
Línea base de desempeño energético de edificaciones residenciales y de oficinas de Colombia.

Fortalecimiento de capacidades para la eficiencia energética en edificios de América Latina (CEELA).

Julio del 2025



Índice

INTRODUCCIÓN.....	3
1. SELECCIÓN DE TIPOLOGÍAS EDILICIAS Y METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN	4
1.1. Selección de edificaciones.....	4
1.2. Metodología de caracterización.....	10
2. CARACTERÍSTICAS COMUNES ARQUITECTURA	11
2.1. Geometría	11
2.2. Materiales	13
2.3. Ventanas y acristalamientos.....	15
3. CARACTERÍSTICAS COMUNES ENERGÍA	17
3.1. Factores determinantes en la distribución de cargas eléctricas en edificaciones.....	17
3.2. Estimado preliminar de cargas de Iluminación en edificaciones	18
3.2.1. Iluminación estimada al interior de las unidades de vivienda.....	18
3.2.2. Iluminación estimada al interior de Oficinas.....	19
3.2.3. Iluminación estimada zonas comunes edificaciones residenciales y oficinas..	20
3.3. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en edificaciones	20
3.3.1. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en unidades de vivienda y oficinas	21
3.3.2. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en zonas comunes en edificaciones de vivienda y oficinas.....	22
3.4. Perfiles de uso de energía	22
3.4.1. Cargas eléctricas comunes por tipología	24
3.4.2. Perfiles de consumo de energía por tipología	39
3.4.2.1 Bogotá	40
3.4.2.2 Barranquilla	43
3.4.2.3 Cali	45
3.4.2.4 Medellín.....	47
3.4.3. Validación de datos.....	48



3.4.4.	Factores que definen el consumo energético	48
3.5.	Análisis de consumos históricos de energía.....	48
3.5.1.	Procedimiento de obtención de información	49
3.5.2.	Consumos de energía promedio mensual.....	52
4.	CARACTERÍSTICAS COMUNES DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	52
6.1.	Sistemas de climatización usados frecuentemente en edificios residenciales	52
4.1	Sistemas de climatización usados frecuentemente en edificios de oficinas	54
4.2	Régimen de uso	54
4.2.1	Variables involucradas en la determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC 55	
4.2.2	Determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC en edificios de oficina 56	
4.2.3	Determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC en edificios de vivienda.....	58
5.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS CIUDADES OBJETIVO.....	58
6.	CONFORT TÉRMICO.....	62
6.1.	Análisis del confort humano	63
6.2.	Teoría del balance térmico (Fanger).....	64
6.3.	Teoría del confort térmico adaptativo.....	65
6.3.1.	Cálculo de la temperatura exterior media predominante.....	68
6.3.2.	Cálculo temperatura exterior media predominante para las ciudades objetivo 69	
6.3.3.	Cálculo del rango de Confort Adaptativo para las 4 zonas climáticas.....	71
6.3.4.	Limitaciones del modelo de Confort Adaptativo.....	76
6.4.	Ventilación Natural y su potencial de aplicación en las ciudades objetivo	76
6.5.	Consideraciones finales	83
7.	Referencias	85



INTRODUCCIÓN

En el marco del establecimiento de la línea base de desempeño energético de edificaciones en Colombia, es necesario identificar las características relacionadas con el diseño arquitectónico, la materialidad, las cargas eléctricas, la iluminación y los sistemas de climatización que representan el stock de edificaciones del país.

Estas características servirán como insumo para la definición de dicha línea base. La caracterización realizada se enfocó en cinco categorías edilicias: viviendas unifamiliares VIS, viviendas unifamiliares no VIS, viviendas multifamiliares VIS, viviendas multifamiliares no VIS y edificios de oficinas.

La organización de este documento es la siguiente: en el Capítulo 1 se presenta el análisis de selección de las tipologías edilicias objeto de la línea base y la metodología de caracterización; en el Capítulo 2 se describen las características comunes relacionadas con el diseño arquitectónico de las categorías edilicias analizadas; en el Capítulo 3 se abordan las características vinculadas al diseño eléctrico de las edificaciones; y en el Capítulo 4 se exponen las características relacionadas con los sistemas de climatización, incluyendo además un análisis de confort térmico para cada una de las ciudades de interés.



1. SELECCIÓN DE TIPOLOGÍAS EDILICIAS Y METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN

Este capítulo presenta el análisis realizado para la selección de las tipologías edilicias objeto de estudio en el establecimiento de la línea base de desempeño energético. Asimismo, se describe la metodología de caracterización utilizada para identificar las principales características constructivas, eléctricas y de climatización de las edificaciones representativas de las tipologías que resultaron seleccionadas.

1.1. Selección de edificaciones

Para la selección de las tipologías objeto de estudio se tuvo en cuenta los datos de área construida por ciudad y por estrato reportadas por el censo nacional de edificaciones del DANE desde 2016 hasta mediados de 2024 [1]. A continuación, se presentan los hallazgos de esta revisión.

La Figura 1 presenta la distribución de área construida en Bogotá para el periodo 2016-2024. De acuerdo con esta, cerca del 63 % del total de área construida se ha destinado a vivienda de tipo no VIS (estrato 3 y 4). Las viviendas tipo VIS (estrato 2) están en segundo orden de representatividad con cerca de un 17% del total de metros construidos destinados a vivienda.

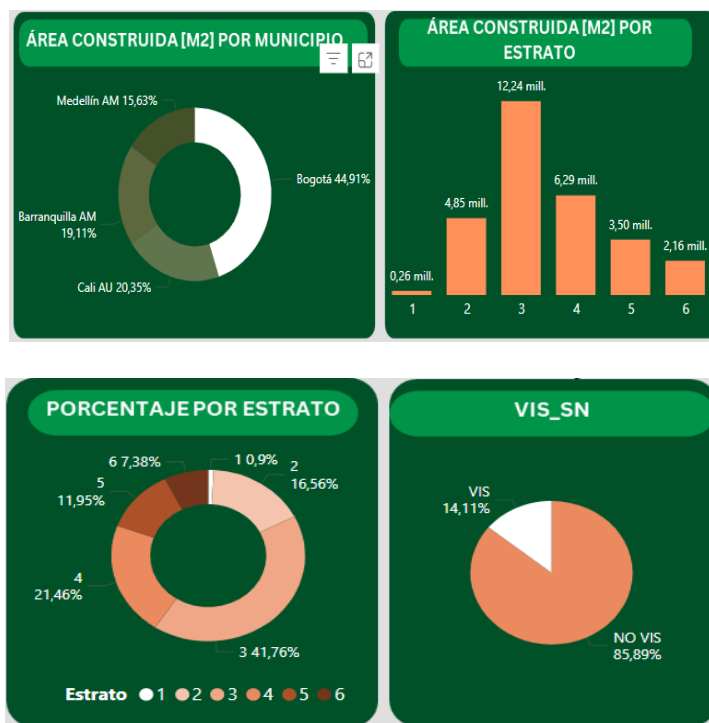


Figura 1. Distribución de área construida en Bogotá para el periodo 2016-2024.

