

Mitigación de las Afectaciones por Condensación en Áreas de Cajero Automático

Alexander Rodriguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Ingeniería de Refrigeración y
Climatización

Directora

Yennifer Yuliana Ríos Díaz

PHD. En Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Ingeniería de Refrigeración y Climatización

Bucaramanga

2026

Agradecimientos

A Dios, a mi familia, a cada una de las personas e instituciones que me han apoyado a lo largo de mi vida y de manera especial a mí.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos.....	21
1.1 Objetivo General	21
1.2 Objetivos Específicos.....	21
2. Materiales y metodos.....	22
2.1 Análisis de carga térmica	22
2.1.1. Oficina para ser analizada.....	22
2.1.2. Condiciones ambientales de la ciudad.....	23
2.1.3. Planos arquitectónicos de las áreas analizados.....	27
2.1.4 Cargas sensibles que disipan los equipos dentro de las distintas áreas cajero electrónico...29	
2.1.5. Cargas latentes que afectan las áreas del cajero electrónico.....	30
2.1.6. Análisis de carga térmica	31
2.1.7. Unidad de aire acondicionada instalada en área de cajero electrónico	36
2.2. Causas de la condensación	38
2.3. Comportamiento del equipo de aire acondicionado durante una jornada de operación.	40
3. Resultados.	41
3.1. Analizar los datos	43
3.1.1. Establecer franjas horarias de operación del equipo respecto de la operación del cajero. ..	45
4. Conclusiones.....	49
4.1. propuestas de metodología de operación.	49
4.2. Plan de acción e implementación.	49

Referencias Bibliográficas	51
----------------------------------	----

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tabla de costos por actividad para cajeros con site de clientes	13
Tabla 2. Condiciones de temperatura bulbo seco Tbs, temperatura de bulbo húmedo Tbh y temperatura de punto de rocío Tpr durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia en un periodo de 24 horas	26
Tabla 3. Tabla carga térmica para cajeros con site interno	29
Tabla 4. Tabla carga térmica para cajeros con área interna y áreas externa	35
Tabla 5. Tabla de puntos de entrada y salida del sistema fancoil.....	37
Tabla 6. Tabla de set point en el termostato de la unidad fancoil.	46

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Distribución de flujo de aire en las zonas del cajero automático</i>	12
Figura 2 <i>afectaciones por condensación en la parte exterior de los cajeros electrónicos</i>	15
Figura 3 <i>afectaciones por condensación en la parte exterior de los cajeros electrónico</i>	16
Figura 4 <i>Esquema de funcionamiento de la unidad de aire acondicionado</i>	18
Figura 5 <i>temperatura en zona de clientes</i>	19
Figura 6 <i>mapa de presencia de la entidad financiera con cajero electrónico</i>	20
Figura 7 <i>imagen de la oficina seleccionada con cajero automático con acceso peatonal</i>	23
Figura 8 <i>grafica del comportamiento de la temperatura de bulbo seco durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia</i>	24
Figura 9 <i>grafica de la temperatura del punto de rocío Tpr durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia</i>	24
Figura 10 <i>calculo psicrométrico de la temperatura de bulbo seco Tbs y la temperatura de bulbo húmedo Tbh durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia en un periodo de 24 horas</i>	25
Figura 11 <i>levantamiento arquitectónico y de orientación del cajero automático</i>	28
Figura 12 <i>Tasas representativas de generación de calor y humedad por seres humanos en diferentes estados de actividad</i>	30
Figura 13 <i>condiciones de diseño para áreas con equipamiento electrónico</i>	31
Figura 14 <i>parámetros de condiciones exteriores y condición interior deseada en Elite Software Comercial Loads</i>	32

Figura 15	<i>hoja de resultados en Elite Software Comercial Loads para la carga térmica analizada.</i>	33
Figura 16	<i>grafica de consumos en Elite Software Comercial Loads para la carga térmica del área interna del cajero automático.</i>	34
Figura 17	<i>grafica de consumos en Elite Software Comercial Loads para la carga térmica del área de clientes del cajero automático.</i>	34
Figura 18	<i>imágenes de la unidad fancoil implementada en el área de cajero electrónico</i>	36
Figura 19	<i>plano del sistema de aire acondicionado del cajero electrónico</i>	37
Figura 20	<i>diagrama de flujo del sistema fancoil</i>	38
Figura 21	<i>grafica de cargas térmicas del área de clientes en el cajero automático.</i>	39
Figura 22	<i>grafica de requerimiento de enfriamiento del área de clientes</i>	39
Figura 23	<i>grafica de requerimiento de enfriamiento del área interna.</i>	40
Figura 24	<i>imagen de sensores implementados.</i>	40
Figura 25	<i>grafica de requerimiento de enfriamiento de las áreas</i>	41
Figura 26	<i>grafica de demanda vs. Capacidad Entregada en el área de clientes</i>	42
Figura 27	<i>imagen de temperaturas registradas con los sensores 3 de Julio de 2025.</i>	44
Figura 28	<i>imagen de consumo eléctrico registrado del analizador de redes 3 de Julio de 2025</i>	44
Figura 29	<i>imagen de temperaturas registradas con los sensores 18 de Julio de 2025.</i>	46
Figura 30	<i>imagen de consumo eléctrico registrado analizador de redes 18 de Julio de 2025</i>	47
Figura 31	<i>imagen de áreas clientes durante 18 de Julio de 2025</i>	48
Figura 32	<i>imagen del termostato inicial y termostato implementado</i>	50

Glosario

Humedad Relativa (% HR): Es la relación entre la cantidad de vapor de agua que el aire contiene en un momento dado y la cantidad máxima de vapor de agua que podría contener a esa misma temperatura. Se expresa como un porcentaje.

Sociedad americana de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (ASHRAE): Es una sociedad técnica profesional global que establece estándares, publica investigaciones y desarrolla guías de diseño y operación en los campos de la calefacción, la ventilación, el aire acondicionado y la refrigeración

Temperatura de bulbo seco (Tbs): Es la temperatura del aire medida por un termómetro común (o termómetro de bulbo seco) que no ha sido afectado por la humedad del aire.

Temperatura de bulbo húmedo (Tbh): Es la temperatura más baja que puede alcanzar el aire por evaporación de agua. Se mide con un termómetro cuyo bulbo está envuelto en un paño humedecido con agua destilada y se ventila.

Temperatura de punto de Rocío (Tpr): Es la temperatura a la cual el aire se satura de vapor de agua (100% HR), y por debajo de la cual el vapor de agua comenzará a condensarse en forma de rocío o neblina.

Unidad de medida del caudal de aire (CFM): significa pies cúbicos por minuto. Es una unidad de medida de caudal volumétrico (volumen de aire que pasa por un punto en un tiempo determinado).

Unidades Térmicas Británicas por Hora (BTU/h): Es una unidad de potencia (tasa de energía) que mide la cantidad de energía térmica transferida por unidad de tiempo. Específicamente, 1

BTU es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit a presión atmosférica normal.

Resumen

Título: Mitigación de las Afectaciones por Condensación en Áreas de Cajero Automático *

Autor: Alexander Rodriguez **

Palabras Clave: Temperatura, Humedad, Psicrometría, Condensación, Aire Acondicionado

Las entidades financieras ubicadas en zonas climáticas cálidas con altos índices de humedad relativa han enfrentado una problemática crítica en sus áreas de servicios de cajero automático. Actualmente, los espacios destinados a los clientes presentan fenómenos de condensación intersticial y superficial como consecuencia directa del proceso de acondicionamiento. El choque térmico generado entre la alta humedad exterior y el enfriamiento constante del área interna ha propiciado que las superficies alcancen el punto de rocío, derivando en condensación sobre acabados arquitectónicos, componentes locativos, incrementa los costos de mantenimiento y afecta la experiencia de los usuarios.

Este fenómeno ha generado afectaciones directas en la infraestructura, comprometiendo la buena imagen corporativa. Por tanto, el presente documento ha establecido como objetivo principal analizar este fenómeno, definir las causas raíz asociadas a la condensación en las áreas de cajeros automáticos y proponer estrategias de mitigación efectivas. Se ha determinado que el climatizar las áreas con unidades de aire Fancoil de expansión directa, especialmente en franjas horarias de baja carga térmica, es el factor detonante de la saturación del aire.

A través de un protocolo de monitoreo continuo, se han validado las fluctuaciones de temperatura y demanda eléctrica, permitiendo estructurar una propuesta de control basada en set point diferenciados. Esta estrategia garantiza el cumplimiento de los parámetros de seguridad térmica emitidos por el personal técnico de los cajeros automáticos, a la vez que ha eliminado la presencia de condensación. En conclusión, se ha consolidado un modelo de operación que equilibra la integridad del equipamiento de los cajeros con la eficiencia energética y la conservación de las áreas locativas en entornos de alta exigencia climática.

* Trabajo de Grado

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Refrigeración y Climatización. Director: Yennifer Yuliana Ríos Díaz PHD. En Ingeniería Eléctrica

Abstract

Title: Mitigation of the Effects of Condensation in Areas and Automated Teller Machine *

Author(s): Alexander Rodriguez **

Key Words: Temperature, Humidity, Psychrometrics, Condensation, Air Conditioning

Financial institutions located in warm climatic zones with high relative humidity levels have faced a critical issue in their automated teller machine (ATM) service areas. Currently, customer spaces exhibit phenomena of interstitial and surface condensation as a direct consequence of the air conditioning process. The thermal shock generated between high outdoor humidity and the constant cooling of the internal area has caused surfaces to reach the dew point, resulting in condensation on architectural finishes and structural components. This increases maintenance costs and negatively impacts the user experience.

This phenomenon has directly affected the infrastructure, compromising the corporate image. Therefore, this document establishes as its primary objective the analysis of this phenomenon, the definition of the root causes associated with condensation in ATM areas, and the proposal of effective mitigation strategies. It has been determined that cooling these areas with direct expansion (DX) Fan Coil units, especially during low thermal load timeframes, is the triggering factor for air saturation.

Through a continuous monitoring protocol, fluctuations in temperature and electrical demand have been validated, allowing for the structuring of a control proposal based on differentiated setpoints. This strategy ensures compliance with the thermal safety parameters issued by the ATM technical staff while simultaneously eliminating the presence of condensation. In conclusion, an operational model has been consolidated that balances the integrity of the ATM equipment with energy efficiency and the preservation of premises in high-demand climatic environments.

