribución de la red eléctrica con el objetivo de apoyo a futuro al momento de realizar mantenimiento o reparaciones del sistema.

- Polarizar vidrios y cubrir áreas que se encuentren con orificios para así disminuir la ganancia de calor del almacén y por lo tanto mayor ahorro de energía.

- Contratar a un personal de mantenimiento capacitado, que se encargue del mantenimiento y red eléctrica del almacén.

- Apagar aires acondicionados que no estén uso (oficinas).

- Realizar el mantenimiento de los aires acondicionados en tiempo y forma.

BIBLIOGRAFIA.

- https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2015/02/principios-de-refrigeracion.pdf

- https://energypedia.info/images/2/27/GIZ_Tutorial_Refrigeraci%C3%B3n_2015.pdf

- Diseño de un Sistema de Climatización para la Residencia Estudiantil del Recinto Universitario “Simón Bolívar” de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

- https://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado

- https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2022/BoletinClimatico032022.pdf.

- https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2022/BoletinClimatico042022.pdf.

ANEXOS

TABLA 6.2 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CÁLCULO DE CARGA DE PAREDES AL SOL, 1°F

Latitud norte, orientación de pared	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	Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
Paredes grupo A																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12
Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
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	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
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	20	6	49	43
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	20	5	38	33
Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.*

TABLA 6.4. CORRECCIÓN DE LA DTCE POR LATITUD Y MES, PARA APLICAR A PAREDES Y TECHOS, LATITUDES NORTE, °F

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE 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
8	Dic	–4	–6	–6	–6	–3	0	4	8	12	–5
	Ene/Nov	–3	–5	–6	–5	–2	0	3	6	10	–4
	Feb/Oct	–3	–4	–3	–3	–1	–1	1	2	4	–1
	Mar/Sept	–3	–2	–1	–1	–1	–2	–2	–3	–4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	–1	–4	–5	–7	–7	–1
	May/Jul	7	5	4	0	–2	–5	–7	–9	–7	–2
	Jun	9	6	4	0	–2	–6	–8	–9	–7	–2
16	Dic	–4	–6	–8	–8	–4	–1	4	9	13	–9
	Ene/Nov	–4	–6	–7	–7	–4	–1	4	8	12	–7
	Feb/Oct	–3	–5	–5	–4	–2	0	2	5	7	–4
	Mar/Sept	–3	–3	–2	–2	–1	–1	0	0	0	–1
	Abr/Ago	–1	0	–1	–1	–1	–3	–3	–5	–6	0
	May/Jul	4	3	3	0	–1	–4	–5	–7	–7	0
	Jun	6	4	4	1	–1	–4	–6	–8	–7	0
24	Dic	–5	–7	–9	–10	–7	–3	3	9	13	–13
	Ene/Nov	–4	–6	–8	–9	–6	–3	3	9	13	–11
	Feb/Oct	–4	–5	–6	–6	–3	–1	3	7	10	–7
	Mar/Sept	–3	–4	–3	–3	–1	–1	1	2	4	–3
	Abr/Ago	–2	–1	0	–1	–1	–2	–1	–2	–3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	–3	–3	–5	–6	1
	Jun	3	3	3	1	0	–3	–4	–6	–6	1
32	Dic	–5	–7	–10	–11	–8	–5	2	9	12	–17
	Ene/Nov	–5	–7	–9	–11	–8	–4	2	9	12	–15
	Feb/Oct	–4	–6	–7	–8	–4	–2	4	8	11	–10
	Mar/Sept	–3	–4	–4	–4	–2	–1	3	5	7	–5
	Abr/Ago	–2	–2	–1	–2	0	–1	0	1	1	–1
	May/Jul	–1	1	1	0	0	–1	–1	–3	–3	1
	Jun	1	2	2	1	0	–2	–2	–4	–4	2
40	Dic	–6	–8	–10	–13	–10	–7	0	7	10	–21
	Ene/Nov	–5	–7	–10	–12	–9	–6	1	8	11	–19
	Feb/Oct	–5	–7	–8	–9	–6	–3	3	8	12	–14
	Mar/Sept	–4	–5	–5	–6	–3	–1	4	7	10	–8
	Abr/Ago	–2	–3	–2	–2	0	0	2	3	4	–3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	–1	–1	2
48	Dic	–6	–8	–11	–14	–13	–10	–3	2	6	–25
	Ene/Nov	–6	–8	–11	–13	–11	–8	–1	5	8	–24
	Feb/Oct	–5	–7	–10	–11	–8	–5	1	8	11	–18
	Mar/Sept	–4	–6	–6	–7	–4	–1	4	8	11	–11
	Abr/Ago	–3	–3	–3	–3	–1	0	4	6	7	–5
	May/Jul	0	–1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	–7	–9	–12	–16	–16	–14	–9	–5	–3	–28
	Ene/Nov	–6	–8	–11	–15	–14	–12	–6	–1	2	–27
	Feb/Oct	–6	–8	–10	–12	–10	–7	0	6	9	–22
	Mar/Sept	–5	–6	–7	–8	–5	–2	4	8	12	–15
	Abr/Ago	–3	–4	–4	–4	–1	1	5	7	9	–8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	–2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Reproducido con permiso del *1979 ASHRAE Load Calculations Manual*