La distribución del área construida por tipo de edificio presentada en la Figura 2 muestra un claro predominio de las edificaciones multifamiliares, que representan el 65,1 % del total durante el periodo analizado. Las casas, en contraste, apenas abarcan el 5,1 % del área construida, mientras que las oficinas concentran aproximadamente el 7,1 %.

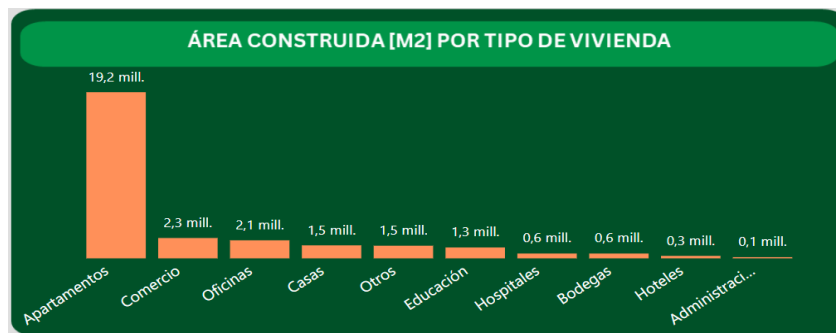
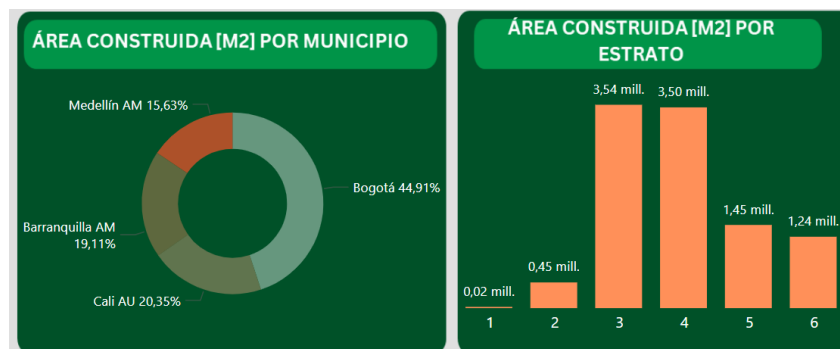


Figura 2. Distribución del área construida por tipo de edificación en Bogotá para el periodo 2016-2024.

En la ciudad de Medellín, representativa del clima templado, se observa un comportamiento similar al de Bogotá. En este caso, las viviendas de estratos 3 y 4 concentran aproximadamente el 70 % del área construida destinada a uso residencial. A diferencia de Bogotá, en Medellín las viviendas de estratos 5 y 6 alcanzan una participación del 26,4 %, constituyéndose como la segunda tipología más representativa. Al igual que en la capital, en Medellín predominan las edificaciones residenciales multifamiliares.



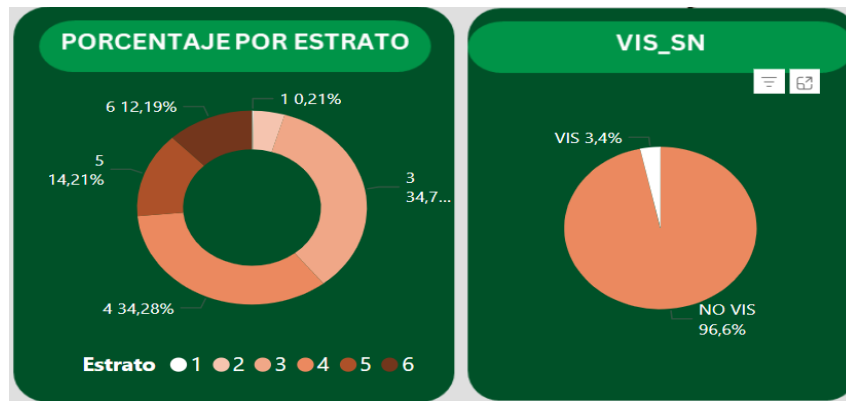


Figura 3. Distribución de área construida en Medellín para el periodo 2016-2024.

Considerando el tipo de edificio, en Medellín, al igual que en Bogotá, predomina el área destinada a vivienda tipo apartamento, con un 71,6 % del total de área construida durante el periodo analizado. Las viviendas unifamiliares y las oficinas representan apenas el 3,9 % y el 2,9 %, respectivamente.



Figura 4. Distribución del área construida por tipo de edificación en Medellín para el periodo 2016-2024.

La Figura 5 muestra la distribución del área construida en la ciudad de Barranquilla, representativa del clima cálido húmedo. Los datos indican que las viviendas NO VIS de estratos 3 y 4 corresponden aproximadamente al 37 % del total del área construida destinada a vivienda. Asimismo, las viviendas VIS de estrato 2 representan cerca del 31 % de dicha área. Barranquilla presenta, además, la mayor proporción de viviendas VIS entre todas las ciudades analizadas, con un 29,55 %.



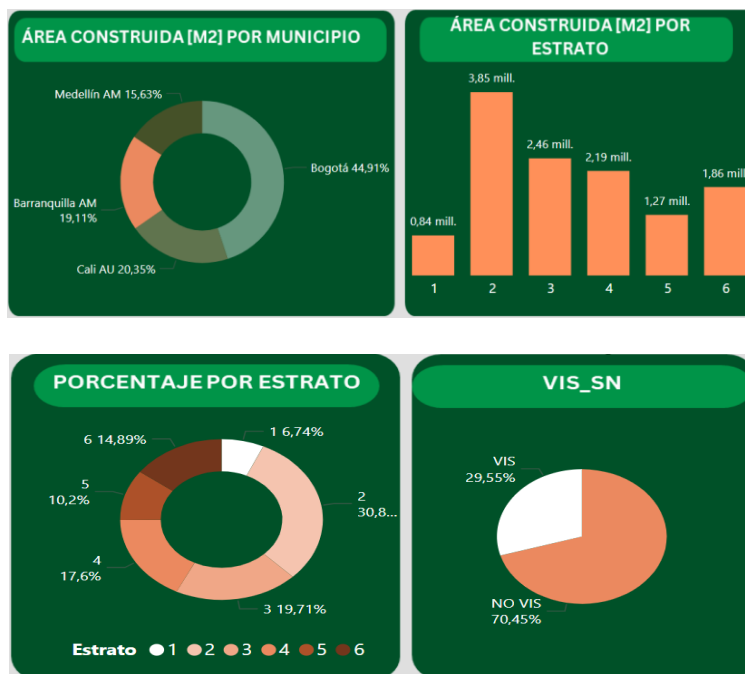


Figura 5. Distribución de área construida en Barranquilla para el periodo 2016-2024.