* Degree Work

**School of Mechanical Engineering. Specialization in Refrigeration and Air Conditioning. Advisor: Yennifer Yuliana Ríos Díaz PHD. In Electrical Engineering.

Introducción

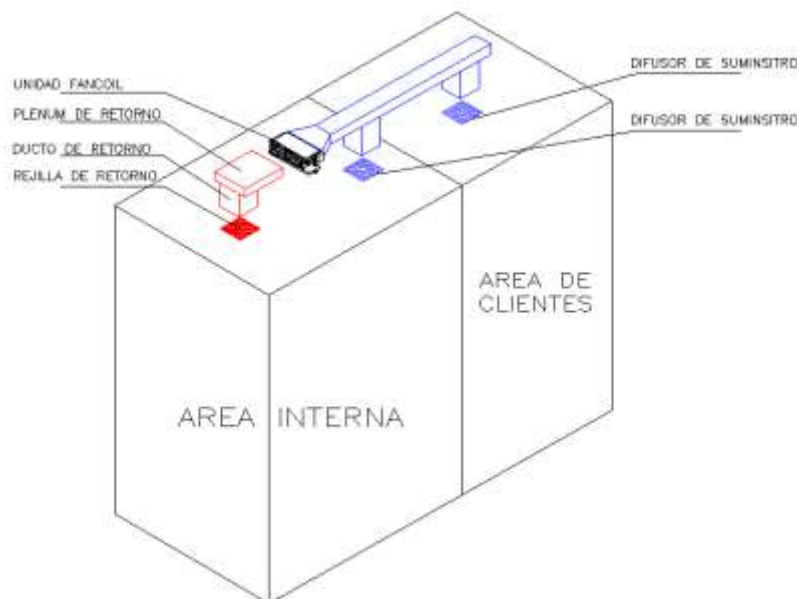
Las compañías bancarias dentro de su portafolio de servicios contemplan oficinas de atención a los clientes y en cada oficina se debe manejar el servicio de transacciones de manera autónoma, a estos espacios se le denominan cajero automático

Para mitigar la disipación de calor generada por los componentes internos del cajero (procesadores, fuentes de poder y periféricos), es imperativo integrar sistemas de aire acondicionado. Estos sistemas tienen como objetivo mantener una condición de temperatura ideal (set-point), evitando el estrés térmico en el hardware.

En las ciudades cálidas las oficinas deben garantizar el confort térmico tanto para los usuarios como para los componentes internos del cajero automático. Para ello, se implementan unidades Fan Coil con sistemas de distribución por ductos, como lo muestra la descripción a continuación.

Figura 1

Distribución de flujo de aire en las zonas del cajero automático



Nota. Esquema de distribución del flujo del aire en los cajeros electrónicos.

El acondicionamiento de áreas de atención a clientes en ciudades con climas cálidos ha evidenciado la presencia de condensación como un problema recurrente, particularmente en entornos caracterizados por altas temperaturas y elevados niveles de humedad. Esta situación impacta negativamente, incrementa los costos de mantenimiento y afecta la experiencia de los usuarios.

En este contexto, el presente trabajo propone una metodología para la mitigación de la condensación, basada en la evaluación de las cargas térmicas, el análisis del desempeño del sistema de aire acondicionado y la definición de estrategias de control que permitan optimizar su operación.

En la actualidad las afectaciones por condensación representan un costo importante en las tareas de mantenimiento locativo, donde se identifican afectaciones de pintura en mampostería y en estructura metálica, acabados de lampara, rejillas e imagen gráfica en este contexto los costos asociados a una sola corrección representan un costo importante si lo evaluamos como lo muestra la tabla 1 y en un contexto de una compañía con presencia nacional con más de 600 oficinas

Tabla 1

Tabla de costos por actividad para cajeros con site de clientes

Actividad	Unidad	Costo
Suministro y aplicación de Pintura de acabado estructura metálica. Incluye barrera epóxica y esmalte a base de poliuretano. (Para estructuras existentes o estructuras especiales).Unidad de medida m ² por superficie real ejecutada. Aplica para zonas costeras o con alta salinidad.	m2	48.088

Suministro y Repinte de muros existentes, aplicación de dos manos de acabado Viniltex de pintuco, color similar existente. Incluye andamios, lijada, resanes, dilataciones plantilladas en estuco, la herramienta, equipos y materiales necesarios para el correcto repinte. Se incluye lineales que se puedan generar.		
Unidad de medida Mts2	m2	19.418
Suministro y aplicación de Pintura al duco en color aluminio de los perfiles en L, y rejas de las ventanas y puertas acceso, ncluye equipo, herramientas, materiales y todo lo necesario para su correcta aplicación.	m2	27.559
Suministro e instalación de Reja tipo banco pintura electrostática color gris claro en varilla de 1/2 c/da 40 con platina de 3/16 x 1/4 cada 13 cm, con sistema de anclaje a muros (No platinas), incluye equipo, herramienta, materiales, accesorios y todo lo necesario para su correcta instalación.	m2	417.777
Suministro e instalación de Cambio sandblasting cajero clientes incluye equipo, herramienta, accesorios y todo lo necesario para su correcta instalación.	Und	183.457

Nota. La tabla muestra los valores del mercado para las actividades reparaciones locativas en el año 2025

Planteamiento del problema - En las oficinas bancarias ubicadas en ciudades de clima cálido caracterizados por altas temperaturas y elevados niveles de humedad, se presentan afectaciones por condensación, favoreciendo la corrosión, el deterioro de acabados y la aparición de manchas. Asimismo, la presencia visible de humedad o deterioro en el área de clientes del cajero automático impactar negativamente en la imagen corporativa ante los clientes.

Los impactos por condensación se clasifican de la siguiente manera.

Condensación superficial es el fenómeno físico que se produce cuando el vapor de agua contenido en el aire de un recinto interior entra en contacto con una superficie (pared, techo, ventana) cuya temperatura es inferior a la temperatura de rocío del aire de dicho recinto. En consecuencia, el aire se satura al enfriarse repentinamente contra el cerramiento y ya no puede retener el agua en forma de gas, depositándola en forma líquida sobre la superficie.

Figura 2

Afectaciones por condensación en la parte exterior de los cajeros electrónicos



Nota. Imagen de referencia de afectaciones por condensación.

Condensación intersticial se define como un fenómeno físico-patológico que ocurre cuando el vapor de agua atraviesa un cerramiento y se condensa en su interior, es decir, entre las distintas capas que lo componen. A diferencia de la superficial, esta condensación se produce en un punto interno del muro o cubierta donde la presión de vapor de la masa de aire que difunde a través del material iguala o supera la presión de saturación correspondiente a la temperatura en ese punto específico. Donde la causa física se debe al gradiente de presiones de vapor entre el interior y el exterior del edificio, lo que genera un flujo de vapor a través de los materiales porosos del cerramiento.

Figura 3

Afectaciones por condensación en la parte exterior de los cajeros electrónicos



Nota. Imagen de referencia de afectaciones por condensación.

Condensación higroscópica es aquella que se produce cuando un material contiene sales higroscópicas (como nitratos, cloruros o sulfatos) que tienen la capacidad de absorber la humedad del aire, incluso cuando este no ha alcanzado su punto de saturación (100% de humedad relativa) ni ha tocado una superficie fría.

En esencia, las sales "atrapan" las moléculas de agua del ambiente y las retienen dentro de los poros del material, provocando que este aparezca húmedo en condiciones ambientales en que teóricamente no deberían producir condensación.

Este tipo de condensación no se ha identificado en las visitas realizadas a los proyectos visitados para adelantar el presente trabajo

A partir de la descripción de las patologías asociadas a la condensación en los materiales de construcción, se identifican dos factores determinantes: la diferencia de temperatura entre las distintas caras del material y la presencia de altos niveles de humedad en el ambiente.

Esta condición se presenta debido a que las diferentes áreas que conforman los cajeros automáticos cuentan con una unidad de aire acondicionado que operan de manera continua, las 24 horas del día, los siete días de la semana. Dichos equipos funcionan bajo un único parámetro de control, condición de temperatura ideal (set-point).

Figura 4

Esquema de funcionamiento de la unidad de aire acondicionado



Nota. La imagen describe la lógica de la operación en una unidad fancoil.

Dado que el equipo opera bajo un único parámetro de medición (el sensor de temperatura en el termostato).

El sistema presenta una limitación importante: el aire acondicionado mantiene un caudal constante de aire frío hacia el área de clientes de los cajeros automáticos, incluso cuando las condiciones térmicas no lo requieren.

Figura 5

Temperatura en zona de clientes

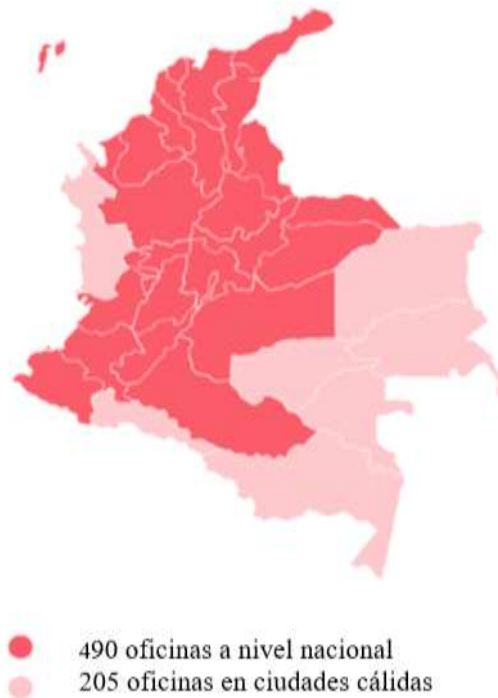


Nota. Imagen de referencia de la temperatura en zona de clientes.

Idea de investigación – Analizar las causas raíz de las afectaciones por condensación en las áreas de cliente de los cajeros automáticos y plantear alternativas de mitigación que se convierte en una herramienta de gran valor para la entidad bancaria. Este análisis adquiere especial relevancia considerando que la entidad bancaria cuenta con presencia a nivel nacional, con más de 200 oficinas que podrían verse afectadas por condiciones ambientales similares.