TABLA CLIMATICA II. TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, INSOLACIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO DEL MES DE ABRIL 2022														
REGIONES CLIMATICAS DE NICARAGUA	TEMP. MEDIA	NORMA HISTÓRICA	ANOMALÍA (°C)	ANOMALÍA (%)	TEMP. MÁX.ABS	RÉCORD HISTÓRICO	ANOMALÍA (°C)	TEMP MÍN.ABS	RÉCORD HISTÓRICO	ANOMALÍA (°C)	HUMEDAD RELATIVA %	INSOLACION H/DEC	VIENTO MEDIA M/S	VIENTO MÁXIMA M/S
REGIÓN DEL PACÍFICO	28.2	28.4	-0.2	-0.6	39.0	41.6	-2.6	19.6	14.5	5.1	71	8.9	3.3	8.6
REGIÓN NORTE	27.0	26.3	0.7	2.9	36.4	38.5	-2.1	17.6	12.0	5.6	61	7.9	2.7	6.3
REGIÓN CENTRAL	27.7	27.3	0.4	1.6	37.2	39.9	-2.7	20.0	16.5	3.5	75	7.8	2.0	7.0
REGIONES AUTÓNOMAS DEL CARIBE	27.4	27.2	0.1	0.5	32.5	34.1	-1.6	21.0	17.8	3.2	84	8.3	2.9	6.5

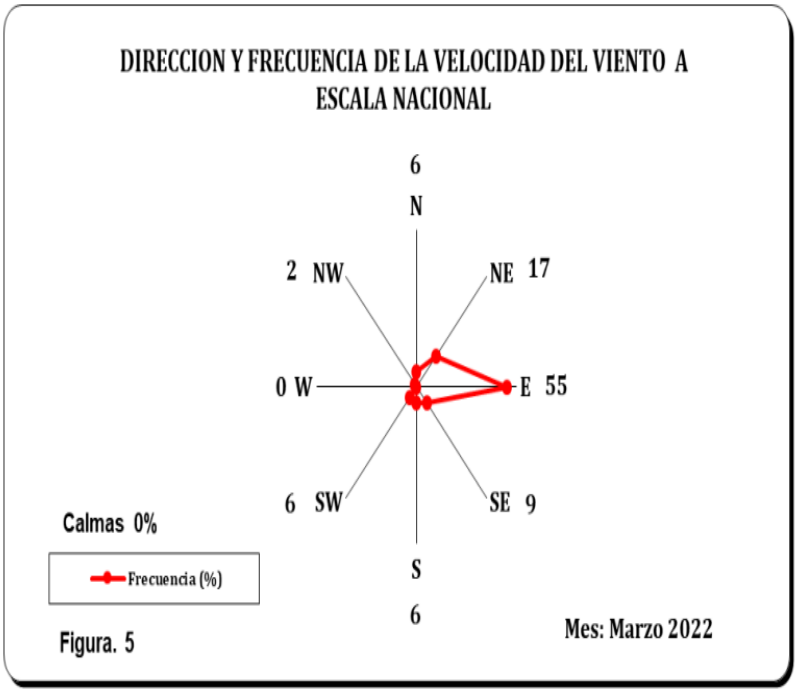

DIRECCION Y FRECUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO A ESCALA NACIONAL
6
N
2 NW
NE 17
0 W
E 55
6 SW
SE 9
S
6
Calmas 0%
Frecuencia (%)
Mes: Marzo 2022

Figura. 5

TABLA 6.7. COEFICIENTES DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS VENECIANAS ENROLLABLES

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro[a]	Transmisión solar[b]	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
							Opacas	Translúcidas	
				$h_0 = 4.0$	Medio	Claro	Oscuro	Claro	Claro
VIDRIO SENCILLO	Sencillo								
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras[f]	1/8		0.83					
	Absorbente de calor[e]	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor[e]	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30 0.24	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23			
				0.40	0.33	0.29			
				0.50	0.42	0.38			
				0.60	0.50	0.44			
VIDRIO AISLANTE	Doble[d]								
	Claro afuera Claro adentro	3/32, 1/8	0.71[a]	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Claro afuera Claro adentro	1/4	0.61[a]	0.81					
	Absorbente de calor afuera Claro adentro	1/4	0.36[a]	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18			
				0.30	0.27	0.26			
				0.40	0.34	0.33			
	Triple								
	Claro	1/4		0.71					
	Claro	1/8		0.80					

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentsl, ASHRAE Handbook & Product Directory*

TABLA 6.8. *(Continuación)*

Latitud norte.

Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
N	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
NE	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
E	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
	L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
SE	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
	L	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
S	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
SW	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
W	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.83	0.71	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
NW	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.30	0.52	0.73	0.81	0.67	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05
	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.10	0.26	0.43	0.59	0.72	0.81	0.87	0.87	0.83	0.74	0.60	0.44	0.27	0.15	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
HORA	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.13	0.29	0.45	0.60	0.72	0.81	0.85	0.84	0.79	0.70	0.56	0.40	0.23	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07

L = Construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.

M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.

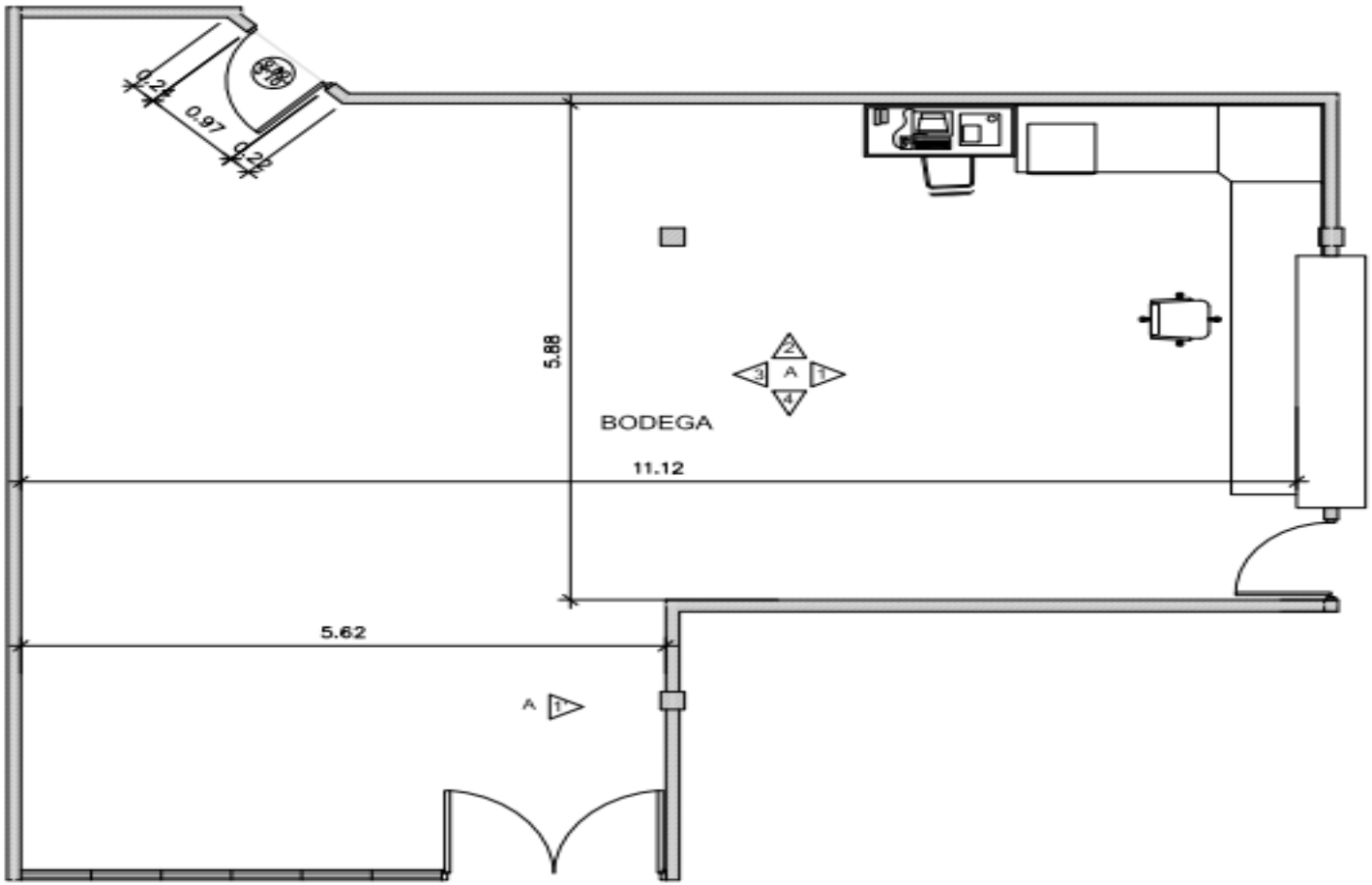
H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

Reproducido con permiso del *1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*

Tabla 9
Valores de rendimiento térmico de la placa de yeso

Espesor pulg (mm)	Conductancia "C" Btu/pie²·h·°F (W/K·m²)	Resistencia "R" °F·h·pie²/Btu (K·m²/W)
⅜ (9.5)	3.03 (17.2)	0.33 (0.058)
½ (12.7)	2.22 (12.6)	0.45 (0.079)
⅝ (15.9)	2.08 (11.8)	0.48 (0.085)
¾ (19.0)	1.67 (8.3)	0.64 (0.12)
1 (25.4)	1.20 (6.3)	0.83 (0.16)

GA-216-2013



PLANTA ARQUITECTÓNICA