En Barranquilla, aunque las viviendas multifamiliares son las más representativas (62,4 %), las viviendas unifamiliares ocupan el segundo lugar, con aproximadamente el 10,4 % del total de área construida. Por su parte, las oficinas apenas alcanzan una participación del 2,4 %.



Figura 6. Distribución del área construida por tipo de edificación en Barranquilla para el periodo 2016-2024.

En la ciudad de Cali, la distribución del área construida destinada a vivienda, presentada en la Figura 4, muestra nuevamente que las tipologías de vivienda NO VIS de estratos 3 y 4 son las más representativas, concentrando aproximadamente el 57 % del total. Por su parte, las viviendas NO VIS de estratos 5 y 6 representan cerca del 20 %.



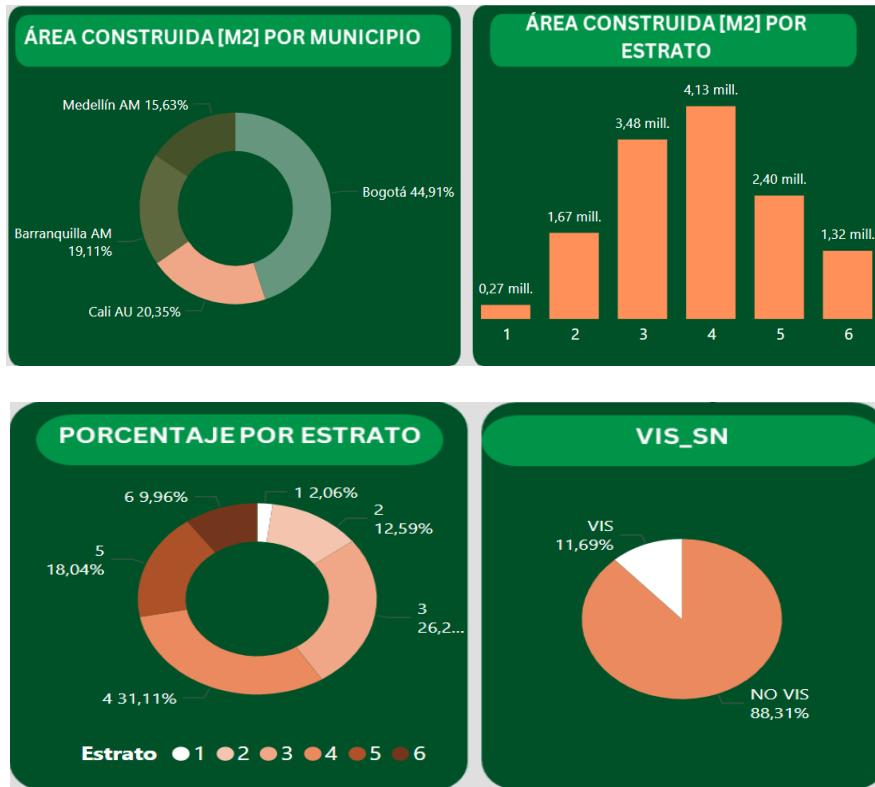


Figura 7. Distribución de área construida en Cali para el periodo 2016-2024.

En Cali, la distribución del área construida por tipologías edilicias también muestra un predominio de las viviendas multifamiliares, que representan el 55,2 % del total. Al igual que en Barranquilla, las viviendas unifamiliares ocupan el segundo lugar, con una participación del 24,6 %. Por su parte, las oficinas apenas representan el 0,7 %.



Figura 8. Distribución del área construida por tipo de edificación en Cali para el periodo 2016-2024.



El análisis de la distribución del área construida en las ciudades de Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali durante el periodo 2016–2024 revela varias tendencias comunes y algunas particularidades. En todas las ciudades analizadas, la mayor proporción del área construida corresponde a edificaciones de tipo multifamiliar, superando en todos los casos el 55 % del total. Esto refleja una clara tendencia hacia la densificación urbana mediante la construcción de edificios de apartamentos. Respecto al tipo de vivienda, predomina la vivienda No VIS (estratos 3 y 4), lo que evidencia un mercado inmobiliario orientado principalmente hacia la clase media. En Bogotá, este tipo de vivienda representa el 63 % del área construida destinada a vivienda, mientras que en Medellín alcanza cerca del 70 %. No obstante, Medellín presenta una diferencia significativa respecto a Bogotá, al registrar una participación importante de viviendas de estratos 5 y 6, que representan el 26,4 % del área destinada a vivienda, indicando una oferta más diversificada hacia segmentos de mayores ingresos.

En Barranquilla se observa un comportamiento diferente, ya que esta ciudad registra la mayor proporción de vivienda VIS (estrato 2) entre las analizadas, con cerca del 31 % del área construida destinada a vivienda. Esto sugiere un mayor enfoque en la construcción de soluciones habitacionales de interés social. En Cali, la vivienda No VIS de estratos 3 y 4 también constituye la tipología predominante, representando aproximadamente el 57 % del área construida destinada a vivienda, aunque la participación de viviendas de estratos 5 y 6 (20 %) es menor que en Medellín.

Respecto al tipo de edificio, la vivienda multifamiliar predomina ampliamente sobre otros usos en todas las ciudades. Aunque las viviendas unifamiliares ocupan el segundo lugar en representatividad en Barranquilla y Cali, no superan el 25 % del área construida en ningún caso. Las oficinas, por su parte, presentan una participación marginal, inferior al 7 % en todas las ciudades analizadas.

En conjunto, los resultados evidencian una fuerte tendencia hacia un modelo de urbanización vertical, caracterizado por el predominio de edificios de apartamentos y una baja participación de viviendas unifamiliares y oficinas. Esta tendencia apunta a una mayor eficiencia en el uso del suelo urbano y responde a estrategias de planificación orientadas a contener la expansión horizontal de las ciudades.

Teniendo en cuenta lo anterior, se seleccionaron como objeto de estudio para todos los climas las siguientes tipologías edilicias: vivienda unifamiliar VIS, vivienda unifamiliar No VIS (estratos 5 y 6), vivienda multifamiliar VIS (estratos 1 y 2), vivienda multifamiliar No VIS (estratos 3 y 4, y estratos 5 y 6), así como edificios de oficinas.



1.2. Metodología de caracterización

La metodología para la recopilación de las características comunes asociadas a arquitectura, materiales, energía y sistemas de climatización se estructuró en cuatro fases principales: contacto con empresas de la cadena de la construcción, diseño de instrumentos de recolección de información, realización de talleres de recopilación y validación, y validación final de las metodologías empleadas.