Figura 6

Mapa de presencia de la entidad financiera con cajero electrónico



Nota. Imagen donde se indica la presencia de la entidad a nivel nacional.

En este contexto, la investigación propone evaluar el desempeño térmico y la eficiencia operativa del sistema de aire acondicionado, con énfasis en el análisis de los periodos de funcionamiento y los patrones de operación del equipo en las áreas de cajeros automáticos. A partir de estos resultados, se busca establecer estrategias que permitan reducir la formación de condensación, optimizar el consumo energético y disminuir los costos de mantenimiento a mediano plazo. Finalmente, se pretende generar una metodología técnica que orienten la operación de los sistemas de aire acondicionado en instalaciones bancarias con condiciones ambientales similares a nivel nacional.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Proponer una metodología que permita disminuir las afectaciones por condensación y optimizar la operación de los equipos de aire acondicionado implementados en las áreas de cajero automático

1.2 Objetivos Específicos

Realizar el análisis de cargas térmicas de cada una de las áreas que compone el cajero electrónico

Establecer el comportamiento del equipo de aire acondicionado en los parámetros de temperatura de suministro de aire, Temperatura de retorno de aire, consumo de energía.

Identificar los puntos críticos de condensación.

Proponer estrategias operativas y de control que permitan optimizar el funcionamiento del sistema de aire acondicionado y mitigar las afectaciones por condensación en el área de clientes de los cajeros automáticos.

2 Materiales y métodos

2.1 Análisis de carga térmica

Este estudio permite establecer los parámetros reales de las necesidades de enfriamiento para los espacios ilustrados en la Figura 1. El análisis se centra en dos sectores específicos: el área interna, donde se ubica la unidad del cajero automático, y el área externa, destinada a la atención de los usuarios. El objetivo principal es estimar las condiciones térmicas óptimas para ambos puntos; para ello, es fundamental completar el procedimiento detallado a continuación.

2.1.1 Oficina para ser analizada

El análisis se debe adelantar en una única unidad de cajero automático para establecer los patrones de operación, al igual que el comportamiento del equipo de aire acondicionado para esto se gestionó permiso de ingreso con la entidad financiera,

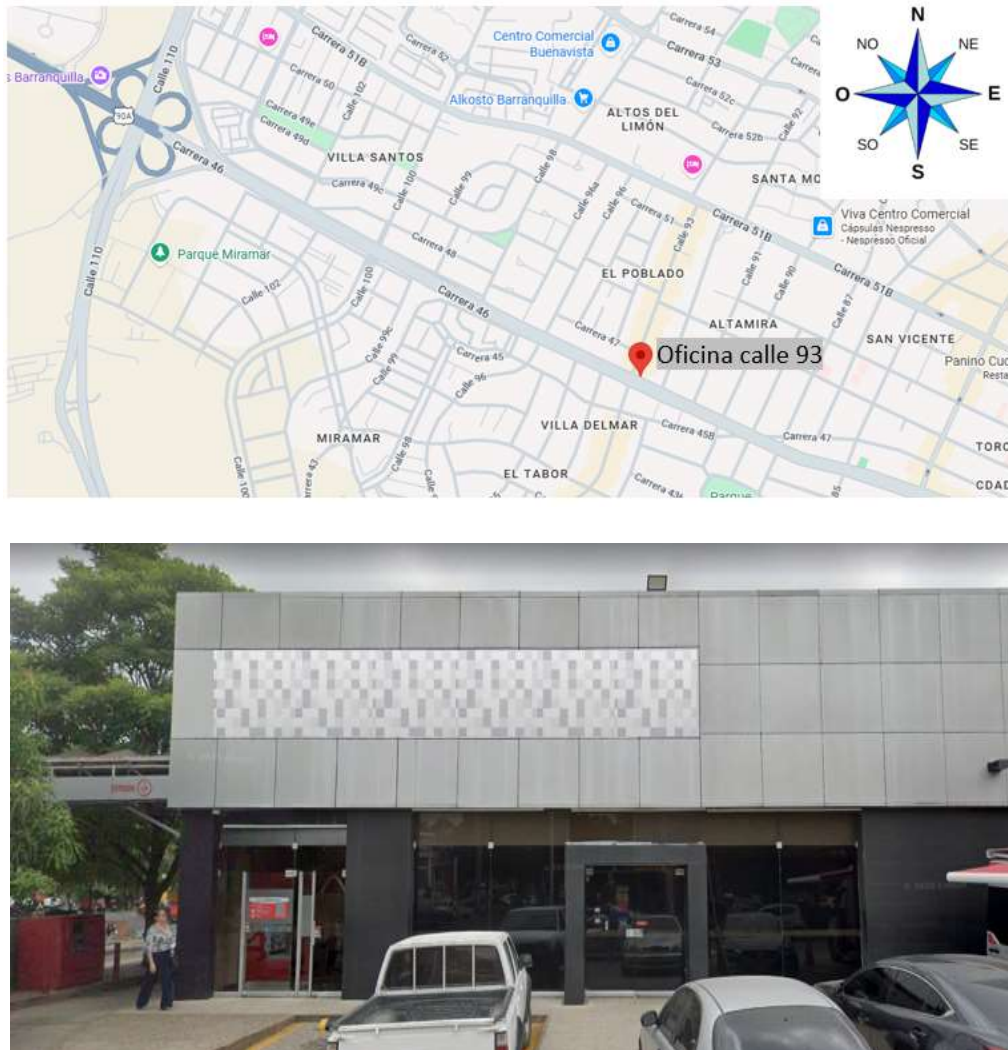
La oficina selecciona se encuentra ubicada Carrera 46 con calle 93 en la ciudad de barranquilla, Colombia. En la Dicha oficina es de captación a la calle lo que genera condiciones adecuadas para el análisis de carga térmica que son.

- Ciudad Calidad y Humedad
- Área de clientes del cajero automático de acceso peatonal en el exterior de la oficina
- Equipo de aire acondicionado
- Suministro de aire acondicionado en zona de clientes

Con las condiciones establecidas se selecciona la oficina ubicada en la ciudad de barranquilla Colombia indicada en la figura 6

Figura 7

Imagen de la oficina seleccionada con cajero automático con acceso externo peatonal



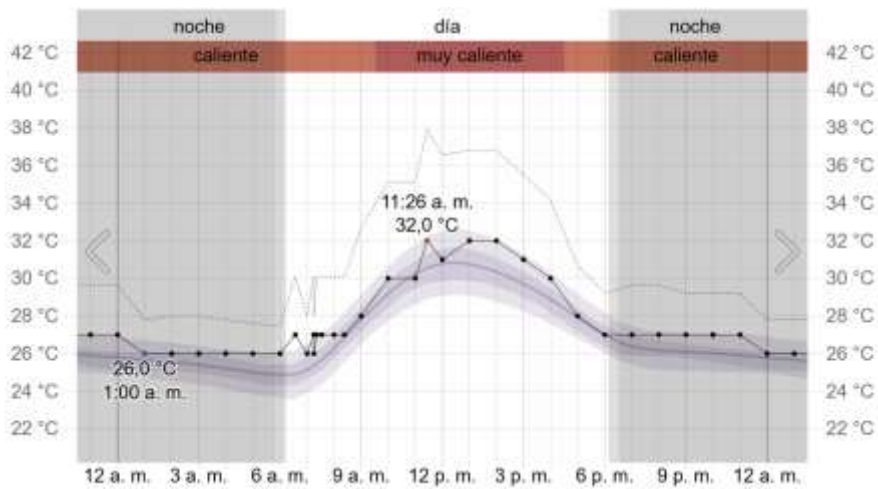
Nota. Las imágenes corresponden a la ubicación y a la fachada del proyecto seleccionado.

2.1.2 Condiciones ambientales de la ciudad

Para realizar el análisis de carga térmica se debe establecer las condiciones de temperatura de bulbo seco T_{bs} y la temperatura de bulbo húmedo T_{bh} de la ciudad de Barranquilla. El análisis se realiza de las condiciones del día 3 de marzo de 2025 que corresponde a la fecha en que se recibe la información de la afectación.

Figura 8

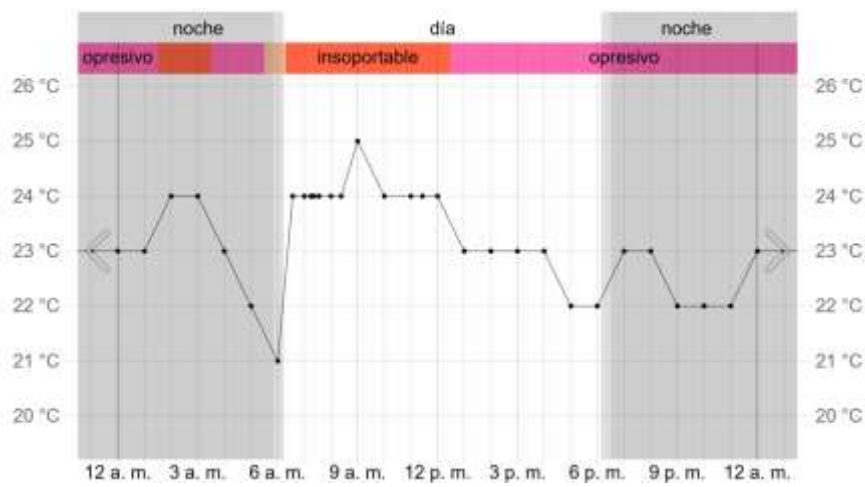
Grafica del comportamiento de la temperatura de bulbo seco durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia



Nota. Datos registrados por la unidad meteorológica del aeropuerto Ernesto Cortissoz que presta sus servicios a la ciudad de Barranquilla.