- Contacto con empresas de la cadena de la construcción.

Esta fase tuvo como objetivo establecer un canal de comunicación entre los principales actores de la cadena de la construcción y el equipo del proyecto, con el fin de facilitar la recopilación de información necesaria para identificar características comunes en arquitectura, materiales, cargas eléctricas y sistemas de climatización. Se contactaron empresas constructoras, comercializadoras de energía eléctrica y clústeres de construcción asociados a las cámaras de comercio de las cuatro ciudades de interés. A nivel nacional, se estableció comunicación con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, así como con el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. El detalle de las actividades de presentación del proyecto puede consultarse en el **Anexo A - DESCRIPCIÓN DE REUNIONES Y TALLERES.**

- Diseño de instrumentos de recolección de información.

Con el apoyo de profesionales expertos que integran el equipo de la consultoría, se desarrollaron tres instrumentos específicos de recolección de información, enfocados en las áreas de arquitectura y materiales, cargas eléctricas, y sistemas de climatización. Estos instrumentos fueron enviados previamente a las empresas constructoras para su diligenciamiento, con el objetivo de facilitar el desarrollo de talleres técnicos especializados. Los enlaces a los instrumentos diseñados se encuentran disponibles en el ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE REUNIONES Y TALLERES, dentro de la descripción de los talleres de recopilación y validación de información.

- Talleres de recopilación y validación de información.

Se llevaron a cabo varios talleres técnicos, cuyo propósito fue recopilar información mediante los instrumentos diseñados y validar de forma consensuada las características comunes identificadas en aspectos técnicos relevantes para las categorías edilicias y ciudades objeto de estudio. Algunos talleres, enfocados en arquitectura y materiales, contaron con la participación de múltiples empresas constructoras, mientras que, en otros casos, debido a limitaciones de disponibilidad, fue necesario adelantar el diligenciamiento individual de los



instrumentos. Asimismo, se abordaron temas relacionados con iluminación, cargas eléctricas y sistemas de climatización. El detalle de los talleres realizados se presenta en el ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE REUNIONES Y TALLERES.

Adicionalmente, se aprovechó la experticia técnica de los especialistas en arquitectura, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica del equipo de la consultoría para complementar y validar la información recopilada.

- Validación y revisión de metodologías.

Con el fin de articular los avances de esta consultoría con las iniciativas de eficiencia energética impulsadas por entidades como el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, se realizaron sesiones técnicas de socialización. En estas sesiones se compartieron experiencias relacionadas con el desarrollo de la nueva versión de la Resolución 0549 y el documento "VIS 4.0: Estrategias para viviendas de interés social". Como resultado, se logró conocer de manera general las principales temáticas abordadas en dichas iniciativas, enriqueciendo así la base metodológica del presente estudio.

2. CARACTERÍSTICAS COMUNES ARQUITECTURA

Esta sección presenta las características comunes del área de arquitectura asociadas a las categorías edilicias objeto de estudio.

2.1. Geometría

La Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 presentan las características arquitectónicas comunes relacionadas con la geometría de las edificaciones pertenecientes a las diferentes categorías edilicias de estudio para Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín, respectivamente.

Estas características se obtuvieron como resultado del análisis arquitectónico de una muestra de 80 edificaciones localizadas en las distintas ciudades de interés. Las edificaciones estudiadas fueron postuladas por constructoras con presencia en varias ciudades como Marval e Inacar; así como algunas constructoras con presencia fuerte en Medellín y su área metropolitana tales como Conaltura y Sima. La mayoría de las edificaciones presenta una antigüedad menor a 5 años desde la fecha de su entrega. La lista de las edificaciones consideradas en la muestra es mostrada en el ANEXO B - EDIFICACIONES CONSIDERADAS EN LA MUESTRA.



Dentro de las características arquitectónicas analizadas se incluyeron aspectos como el segmento, el contexto de construcción, la adyacencia, la forma de la planta, el número de pisos, la altura media de la edificación, la altura promedio entre pisos y la cantidad de sótanos. Dada la cantidad de edificaciones incluidas en la muestra inicial, es posible que para algunas de las tipologías edilicias consideradas se haya incluido más de un segmento. No obstante, para la especificación de la materialidad y el modelado energético, se seleccionó únicamente el segmento con mayor representatividad, determinado a partir de los datos de metros construidos proporcionados por el DANE.

Tabla 1. Características arquitectónicas comunes relacionadas con la geometría de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Segmento	Contexto	Adyacencia	Forma de la planta	Cantidad de pisos	Altura [m]	Altura promedio entrepisos [m]	Número de sótanos
Unifamiliar VIS	VIS	Urbano	Adosada	Rectangular	2	Menos de 15 m	Menor a 2,5 m	N. A
Unifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Urbano	Adosada	Rectangular	1 o mas	Menos de 15 m	Más de 3 m	N. A
Multifamiliar VIS	VIS	Urbano	Adosada	Rectangular	6 a12	Mediana altura (15-28 m)	Menor a 2,5 m	1
Multifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Urbano	Adosada	Cuadrado	>12	Gran altura (>28 m)	Entre 2,5 y 3 m	2
	Medio - Estrato 3 y 4	Urbano	Adosada	Rectangular	>12	Gran altura (>28 m)	Entre 2,5 y 3 m	2
Oficinas	Edificios especializados	Urbano	Aislada con Plataforma	Rectangular	>5	Media y gran altura (>15 m)	Entre 2,5 y 3 m	2

Tabla 2. Características arquitectónicas comunes relacionadas con la geometría de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Bogotá.

Tipología	Segmento	Contexto	Adyacencia	Forma de la planta	Cantidad de pisos	Altura [m]	Altura promedio entrepisos [m]	Número de sótanos
Unifamiliar VIS	VIS	Urbano	Adosada	Rectangular	2	Menos de 15 m	Entre 2,5 m y 3 m	N. A
Unifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Urbano	Adosada	Rectangular	Entre 2 y 3	Menos de 15 m	Entre 2,5 m y 3 m	N. A
Multifamiliar VIS	VIS		Adosada	Rectangular	>12	Gran altura (>28 m)	Menos de 2,5 m	2
Multifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Urbano	Adosada	Rectangular	>12	Entre 2,5 y 3 m	Más de 3 m	2
	Alto - Estrato 5 y 6		Adosada	Cuadrado	6	Menos de 15m	Entre 2,5 m y 3m	2
	Alto - Estrato 5 y 6		Aislada	Rectangular	>12	Gran altura (>28 m)	Entre 2,5 m y 3 m	2
Oficinas	Edificios especializados	Urbano	Aislada con Plataforma	Cuadrado	>5	Media y gran altura (>15 m)	Entre 3 m y 3,5 m	2



Tabla 3. Características arquitectónicas comunes relacionadas con la geometría de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Cali.