Figura 9

Grafica de la temperatura del punto de rocío Tpr durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia



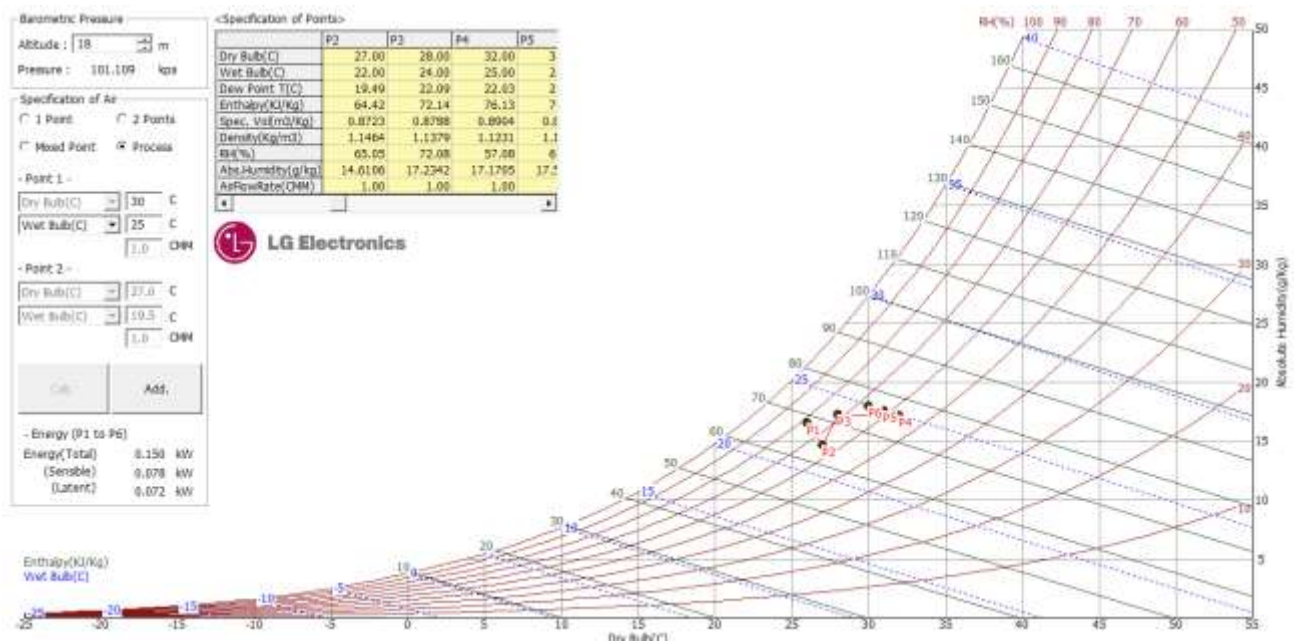
Nota. Datos registrados por la unidad meteorológica del aeropuerto Ernesto Cortissoz que presta sus servicios a la ciudad de Barranquilla.

Para establecer la temperatura del bulbo húmedo T_{bh} de la ciudad de barranquilla se toma de referencia la información de la gráfica de la temperatura del punto de rocío de las condiciones del día 3 de marzo de 2025 que corresponde a la fecha que en que se implementaron los sensores la unidad de aire acondicionado.

El cálculo consiste en la coordinación atreves de la de temperatura de bulbo seco T_{bs} y la temperatura del punto de rocío T_{pr} en la carta psicrométrica

Figura 10

Calculo psicrométrico de la temperatura de bulbo seco T_{bs} y la temperatura de bulbo húmedo T_{bh} durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia en un periodo de 24 horas



Nota. La grafica corresponde al análisis psicrométrico para los valores registrados.

Tabla 2

Condiciones de temperatura bulbo seco T_{bs} , temperatura de bulbo húmedo T_{bh} y temperatura de punto de rocío T_{pr} durante el 3 de marzo de 2025 en la ciudad de Barranquilla en Colombia en un periodo de 24 horas

hora	Temperatura de bulbo seco T_{bs}	Temperatura del punto de rocío T_{pr}	Temperatura del bulbo húmedo T_{bh}
12:00:00 a. m.	27	23	24,2
1:00:00 a. m.	26	23	23,9
2:00:00 a. m.	26	23	23,9
3:00:00 a. m.	26	24	24,6
4:00:00 a. m.	26	24	24,6
5:00:00 a. m.	26	23	23,9
6:00:00 a. m.	26	22	23,2
7:00:00 a. m.	27	21	22,9
8:00:00 a. m.	27	24	24,9
9:00:00 a. m.	27	25	25,6
10:00:00 a. m.	28	24	25,2
11:00:00 a. m.	28	24	25,2
12:00:00 p. m.	32	24	26,2
1:00:00 p. m.	31	23	25,2
2:00:00 p. m.	32	23	25,5
3:00:00 p. m.	32	23	25,5
4:00:00 p. m.	30	23	25
5:00:00 p. m.	28	22	23,8
6:00:00 p. m.	27	22	23,5
7:00:00 p. m.	27	23	23,5
8:00:00 p. m.	27	23	23,5
9:00:00 p. m.	27	22	23,5
10:00:00 p. m.	27	22	23,5
11:00:00 p. m.	27	22	23,5
12:00:00 a. m.	26	23	23,9

Nota. El contenido de la tabla corresponde a los datos registrados por la unidad meteorológica del aeropuerto Ernesto Cortissoz que presta sus servicios a la ciudad de Barranquilla.

2.1.3 Planos arquitectónicos de las áreas analizados

Como parte del análisis del proyecto, se realizó una visita técnica a la oficina para el levantamiento de las condiciones del área del cajero automático. En este proceso, se categorizaron los cerramientos en fachadas exteriores (expuestas a condiciones climáticas), particiones internas (muros colindantes con áreas no expuestas) y fachadas soleadas, tal como se ilustra en la Figura 11.

La composición física de las áreas de estudio y su relación con el entorno se detallan a continuación:

Área Interna (Cajero)

Esta zona está delimitada por cuatro cerramientos principales:

Particiones Internas (3 muros): Construidas en mampostería de bloque n.º 4 con acabado en pañete, estuco y pintura de vinilo. Estas paredes colindan con el hall bancario, el cual es un espacio ya acondicionado térmicamente.

División con Área de Clientes: Compuesta por un muro metálico con refuerzo de malla electrosoldada y acabado en pintura de esmalte. Limita con un área también acondicionada.

Fachada Exterior: Muro de bloque n.º 4 (pañete, estuco y acabado exterior pizarra negra) con orientación Occidental, lo que implica una exposición directa a la radiación solar en horas de la tarde.

Área de Clientes

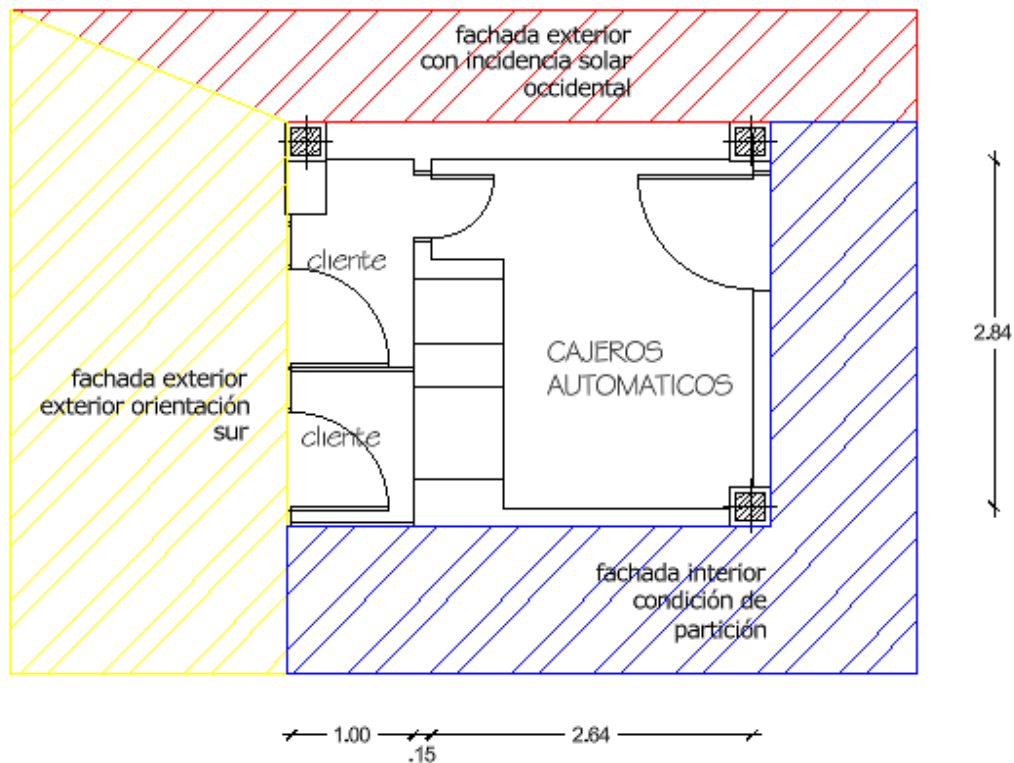
Su configuración estructural se distribuye de la siguiente manera:

Muros Cortos: El primero actúa como partición hacia el hall bancario acondicionado; el opuesto corresponde a una fachada exterior con orientación Occidental. Ambos están contruidos en bloque n.º 4 con acabados interno vinilo y externo pizarra negra.

Muros Largos: Uno corresponde a la división metálica reforzada que colinda con el área interna. El muro restante consiste en una fachada de vidrio con orientación Suroccidental, identificada como el punto de mayor ganancia térmica del proyecto.

Figura 11.

Levantamiento arquitectónico y de orientación del cajero automático.



Nota. Plano esquemático del área del cajero electrónico analizado.

2.1.4 Cargas sensibles que disipan los equipos dentro de las distintas áreas cajero electrónico

Como lo muestra la figura 11 el cajero esta dividido en dos áreas una la parte interior donde se encuentra el equipamiento eléctrico y una segunda área que corresponde a los clientes (usuarios del cajero automático).

El cálculo de la carga térmica sensible se rige estrictamente por los valores definidos en la Tabla 3. Estos datos corresponden a parámetros técnicos inalterables suministrados directamente por la entidad financiera, basados en la configuración específica de su equipamiento y periféricos.

Dado el carácter mandatorio de esta información, estos datos deben ser tomados como valores de entrada absolutos para el cálculo, sin posibilidad de alteración.

Tabla 3

Tabla carga térmica para cajeros con site interno

Escenarios	Carga Térmica Sensible (Btu/h)
1 cajero	3809
2 cajeros	6383
3 cajeros	8957
4 cajeros	11531
5 cajeros	14104

Nota. El contenido de la tabla corresponde a la disipación de carga térmica por número de unidades de cajero electrónicos.