Tipología	Segmento	Contexto	Adyacencia	Forma de la planta	Cantidad de pisos	Altura [m]	Altura promedio entrepisos [m]	Número de sótanos
Unifamiliar VIS	VIS	Urbano	Adosada	Rectangular	2	Menos de 15 m	Menos de 2,5 m	2
Unifamiliar NO VIS	Alto -Estrato 5 y 6	Urbano	Aislada	Rectangular	2	Menos de 15 m	Más de 3 m	2
Multifamiliar VIS	VIS	Urbano	Adosada	Rectangular	6 a12	Mediana altura (15-28 m)	Entre 2,5m y 3 m	N. A
Multifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Urbano	Adosada	Rectangular	>12	Gran altura (>28 m)	Entre 2,5m y 3 m	2
Oficinas	Edificios especializados	Urbano	Aislada	Cuadrado	>5	Media y gran altura (>15 m)		N. A

Tabla 4. Características arquitectónicas comunes relacionadas con la geometría de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Medellín.

Tipología	Segmento	Contexto	Adyacencia	Forma de la planta	Cantidad de pisos	Altura [m]	Altura promedio entrepisos [m]	Número de sótanos
Unifamiliar VIS	VIS	Urbano	Aislada con Plataforma	Rectangular	3	Menos de 15 m	Entre 2,5 m y 3 m	N. A
Unifamiliar NO VIS	Medio-Estrato 3 y 4	Urbano	Aislada con Plataforma	Rectangular	Entre 2 y 3	Menos de 15 m	Entre 2,5 m y 3 m	N. A
Multifamiliar VIS	VIS	Urbano	Aislada con Plataforma	Rectangular	5	Baja altura (<15 m)	Entre 2,5 m y 3 m	2
Multifamiliar NO VIS	Alto- Estrato 5 y 6	Urbano	Aislada	Rectangular	>5	Mediana altura (15-28 m)		2
	Medio (Estrato 3 y 4)	Urbano	Adosada	Rectangular	>12	Entre 2,5 y 3 m	Más de 3 m	2
Oficinas	Individual	Urbano	Aislada con Plataforma	Cuadrado	<=5	Baja altura (<15 m)		1
	Edificios especializados	Urbano	Aislada con Plataforma	Cuadrado	>12	Gran altura (>28 m)	Entre 3 m y 3,5 m	2

Un avance de la huella geométrica características de cada tipología en los climas considerados es mostrado en la sección 3.4.1. de este documento. La configuración final de la huella geométrica y la distribución de espacios se presenta en el Capítulo 4 del Entregable 4.

2.2. Materiales

Otra de las características que se buscó registrar en la línea base fue la identificación de los cerramientos típicos de cada tipología edilicia. Inicialmente, el equipo de consultoría propuso una caracterización de estos cerramientos, detallando su composición en capas de materiales. Posteriormente, esta propuesta fue validada mediante tres talleres que contaron con la participación de expertos en diseño de Marval, Inacar, Conaltura y Sima, quienes contribuyeron a definir los cerramientos representativos para cada tipología edilicia



considerada en el estudio (Ver ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE REUNIONES Y TALLERES). Los resultados se presentan en las Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 5. Características arquitectónicas comunes relacionadas con los materiales de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Sistema constructivo (Muros Exteriores)	Tipo de cubierta
Unifamiliar VIS	Mampostería estructural de concreto	Teja PVC plástica
Unifamiliar NO VIS	Mampostería estructural de arcilla	Cubierta en panel tipo sándwich revestido de aluminio.
Multifamiliar VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Multifamiliar NO VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Oficinas	Aporticado con muro cortina	Cubierta en losa aligerada de concreto con aislamiento en bloques de poliestireno o porón perdido.

Tabla 6. Características arquitectónicas comunes relacionadas con los materiales de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Bogotá.

Tipología	Sistema constructivo (Muros Exteriores)	Tipo de cubierta
Unifamiliar VIS	Mampostería estructural de arcilla	Fibrocemento
Unifamiliar NO VIS	Mampostería estructural de arcilla	Cubierta en tejas de arcilla.
Multifamiliar VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Multifamiliar NO VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Oficinas	Aporticado con muro cortina	Cubierta en losa aligerada de concreto sin incluir el aligeramiento en bloques de poliestireno o porón perdido.

Tabla 7. Características arquitectónicas comunes relacionadas con los materiales de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Cali.

Tipología	Sistema constructivo (Muros Exteriores)	Tipo de cubierta
Unifamiliar VIS	Mampostería estructural de concreto	Fibrocemento
Unifamiliar NO VIS	Mampostería estructural de arcilla	Cubierta en tejas de arcilla.
Multifamiliar VIS	Industrializado con pantalla de concreto + ladrillo a la vista en fachada	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Multifamiliar NO VIS	Industrializado con pantalla de concreto + ladrillo a la vista en fachada	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Oficinas	Aporticado con muro cortina	Cubierta en losa aligerada de concreto con aislamiento en bloques de poliestireno o porón perdido.

Tabla 8. Características arquitectónicas comunes relacionadas con los materiales de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Medellín.

Tipología	Sistema constructivo (Muros Exteriores)	Tipo de cubierta
Unifamiliar VIS	Mampostería estructural de concreto	Cubierta de fibrocemento.
Unifamiliar NO VIS	Mampostería estructural de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.



Multifamiliar VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Multifamiliar No VIS	Industrializado con pantalla de concreto	Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.
Oficinas	Aporticado con muro cortina	Cubierta en losa aligerada de concreto sin incluir el aligeramiento en bloques de poliestireno o porón perdido.

El detalle de la configuración de cada tipo de cerramiento y sus diferentes capas se presenta en el ANEXO C – ESPECIFICACIÓN DE LA MATERIALIDAD COMÚN DE CADA TIPOLOGÍA EN CADA CLIMA. Los valores U de cada tipo de cerramiento son mostrados en el Capítulo 2 del Entregable 3.

2.3. Ventanas y acristalamientos

La Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 presentan las características arquitectónicas comunes relacionadas con las ventanas de las edificaciones pertenecientes a las diferentes categorías edilicias de estudio para las ciudades de Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín respectivamente.

De acuerdo con los hallazgos de la revisión de proyectos postulados, en todas las tipologías de viviendas predominan vidrios simples de espesores entre 4 mm y 6 mm, con marco de aluminio y una transmitancia térmica de 5.88 W/m²-K. En el ANEXO D – PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS VIDRIOS se presentan las características térmicas y visibles de los vidrios que se usan en edificaciones Unifamiliares VIS, Unifamiliares NO VIS, Multifamiliares VIS, Multifamiliares NO VIS y de oficinas localizadas en las ciudades representativas del clima frío, templado, cálido húmedo y cálido seco. Los valores contenidos en este anexo son tomados del software de cálculo de cargas térmicas “Hourly Analysis Program” de Carrier con base en los valores recurrentes trabajados en la elaboración de los diseños de sistemas HVAC [2].

Tabla 9. Características arquitectónicas comunes relacionadas con las ventanas de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Segmento	Porcentaje de ventanas [WWR]	Altura antepecho [m]	Tipo de ventana	Dispositivo de sombra
Unifamiliar VIS	VIS	Entre 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5m	Corredera	Ninguna
Unifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Entre 20 % y 40 %	Menor a 1,2 m	Corredera	Balcones
Multifamiliar VIS	VIS	Entre 20 % y 40 %	Menor a 1,2 m	Corredera	Balcones
Multifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Entre 20 % y 40 %	Más de 1,5 m	Corredera	Balcones
	Medio - Estrato 3 y 4	Menos del 20 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
Oficinas	Edificios especializados	Entre 40 % y 50 %	Menor a 1,2 m	Basculante	Persianas



Tabla 10. Características arquitectónicas comunes relacionadas con las ventanas de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Bogotá.

Tipología	Segmento	Porcentaje de ventanas [WWR]	Altura antepecho [m]	Tipo de ventana	Dispositivo de sombra
Unifamiliar VIS	VIS	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Unifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Multifamiliar VIS	VIS	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Multifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Entre 20 % y 40 %	Menor a 1,2 m	Corredera	Balcones
	Alto - Estrato 5 y 6	Más del 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
	Alto - Estrato 5 y 6	Entre el 20 % y 40 %	Más de 1,5 m	Corredera	Balcones
Oficinas	Edificios especializados	Entre 50 % y 70 %	Menor a 1,2 m	Basculante	Persianas

Tabla 11. Características arquitectónicas comunes relacionadas con las ventanas de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Cali.

Tipología	Segmento	Porcentaje de ventanas [WWR]	Altura antepecho	Tipo de ventana	Dispositivo de sombra
Unifamiliar VIS	VIS	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Unifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Menos del 20 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
Multifamiliar VIS	VIS	Menos del 20 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
Multifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Menos del 20 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
Oficinas	Edificios especializados	Entre 40 y 50 %	Menor a 1,2 m	Basculante	Persianas

Tabla 12. Características arquitectónicas comunes relacionadas con las ventanas de diferentes categorías de edificaciones localizadas en la ciudad de Medellín.

Tipología	Segmento	Porcentaje de ventanas [WWR]	Altura antepecho	Tipo de ventana	Dispositivo de sombra
Unifamiliar VIS	VIS	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Unifamiliar NO VIS	Medio - Estrato 3 y 4	Menos del 20 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Balcones
Multifamiliar VIS	VIS	Entre el 20 % y 40 %	Entre 1,2 m y 1,5 m	Corredera	Ninguno
Multifamiliar NO VIS	Alto - Estrato 5 y 6	Entre el 20 % y 40 %	Más de 1,5 m	Corredera	Balcones
	Medio - Estrato 3 y 4	Entre 20 % y 40 %	Menor a 1,2 m	Corredera	Balcones
Oficinas	Individual	Entre 50 % y 70 %	Menor a 1,2 m	Basculante	Persianas
	Edificios especializados	Entre 50 % y 70 %	Menor a 1,2 m	Basculante	Persianas y balcones



3. CARACTERÍSTICAS COMUNES ENERGÍA

Durante esta etapa se establece un acercamiento con empresas constructoras y consultoras del sector a nivel nacional, con el objetivo de recopilar información sobre las prácticas comunes en los procesos constructivos, específicamente en lo relacionado con el tipo de iluminación instalada y la proyección de cargas para equipos enchufables, así como para aquellos equipos que forman parte del entregable en las unidades de vivienda, oficinas y sus zonas comunes.

En el proceso constructivo, las constructoras definen el alcance de las instalaciones eléctricas entregadas tanto en las unidades de vivienda como en las zonas comunes de las edificaciones. Esta información se formaliza en los contratos de compraventa de los inmuebles, siguiendo un procedimiento similar en el caso de las edificaciones destinadas a oficinas. El alcance y las características de dichas instalaciones varían según el estrato socioeconómico y la distribución arquitectónica del proyecto. En esta fase, el clima no representa un factor de cambio en la distribución de las instalaciones eléctricas, salvo en climas cálidos, donde se contempla una carga adicional asociada a la instalación de equipos de HVAC.

3.1. Factores determinantes en la distribución de cargas eléctricas en edificaciones

Los factores que intervienen en la distribución de las salidas de iluminación y fuerza al interior de las edificaciones son:

1. Normativa vigente: cumplimiento de lo establecido en los Reglamentos (RETIE y RETILAP) y norma NTC2050 en sus últimas versiones vigentes. En las normas y reglamentos se presentan las condiciones mínimas a cumplir por carga instalada, distribución y parámetros tanto para equipos de fuerza como de iluminación.
2. Especificaciones de venta del constructor: otro factor diferenciador en la distribución de equipos en edificaciones está relacionado a la particularidad que aporta cada empresa constructora en su modelo constructivo y de ventas variando en los acabados entregados en las edificaciones. Lo anterior se refleja en la diferencia en marcas, potencias y demás especificaciones en los equipos de iluminación y fuerza que son entregados con los inmuebles. Esta particularidad también se refleja en la distribución interna de áreas lo cual agrega o reduce la cantidad de equipos, por ejemplo, en la inclusión o no de áreas como balcones, patios, estudios.
3. Estrato Socioeconómico: este factor afecta la cantidad, tipo y características de los equipos de iluminación y fuerza instalados por las constructoras al interior de las edificaciones, así como la cantidad de salidas de fuerza tanto en las unidades de



vivienda como en las zonas comunes asociadas a éstas debido a que está ligado al costo por metro cuadrado en cada proyecto.

4. Clima: en relación con el alcance de las instalaciones y equipos eléctricos entregados por las constructoras el clima no es un factor representativo que modifique estas distribuciones a excepción de la adición de equipos de aire acondicionado en climas cálidos. Del mismo modo, se proyecta en términos de consumo de energía la inclusión de parte de los usuarios de equipos como ventiladores.

Durante las etapas tempranas de desarrollo de la presente consultoría, se realizó un estimado preliminar de las cargas de iluminación y equipos predominantes para cada categoría edilicia teniendo en cuenta la experiencia del proyecto etiquetado [7]. A continuación, se presentan los resultados de esta estimación preliminar.

3.2. Estimado preliminar de cargas de Iluminación en edificaciones

La distribución típica de las salidas de iluminación en las edificaciones residenciales y de oficinas para cada tipología en estudio como resultado de la información recopilada se resume en las tablas presentadas a continuación.