2.1.5 Cargas latentes que afectan las áreas del cajero electrónico

En el análisis de las cargas tenemos componentes pasivos como son las paredes, los techos y cargas activas que son las fachadas que tienen incidencia solar y la ocupación de los usuarios, para esto se cuenta con la tabla de ASHRAE FUNDAMENTAL capítulo 18 donde no indica los valores respecto de la ocupación cual es su disipación como lo muestra la figura 12.

Figura 12

Tasas representativas de generación de calor y humedad por seres humanos en diferentes estados de actividad

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

Nota. Imagen de la Tabla 1 del capítulo 18 nonresidential cooling and heating load calculations del ASHRAE. (2011). *ASHRAE Handbook— applications*.

2.1.6 Análisis de carga térmica

Para el cálculo de la carga térmica, se utilizó el programa Elite Software Commercial Loads, integrando la información obtenida durante el levantamiento (Figura 11). El análisis contempla la disipación interna del equipamiento electrónico (Tabla 3) y el calor generado por los ocupantes (Figura 12). Los parámetros de diseño y condiciones interiores se establecieron siguiendo estrictamente los requerimientos de ASHRAE FUNDAMENTAL (Capítulo 17), asegurando el cumplimiento de los estándares internacionales de climatización.

Figura 13

Condiciones de diseño para áreas con equipamiento electrónico

Table 1, Class 1, Class 2, and Selected NEBS Design Conditions				
Condition	Classes 1 and 2		NEBS	
	Allowable Level	Recommended Level	Allowable Level	Recommended Level
Temperature control range	59 to 90°F ^{a,f} (Class 1) 50 to 95°F ^{a,f} (Class 2)	68 to 77°F ^a	41 to 104°F ^{a,f}	65 to 80°F ^a
Maximum temperature rate of change	9°F/h ^a		54°F/h ^{a,g} 173°F/h ^{a,g}	
Relative humidity control range	20 to 80%, 63°F max. dew point ^a (Class 1) 70°F max. dew point ^a (Class 2) ^a	40 to 55% ^a	5 to 85%, 82°F max. dew point ^a	Max 55%
Filtration quality	65%, min. 30% (MERV 11, min. MERV 8) ^b			Min. 85% (Min. MERV 13) ^b

Nota. Imagen de la Tabla 1 del capítulo 17 data processing and electronic office áreas del ASHRAE. (2011). *ASHRAE Handbook—applications*

el programa Elite Software Commercial Loads integra el análisis de las necesidades de enfriamiento donde contempla la envolvente que son condiciones constantes y una única condición de condición exterior y dado que las condiciones exteriores son dinámicas se realiza el análisis de carga térmica para cada uno de los valores de condiciones exteriores tabla 2.

Figura 14

parámetros de condiciones exteriores y condición interior deseada en Elite Software Commercial Loads.

Chvac - Full Commercial HVAC Loads Calculation Program				Elite Software Development, Inc. ENTIDAD FINANCIERA Page 3				
General Project Data Input (cont'd)								
Building-Level Design Conditions								
Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Rel. Hum	Indoor Dry Bulb	Grains Diff	In/Outdoor Correction		
August	81	76	50%	68	76,95	1		
Winter	0			0				
Master Roofs								
Roof No.	ASHRAE Roof#	Roof U-Fac	Dark Color	Susp. Ceil				
1	6	0,340	No	Si				
Master Walls								
Wall No.	ASHRAE Group	Wall U-Fac	Wall Color					
1	D	0,350	M					
Master Partitions								
Partition No.	Partition U-Factor	Cool T-D	Heat T-D					
1	0,400	10	0					
2	1,000	10	0					
Master Glass								
Glass No.	Summer U-Factor	Winter U-Factor	Glass Shd. Coef.	Interior Shading	Interior Shd. Coef	Room Const	Glass Width	Glass Height
1	1,040	1,040	0,850	2	0,000	M	1,000	1,000

Nota. Imagen de la hoja de materiales en el programa Elite Software Commercial Loads

El software nos entrega resultados respecto de las cargas introducidas y las necesidades de enfriamiento para esa única condición del climático exterior

Figura 15

hoja de resultados en Elite Software Commercial Loads para la carga térmica analizada.

Chvac - Full Commercial HVAC Loads Calculation Program



Elite Software Development, Inc.
ENTIDAD FINANCIERA
Page 4

Building Summary Loads (G)

Building peaks in August at 6pm.

Bldg Load Descriptions	Area Quan	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain
Roof	90	0	0,00	0	815	815	6,40
Wall	88	0	0,00	0	756	756	5,94
Glass	64	0	0,00	0	1.646	1.646	12,92
Floor Slab	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Skin Loads		0	0,00	0	3.217	3.217	25,25
Lighting	135	0	0,00	0	461	461	3,62
Equipment	1.870	0	0,00	0	6.381	6.381	50,08
People	1	0	0,00	200	250	450	3,53
Partition	152	0	0,00	0	608	608	4,77
Cool. Pret.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Heat. Pret.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Cool. Vent.	6	0	0,00	327	72	399	3,13
Heat. Vent.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Cool. Infil.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Heat. Infil.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Draw-Thru Fan	0	0	0,00	0	489	489	3,83
Blow-Thru Fan	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Reserve Cap.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Reheat Cap.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Supply Duct	0	0	0,00	0	368	368	2,89
Return Duct	0	0	0,00	0	368	368	2,89
Misc. Supply	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Misc. Return	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Building Totals		0	0,00	527	12.213	12.740	100,00

Building Summary	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain
Ventilation	0	0,00	327	72	399	3,13
Infiltration	0	0,00	0	0	0	0,00
Pretreated Air	0	0,00	0	0	0	0,00
Zone Loads	0	0,00	200	10.916	11.116	87,26
Plenum Loads	0	0,00	0	0	0	0,00
Fan & Duct Loads	0	0,00	0	1.224	1.224	9,61
Building Totals	0	0,00	527	12.213	12.740	100,00

Check Figures

Total Building Supply Air (based on a 16° TD):670 CFM

Total Building Vent. Air (0,90% of Supply):6 CFM

Total Conditioned Air Space:90 Sq.ft

Supply Air Per Unit Area:7,4480 CFM/Sq.ft

Area Per Cooling Capacity:84,7725 Sq.ft/Ton

Cooling Capacity Per Area:0,0118 Tons/Sq.ft

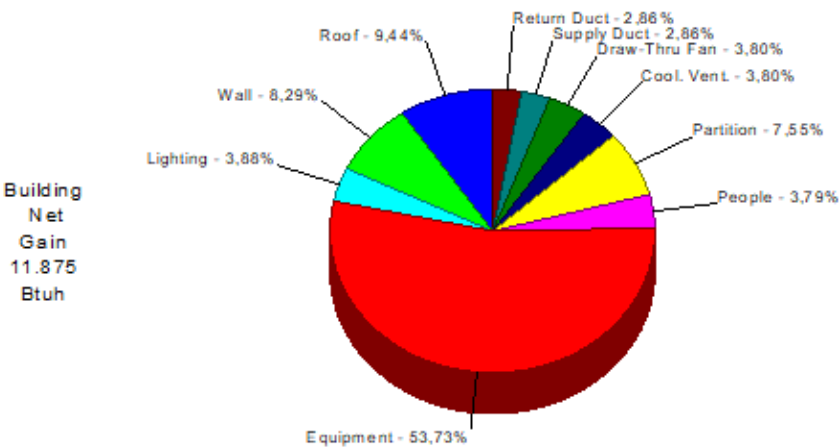
Total Heating Required With Outside Air:0 Btuh

Total Cooling Required With Outside Air:1,06 Tons

Nota. Imagen de la hoja de resultados en el programa Elite Software Commercial Loads

Figura 16

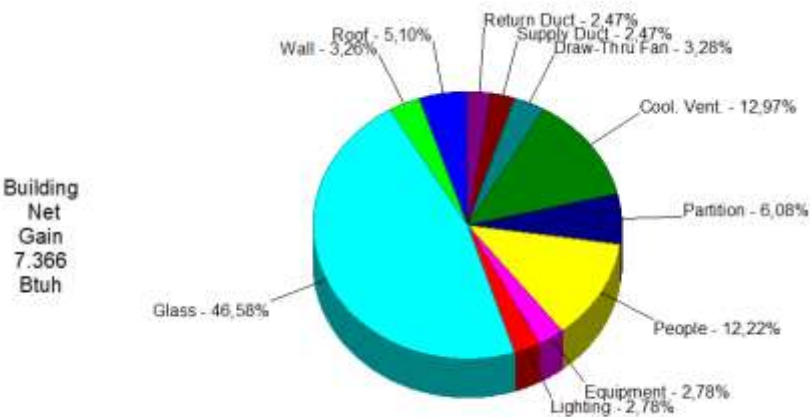
Grafica de consumos en Elite Software Comercial Loads para la carga térmica del área interna del cajero automático.



Nota. Imagen de la gráfica de consumos en el programa Elite Software Commercial Loads

Figura 17

Grafica de consumos en Elite Software Comercial Loads para la carga térmica del área de clientes del cajero automático.



Nota. Imagen de la gráfica de consumos en el programa Elite Software Commercial Loads

Del análisis de carga térmica se establecen los siguientes resultados para cada condición climática exterior

Tabla 4

Tabla carga térmica para cajeros con área interna y áreas externa

hora	Temperatura de bulbo seco Tbs (°C)	Temperatura del punto de rocío Tpr (°C)	Temperatura del bulbo húmedo Tbh (°C)	Carga térmica área interna (Btu/h)	Carga térmica área de clientes (Btu/h)
12:00:00 a. m.	27	23	24,2	11280	4080
1:00:00 a. m.	26	23	23,9	11040	3840
2:00:00 a. m.	26	23	23,9	11040	3840
3:00:00 a. m.	26	24	24,6	11160	3960
4:00:00 a. m.	26	24	24,6	11160	3960
5:00:00 a. m.	26	23	23,9	11040	3840
6:00:00 a. m.	26	22	23,2	11040	3840
7:00:00 a. m.	27	21	22,9	11160	6000
8:00:00 a. m.	27	24	24,9	11280	6240
9:00:00 a. m.	27	25	25,6	11280	6240
10:00:00 a. m.	28	24	25,2	11280	6360
11:00:00 a. m.	28	24	25,2	11280	6360
12:00:00 p. m.	32	24	26,2	11880	7320
1:00:00 p. m.	31	23	25,2	11640	7080
2:00:00 p. m.	32	23	25,5	11880	7320
3:00:00 p. m.	32	23	25,5	11880	7320
4:00:00 p. m.	30	23	25	11760	6840
5:00:00 p. m.	28	22	23,8	11280	6240
6:00:00 p. m.	27	22	23,5	11160	6000
7:00:00 p. m.	27	23	23,5	11160	3960
8:00:00 p. m.	27	23	23,5	11160	3960
9:00:00 p. m.	27	22	23,5	11160	3960
10:00:00 p. m.	27	22	23,5	11160	3960
11:00:00 p. m.	27	22	23,5	11160	3960
12:00:00 a. m.	26	23	23,9	11040	3840

Nota. La tabla resume el requerimiento de carga térmica para el área interna y externa para cada hora del día.