3.2.1. Iluminación estimada al interior de las unidades de vivienda

Al interior de las unidades de vivienda se evidencian diferencias entre las distintas tipologías, particularmente en la cantidad de salidas de iluminación y el tipo de salida instalada. En los proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS), es común que las unidades se entreguen únicamente con salidas tipo plafón, dejando a cada usuario la responsabilidad de adquirir e instalar la bombilla o luminaria. En las edificaciones No VIS, se observa un incremento en la cantidad de salidas de iluminación a medida que aumenta el estrato socioeconómico, así como una mayor calidad y potencia en las luminarias instaladas.

El suministro de información sobre la carga instalada de iluminación presenta limitaciones en algunas tipologías de edificación, dado que los inmuebles se entregan con salidas tipo plafón, permitiendo al usuario seleccionar libremente la potencia del bombillo a instalar. Esta situación se presenta en proyectos VIS y en algunos de estratos 3 y 4.

A continuación, se presenta la cantidad y distribución típica de las lámparas al interior de unidades de vivienda y oficinas. Los valores de densidad de potencia de iluminación para cada tipología y clima se presentan en la Sección 3.2 del Entregable 4.



Tabla 14. Cargas de iluminación estimadas en edificaciones de viviendas. Fuente: Elaboración propia. Información validada en talleres de expertos de diseño eléctrico.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	Tipo salida Iluminación		ILUMINACIÓN INTERIOR UNIDADES DE VIVIENDA											
		Plafón	Luminaria LED	Distribución salidas Iluminación por áreas											
				Cocina		Ropas		Sala		Comedor		Alcoba Ppal		Alcoba Auxiliar	
				Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Unifamiliar VIS	VIS	X		1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6		X	2	12W	1	12W	2	12W	2	12W	2	12W	1	12W
Multifamiliar VIS	VIS	X		1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4		X	1	12W	1	12W	1	12W	1	12W	1	12W	1	12W
	Estrato 5 y 6		X	2	12W	1	12W	2	12W	2	12W	2	12W	1	12W

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	Tipo salida Iluminación		ILUMINACIÓN INTERIOR UNIDADES DE VIVIENDA											
		Plafón	Luminaria LED	Distribución salidas Iluminación por áreas											
				Baño		Balcón		Hall (pasillo interno)		Escaleras		Acceso (Puerta Ppal)		Patio	
				Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Unifamiliar VIS	VIS	X		1	N/A	N/A	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A	1	N/A
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6		X	1	9W	1	9W	2	12W	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Multifamiliar VIS	VIS	X		1	N/A	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4		X	1	9W	1	9W	1	12W	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Estrato 5 y 6		X	1	9W	1	9W	2	12W	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

3.2.2. Iluminación estimada al interior de Oficinas

No es viable generalizar la distribución al interior de oficinas ya que esta varía por factores como:

- Arquitectura: área de la oficina y distribución interna de áreas.
- Uso de la oficina: Cantidad de puestos de trabajo y tipo de tarea o actividad

Por lo anterior, para las oficinas se toma una base del tipo de luminarias utilizadas y sus características, así como parámetros de distribución de estas como inter-distancias típicas según la potencia.

Tabla 15. Cargas de iluminación estimadas en edificaciones de oficinas. Fuente: Elaboración propia. Información validada en talleres de expertos de diseño eléctrico.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	Tipo salida Iluminación		ILUMINACIÓN INTERIOR UNIDADES DE COMERCIO/OFICINA									
		Plafón	Luminaria LED	Distribución salidas Iluminación por áreas									
				Puestos de Trabajo		Sala de Juntas		Cuarto técnico		Cafetería		Hall (pasillo interno)	
				Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Oficinas	Edificios especializados		X	S.A.	45W	S.A.	45W	S.A.	25W	S.A.	12W	S.A.	25W

*S.A: Según área

Con base en la información recopilada durante los talleres realizados con las constructoras, es importante destacar que en este tipo de instalaciones es común la incorporación de elementos de control de iluminación, como sensores de movimiento, presencia o fotoceldas, utilizados para el aprovechamiento de la luz natural y como estrategia de ahorro energético.



3.2.3. Iluminación estimada zonas comunes edificaciones residenciales y oficinas

Para las zonas comunes al igual que en las instalaciones interiores se evidencian diferencias en las salidas construidas según el estrato socioeconómico, variando en el tipo de luminarias instaladas y la cantidad o distribución de estas. Se consideran en estudio aquellos espacios de uso común que se presentan generalmente en los proyectos, sin embargo, se pueden presentar otro tipo de espacios ofrecidos por las constructoras como valor agregado a sus proyectos, pero para efectos de un análisis generalizado no se tienen en cuenta estas particularidades.

Tabla 16. Cargas estimadas de zonas comunes en edificaciones residenciales. Fuente: Elaboración propia. Información validada en talleres de expertos de diseño eléctrico.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	Tipo salida Iluminación		ILUMINACIÓN ZONAS COMUNES											
		Plafón	Luminaria LED	Distribución salidas Iluminación por áreas											
				Parqueaderos cubiertos				Puntos Fijos				Portería			
				Luminaria		Control Ilum		Luminaria		Control Ilum		Luminaria		Control Ilum	
Cant	Potencia	Sensor	T Control	Cant	Potencia	Sensor	T Control	Cant	Potencia	Sensor	T Control				
Unifamiliar VIS	VIS	X		N/A	N/A	N/A	N/A	S.A.	18W	N/A	N/A	S.A.	20W	N/A	N/A
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6		X	S.A.	36W	X		N/A	N/A	N/A	N/A	S.A.	20W/60W		X
Multifamiliar VIS	VIS	X		S.A.	30W	N/A	N/A	S.A.	18W	N/A	N/A	S.A.	20W	N/A	N/A
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4		X	S.A.	36W	X		S.A.	20W	X		S.A.	20W		X
	Estrato 5 y 6		X	S.A.	36W	X		S.A.	20W	X		S.A.	20W/60W		X
Oficinas	Edificios especializados		X	S.A.	36W		X	S.A.	25W	X		S.A.	30W		X

*S.A: Según Área

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	Tipo salida Iluminación		ILUMINACIÓN ZONAS COMUNES															
		Plafón	Luminaria LED	Distribución salidas Iluminación por áreas															
				Salón Social				Escaleras de Emergencia				Auditorio				Baños (comunes)			
				Luminaria		Control Ilum		Luminaria		Control Ilum		Luminaria		Control Ilum		Luminaria		Control Ilum	
Cant	Potencia	Sensor	T Control	Cant	Potencia	Sensor	T Control	Cant	Potencia	Sensor	T Control	Cant	Potencia	Sensor	T Control				
Unifamiliar VIS	VIS	X		S.A.	20W	N/A	N/A	S.A.	20W	N/A	N/A								
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6		X	S.A.	45W	X	N/A	N/A	20W	N/A	N/A								
Multifamiliar VIS	VIS	X		S.A.	20W	N/A	N/A	S.A.	20W	N/A	N/A								
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4		X	S.A.	45W	X	2	30W	X										
	Estrato 5 y 6		X	S.A.	45W	X	2	30W	X										
Oficinas	Edificios especializados		X	N/A	N/A	N/A	N/A	2	30W	X		S.A.	45W		X	S.A.	12W	X	

3.3. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en edificaciones

Desde el punto de vista del alcance de las constructoras en la entrega de los inmuebles y sus zonas comunes, los equipos eléctricos al interior de las unidades de vivienda u oficinas entregados no representan la mayoría de carga final instalada, por lo tanto, dicha carga final está representada en su mayoría por lo que el usuario final adquiera para su inmueble.