2.1.7 Unidad de aire acondicionada instalada en área de cajero electrónico

En el área de cajero electrónico se identifica una unidad de aire acondicionado tipo fancoil con una capacidad de enfriamiento de 24.000 BTU/h y un caudal del aire en el evaporador de 588 CFM dicha unidad cumple con los requerimientos de la carga térmica del área interna y en el área de clientes es mayor al requerimiento

Figura 18

Imágenes de la unidad fancoil implementada en el área de cajero electrónico

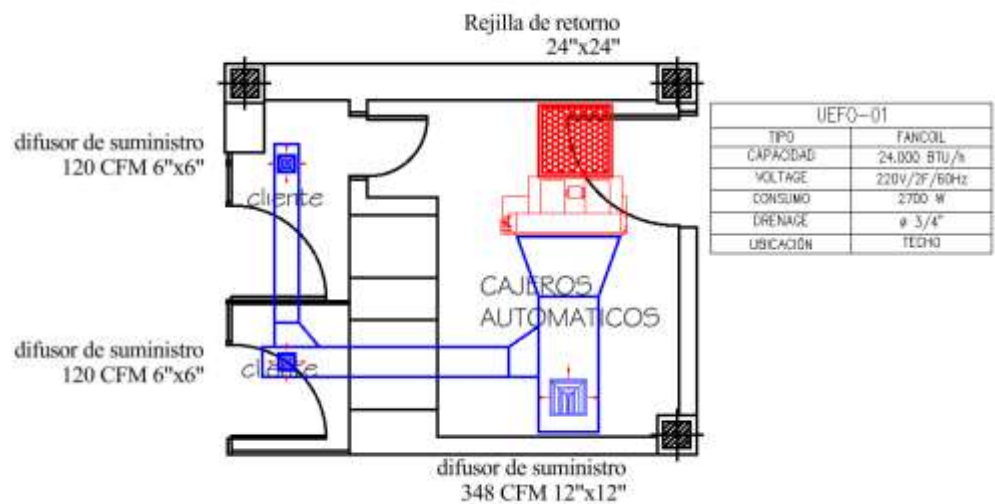


Nota. Imagen del modelo del equipo instalado en el cajero electrónico

La distribución de del aire se realiza a través de ductos y difusores como se muestra a continuación.

Figura 19

Plano del sistema de aire acondicionado del cajero electrónico.



Nota. Plano del equipo de aire acondicionado en cajero electrónico analizado

Tabla 5

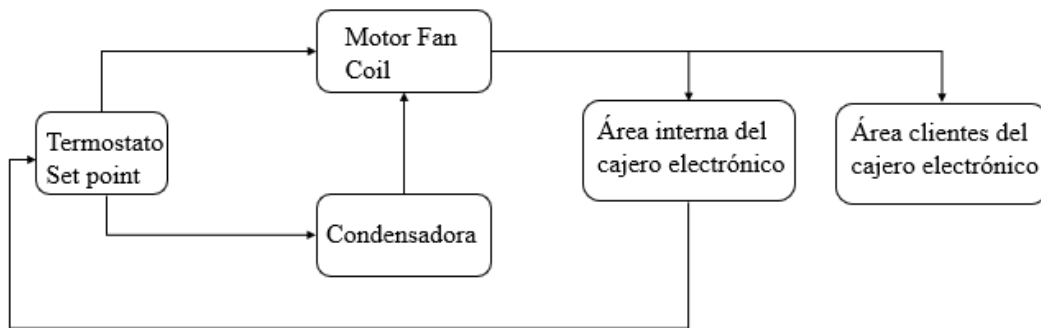
Tabla de puntos de entrada y salida del sistema fancoil

Componente	Tipo de Señal	Función
Termostato	Salida (DO)	Activación de ventilador (G), Compresor (Y)
Motor Fan Coil	Entrada (DI)	Cambio de velocidades (Baja/Media/Alta) según demanda.
Condensadora DX	Control	Señal de encendido/apagado del compresor y monitoreo de presostatos de alta y baja presión.

Nota. El contenido de la tabla corresponde a la descripción para las distintas entradas y salidas del proceso de enfriamiento en los sistemas de aire acondicionado para el cajero electrónico.

Figura 20

Diagrama de flujo del sistema fancoil.

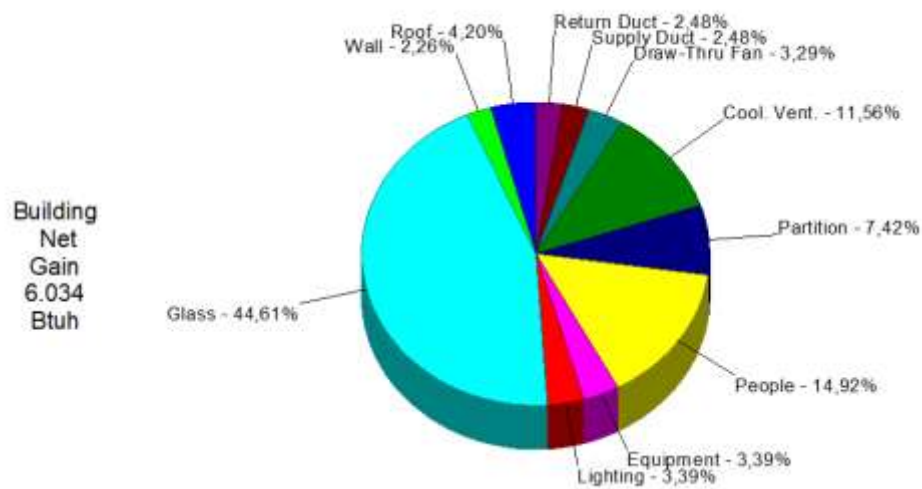


Nota. Esquema del diagrama de control para la unidad fancoil

2.2 Causas de la condensación

Después de hacer el análisis de carga térmica se establece que la unidad suple la demanda de enfriamiento del área interna y en el área de clientes es mayor la capacidad implementada a la requerida.

Analizando la grafica 21 se estable que dos las cargas mas significativas en el área de clientes es la que corresponde a ventana y la segunda la ocupación. Estas dos cargas son dinámicas durante el transcurso del día no son constantes en consecuencia en algunos momentos del día el volumen de aire frio es sobredimensionado para el requerimiento del área, dado que no tiene ocupación ni incidencia solar.

Figura 21 grafica de cargas térmicas del área de clientes en el cajero automático

Nota. Imagen de la gráfica de consumos en el programa Elite Software Commercial Loads

Al comparara las necesidades de enfriamiento en las dos area del cajero automatico vemos que el comportamiento en el area de clientes es menos lineal en consecuencia si el suministro es constante va a generar franjas de horario con sobredimensionamiento

Figura 22

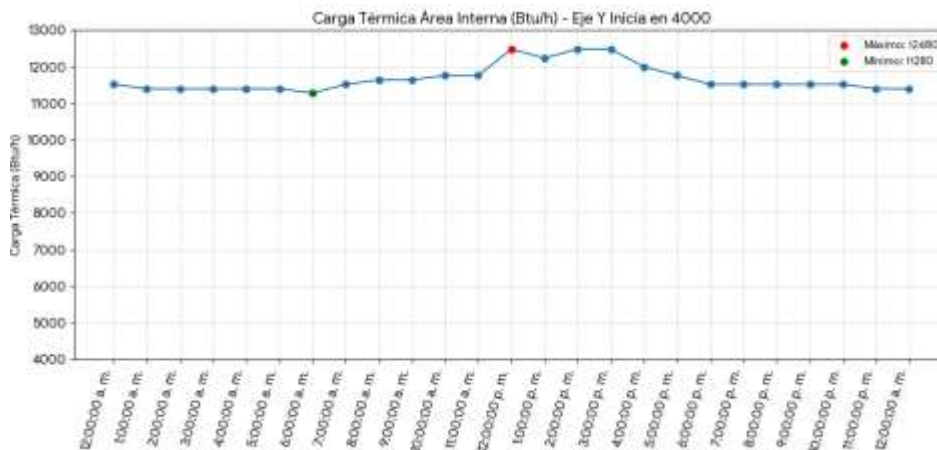
Grafica de requerimiento de enfriamiento del área de clientes



Nota. Imagen del requerimiento en el área de clientes

Figura 23

Grafica de requerimiento de enfriamiento del área interna



Nota. Imagen del requerimiento en el área interna

2.3 Comportamiento del equipo de aire acondicionado durante una jornada de operación

Para poder establecer si el comportamiento del equipo de aire acondicionado coincide con la proyección de la figura 23 se implementa en el equipo sensores de registro de temperatura en el suministro del equipo y en el retorno, al igual que un analizador de redes eléctricas.

Figura 24 Imagen de sensores implementados

Nota. Imagen de los sensores implementados en la unidad fancoil

3.Resultados

En el proceso de evaluación se determinó el comportamiento de las necesidades de enfriamiento frente a las cargas térmicas de cada zona, utilizando el set point como único parámetro de ajuste en el enfriamiento.

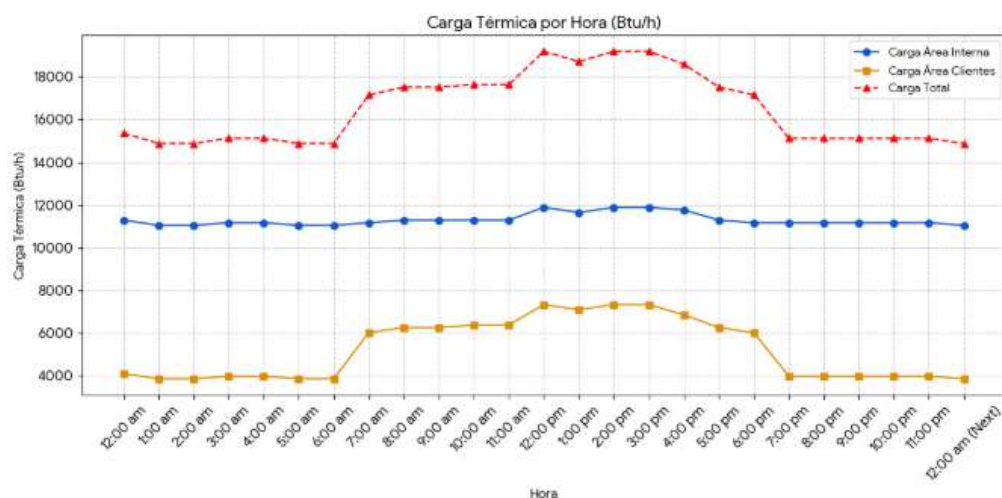
Se observó que el comportamiento de las áreas varía significativamente según sus cargas específicas:

Área Interna: Presenta un comportamiento homogéneo.

Área de Clientes: Muestra un comportamiento irregular. Mientras que durante el día la carga se alinea con el suministro de aire, durante la noche el caudal de aire es significativamente superior al requerimiento real de la zona. dentro del proceso de evaluación se han establecido los comportamientos de las necesidades de enfriamiento respecto de las cargas de cada área y el único parámetro de medida es el set point en el área interna del cajero electrónico.

Figura 25

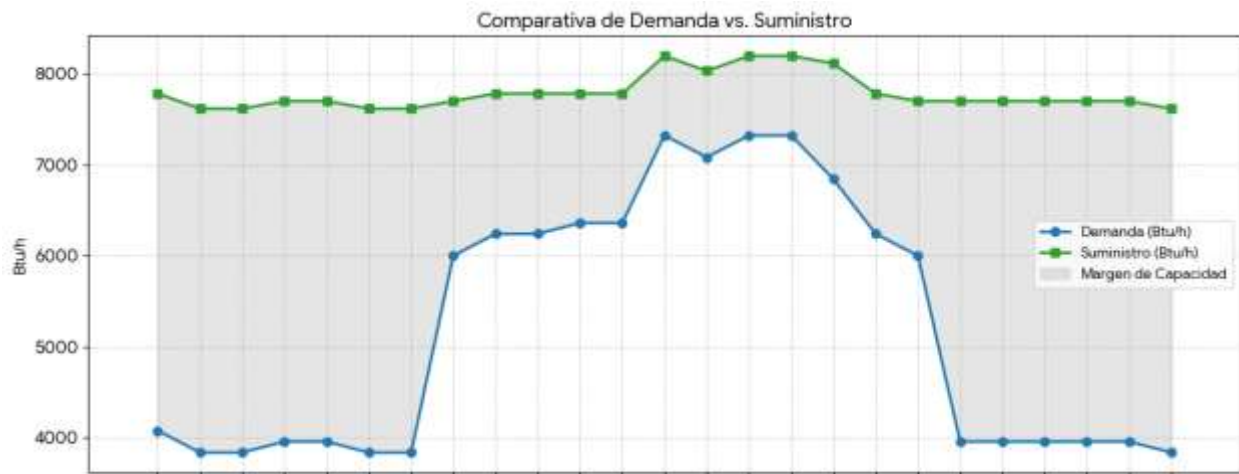
Grafica de requerimiento de enfriamiento de las áreas



Nota. Imagen comparativa en los requerimientos de enfriamiento

Figura 26

Grafica de demanda vs. Capacidad Entregada en el área de clientes



Nota. Imagen comparativa en el área de clientes

Entrega Excesiva de Capacidad: En todo momento del día, la zona de clientes está recibiendo un flujo de enfriamiento mayor al que necesita para compensar su carga térmica. Esto garantiza que la temperatura nunca suba de los niveles deseados, pero evidencia que el equipo tiene capacidad sobrante.

Sobredimensionamiento Nocturno Crítico: Durante la noche (madrugada), este fenómeno se vuelve extremo. Mientras la zona solo requiere entre 3,840 y 4,080 Btu/h, el fancoil le entrega más de 7,600 Btu/h. Es decir, durante la noche, el equipo está trabajando con un sobredimensionamiento de casi el 100% respecto a la carga real.

Reducción del Margen en Horas Pico: El único momento donde la capacidad entregada se acerca a la requerida es entre las 12:00 p. m. y las 3:00 p. m. Aun así, incluso en este pico de calor, se le sigue entregando un 12% más de energía de la que estrictamente requiere la zona (8,193 vs 7,320 Btu/h).

3.1 Analizar los datos

Para validar el comportamiento térmico y eléctrico de la unidad fancoil, se estableció un protocolo de monitoreo continuo. La extracción de datos se realizó mediante una interfaz de comunicación que vincula los sensores directamente a un sistema de registro (Datalogger). Permitiendo correlacionar las fluctuaciones de temperatura con la demanda de potencia activa en intervalos de tiempo específicos.

El sistema de monitoreo cuenta con los siguientes componentes

Termocuplas de Temperatura (2 unidades): instaladas en la descarga de suministro de aire frío de la unidad y en el retorno del equipo que determina las condiciones de la zona

Analizador de Redes: Integrado a la alimentación eléctrica de la unidad para medir parámetros como voltaje, corriente, factor de potencia y, fundamentalmente

Los datos obtenidos confirman que el equipo sigue la tendencia de carga térmica proyectada en la Figura 26, con un hallazgo crítico en el análisis de franjas horarias

Franja Diurna (6:00 a.m. - 6:00 p.m.): Se observa un comportamiento cíclico constante para compensar las cargas térmicas externas.

Franja Nocturna (6:00 p.m. - 6:00 a.m.): Se evidencia un comportamiento menos cíclico y una estabilización de la temperatura.

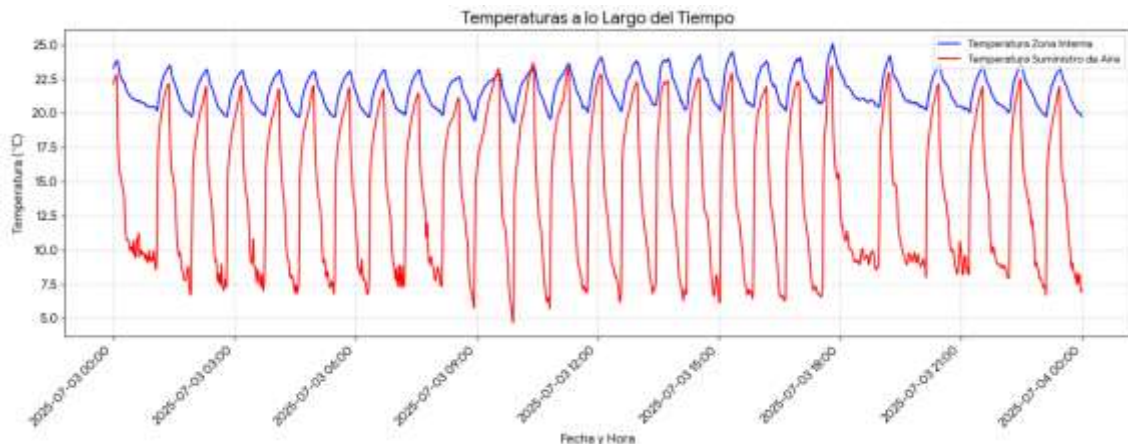
La integración de las mediciones obtenidas por las termocuplas y el analizador de redes permite identificar que el comportamiento del sistema está marcado por una entrega excesiva de capacidad de enfriamiento de forma persistente.

Los datos procesados revelan que, en todo momento del día, la zona de clientes recibe un flujo de enfriamiento superior al necesario para compensar su carga térmica. Si bien esto garantiza que la temperatura no supere los niveles de set point del área interna, las lecturas del

analizador de redes confirman que el equipo opera con una capacidad sobrante innecesaria, lo que afecta la eficiencia global del sistema y genera las condiciones idóneas para que se presente la condensación superficial en las ventanas y la condensación intersticial en las paredes.

Figura 27

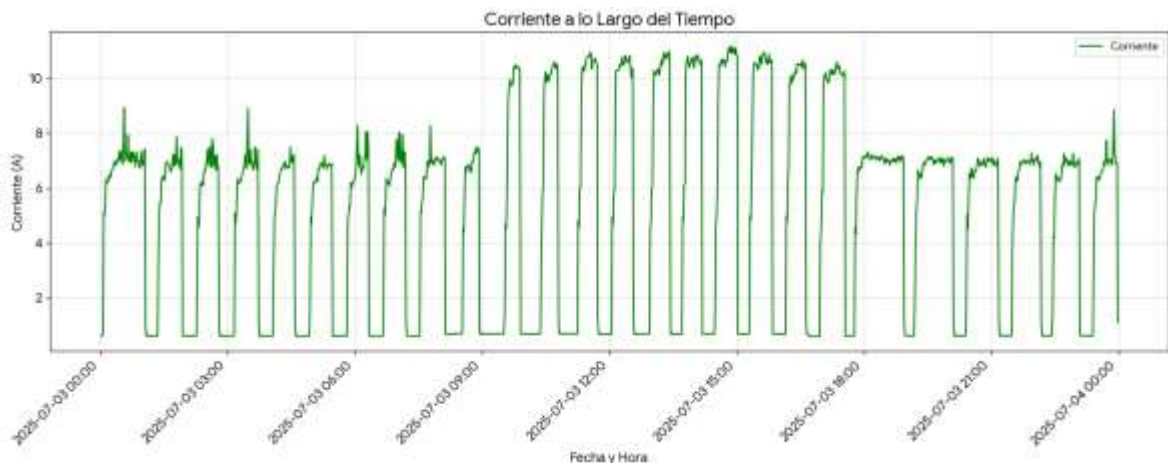
Imagen de temperaturas registradas con los sensores 3 de Julio de 2025



Nota. Imagen del registro de la temperatura en el fancoil

Figura 28

Imagen de consumo eléctrico registrado con el analizador de redes 3 de Julio de 2025



Nota. Imagen del registro del consumo eléctrico en el fancoil

3.1.1 Establecer franjas horarias de operación del equipo respecto de la operación del cajero

Con el objetivo de mitigar la formación de condensación y optimizar el consumo energético, se ha definido una estrategia de control basada en el comportamiento térmico real del sitio.

A partir de la información recopilada el 3 de julio de 2025, se establecieron dos franjas operativas diferenciadas. Se identificó que la mayor demanda de enfriamiento ocurre entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m., coincidiendo con la variación de la carga térmica exterior (ver Figura 26).

Sin embargo, el hallazgo crítico se presentó en el horario nocturno (6:00 p.m. a 6:00 a.m.), donde el sobre enfriamiento de la zona de clientes provocaba niveles de saturación térmica y la consecuente aparición de condensación.

Para corregir esta desviación sin comprometer las condiciones máximas admisibles para las unidades de cajero electrónico, se propuso a la entidad financiera un ajuste en los parámetros del termostato (ver Figura 4).

El ajuste se fundamenta en el cumplimiento del parámetro de temperatura máxima admisible de 40°C para las unidades de cajero electrónico. Se establece que dicho valor es un límite técnico inamovible, emitido y validado formalmente por el personal técnico especialista de las unidades de cajeros. Por razones de estricta confidencialidad operativa, no se permite el anexo de documentación técnica adicional o detalles específicos sobre el origen de este parámetro de seguridad.

Bajo este margen de seguridad innegociable, se pactaron las siguientes condiciones de consigna (set point) para el desarrollo de las pruebas:

Tabla 6

Tabla de set point en el termostato de la unidad fancoil.

horario	set point
6 am - 7 pm	23°C
7 pm - 6 am	30 °C

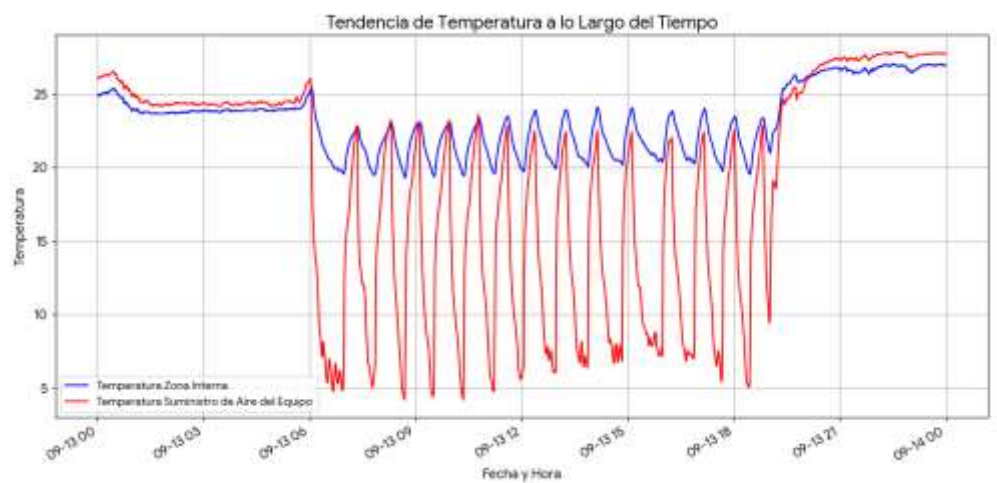
Nota. El contenido de la tabla corresponde a los horarios y los set point establecidos para las actividades de análisis.

Se seleccionó el 18 de julio de 2025 como fecha de control para validar la efectividad de los cambios. A continuación, se presentan las evidencias del comportamiento del sistema:

La Figura 29 muestra el registro de las termocuplas, donde se observa una estabilización de las temperaturas en la zona interna del cajero electrónico

Figura 29

Imagen de temperaturas registradas con los sensores 18 de Julio de 2025



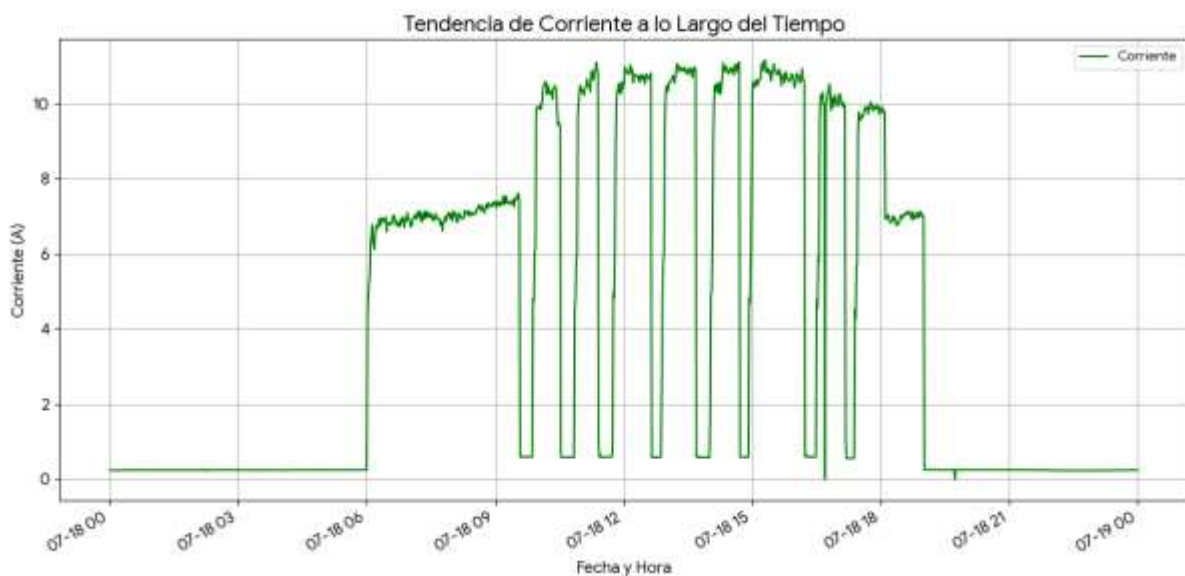
Nota. Imagen del registro de la temperatura en el fancoil

La figura 29 detalla la curva de carga obtenida por el analizador de redes, evidenciando una reducción sustancial en la potencia activa demandada tras la implementación del ajuste nocturno. Al contrastar los datos del 3 de julio frente al 18 de julio, se identificaron los siguientes hitos.

Se observa la eliminación de los arranques frecuentes del compresor durante la franja de 7:00 p.m. a 6:00 a.m. al elevar el set point a 30°C, el analizador de redes confirma que al no forzar el equipo a alcanzar los 23°C se redujo el consumo de energía y le permite a la unidad fancoil prolongar su vida útil al igual que garantizar que la temperatura del área del cajero se mantenga siempre dentro del límite de seguridad inamovible de 40°C.

Figura 30

Imagen de consumo eléctrico registrado con el analizador de redes 18 de Julio de 2025



Nota. Imagen del registro del consumo eléctrico en el fancoil

Al realizar los cambios en el set point se identifican cambios inmediatos en la presencia de condensación en el área de clientes del cajero electrónico. (ver Figura 31).

Figura 31

Imagen de áreas clientes durante 18 de Julio de 2025

REGISTRO TOMADO 7:09 pm



REGISTRO TOMADO 7:55 pm



Nota. Imagen del registro de las condiciones en área de clientes del cajero

4. Conclusiones

4.1 propuestas de metodología de operación

A partir de la validación realizada y los resultados satisfactorios obtenidos en la mitigación de la condensación y el hallazgo de la optimización en el consumo de energética, se establecen las siguientes acciones a seguir:

Optimización Operativa: La definición de franjas horarias permitió identificar que el sobre enfriamiento era la causa raíz de la condensación. El ajuste del set point a 30°C en horario de baja carga garantiza la integridad de los componentes de los cajeros electrónicos (bajo el límite de 40°C).

El monitoreo con el analizador de redes y los sensores de temperatura confirmó que la transición a un esquema de set point diferenciadas (23°C día / 30°C noche) reduce drásticamente el consumo eléctrico y extiende la vida útil de la unidad fancoil al darle periodos de descanso a la unidad.

4.2 Plan de acción e implementación

Para garantizar la sostenibilidad de estos resultados en el tiempo, la entidad financiera ha dispuesto las siguientes medidas en el sistema:

- Reemplazar el dispositivo de control actual por un termostato programable. Este permitirá automatizar las franjas horarias establecidas en la Tabla 6, asegurando que el cambio de temperatura ocurra de forma autónoma y precisa.
- Instalar una caja guarda-termostato de seguridad (acrílica o metálica con llave). Esta medida impide la manipulación no autorizada de los parámetros y asegura que el sistema opere estrictamente bajo los rangos de eficiencia diseñados.
- Implementar señalización de set point visible en el termostato.

Figura 32

Imagen del termostato inicial y termostato implementado

Termostato inicial



Termostato programable implementado



Nota. Imagen de los termostatos en las áreas de cajero automático

Referencias Bibliográficas

- ASHRAE. (2011). ASHRAE Handbook— applications. Chapter 17 Data Processing and Electronic Office Areas.
- ASHRAE. (2011). ASHRAE Handbook— applications. Chapter 18 Nonresidential Cooling And Heating Load Calculations.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). Termodinámica (9a ed.). McGraw-Hill Education.
- IDEAM (2017). Atlas Climatológico de Colombia.
- Monjo Carrió, J. (1994). Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos. Editorial Munilla-Lería.
- SOLER & PALAU (2024). Solución de ventilación de la rehabilitación del edificio camino de estación 86 de Ortuella
- TRANE (2019). MS-SVN075A-EM Manual de instalación sistemas u-match inverter (r410a) unidad exterior – bomba de calor – 12,000 a 60,000 btu/h – 60hz
- Weather Spark. (s.f.). Tiempo histórico el lunes 3 de marzo de 2025 en Aeropuerto internacional Ernesto Cortissoz, Colombia. <https://es.weatherspark.com/h/d/147156/2025/3/3/Tiempo-hist%C3%B3rico-el-lunes-3-de-marzo-de-2025-en-Aeropuerto-internacional-Ernesto-Cortissoz-Colombia#Sections-Sources>