Desde esta perspectiva, se plasma la información correspondiente a los equipos comúnmente instalados por las constructoras, así como aquellos que en ocasiones se ofrecen como parte de Kits de amoblamiento a los clientes, así mismo se presentan las cargas proyectadas desde la etapa de estudios y diseños para estos usuarios.



3.3.1. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en unidades de vivienda y oficinas

De la misma forma que sucede para las salidas de iluminación en las salidas eléctricas para conexión de equipos enchufables se evidencia diferencia en las distribuciones para las tipologías marcada por el estrato socioeconómico y las especificaciones de venta ofrecidas por cada constructora, sin olvidar la consideración de carga para enfriamiento por HVAC en edificaciones para oficinas y aquellas construidas en clima cálido, así como la proyección del uso de ventiladores en estos climas.

Los valores de densidad de potencia de enchufables para cada tipología y clima se presentan en la Sección 3.2 del Entregable 4.

Tabla 17. Cargas interiores estimadas en edificaciones residenciales.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	EQUIPOS UNIDADES DE VIVIENDA Y/U OFICINAS											
		Distribución equipos por unidad de vivienda (tipicos de suministro constructora, kits o especif. diseño)											
		Campana Extractora		Horno Microondas		Horno		Lavadora		Secadora		Calentador de agua	
		Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Unifamiliar VIS	VIS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	600W	N/A	N/A	N/A	N/A
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6	1	125W	1	1000W	1	1000W	1	800W	1	1200W	N/A	N/A
Multifamiliar VIS	VIS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	600W	N/A	N/A	N/A	N/A
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	1	125W	1	1000W			1	800W			N/A	N/A
	Estrato 5 y 6	1	125W	1	1000W	1	1000W	1	800W	1	1200W	N/A	N/A

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	EQUIPOS UNIDADES DE VIVIENDA Y/U OFICINAS													
		Distribución equipos por unidad de vivienda (estimado uso final usuario)													
		Televisión		Computador Escritorio		Computador portátil		Equipo de Sonido		Ventilador		Módem		Nevera	
		Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Unifamiliar VIS	VIS	1	150W					1	200W	2	60W			1	150W
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6	3	200W	1	250W	1	150W	1	200W	2	80W	1	12W	1	250W
Multifamiliar VIS	VIS	1	150W					1	200W	2	60W			1	150W
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	2	200W	1	250W			1	200W	2	80W	1	12W	1	250W
	Estrato 5 y 6	3	200W	1	250W			1	200W	2	80W	1	12W	1	250W

Tabla 18. Cargas interiores estimadas en edificaciones de oficinas.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	EQUIPOS UNIDADES DE VIVIENDA Y/U OFICINAS											
		Distribución equipos por unidad de vivienda (estimado uso final usuario)											
		Horno Microondas		Televisión		Computador Escritorio		Computador portátil		Módem		Nevera	
		Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)
Oficinas	Edificios especializados	1	1000W	1	200W	PT	250W	PT	150W	1	12W	1	300W

*PT: según puestos de trabajo



TIPOLOGÍA	SEGMENTO	EQUIPOS UNIDADES DE VIVIENDA Y/U OFICINAS									
		Distribución equipos especiales oficinas (estimado uso final usuario)									
		Impresora		Rack Comunicac.		Greca/Cafetera		Plotter		Dispensador de agua	
		Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)	Cant	Potencia Unit (W)
Oficinas	Edificios especializados	PT	600W	1	1200W	1	1800W	1	300W	1	150W

*PT: según puestos de trabajo

3.3.2. Salidas de fuerza y equipos eléctricos estimados en zonas comunes en edificaciones de vivienda y oficinas

Para las zonas comunes en edificaciones de vivienda y oficinas la instalación de equipos se realiza teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Arquitectura de la edificación: la selección de ascensores depende de la altura total de la edificación y cálculo de tráfico, de igual forma estos parámetros afectan en el cálculo de los equipos de bombeo de agua limpia y BCI.
- Estrato socioeconómico: Equipos especiales como Sauna, turco, piscina van a depender del estrato socioeconómico de la edificación y las especificaciones de venta establecidas por la constructora.
- Clima: este factor interviene en la implementación de los sistemas de HVAC en las edificaciones, el tipo de sistema a seleccionar y sus modos de operación, de igual forma el diseño de estos sistemas depende de las características arquitectónicas de las edificaciones.

Tabla 19. Cargas estimadas de zonas comunes en edificaciones residenciales y de oficinas.

TIPOLOGÍA	SEGMENTO	EQUIPOS ZONAS COMUNES															
		Distribución equipos zonas comunes edificaciones															
		Ascensor		Bomba Agua Potable		Bomba Contra incendio		Bomba Piscina		Turco		Sauna		Talanqueras		Rack-CCTV	
		Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia	Cant	Potencia
Unifamiliar VIS	VIS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Unifamiliar NO VIS	Estrato 5 y 6	SA	21HP	SA	25HP	1	100HP	1	5HP	1	4kW	1	3kW	2	250W	1	1200W
Multifamiliar VIS	VIS	SA	12HP	SA	15HP	1	50HP										
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	SA	21HP	SA	25HP	1	100HP	1	5HP					2	250W		
	Estrato 5 y 6	SA	21HP	SA	25HP	1	100HP	1	5HP	1	4kW	1	3kW	2	250W	1	1200W
Oficinas	Edificios especializados	SA	25HP	SA	30HP	1	150HP							2	250W	1	1200W

*SA: según arquitectura

De este modo obtenemos una guía para la selección de equipos de iluminación y fuerza en cada tipo de edificación y clima que permita diseñar una edificación a partir de estos datos comunes.

3.4. Perfiles de uso de energía



El consumo de energía en edificaciones está estrechamente ligado a los usuarios tanto para unidades de vivienda como oficinas, a su vez, de la permanencia y patrones de uso de equipos de iluminación y fuerza en las zonas comunes de las edificaciones dependen los perfiles de consumo de estos equipos. Resulta complejo generalizar un patrón de consumo cuando éste depende en su totalidad del perfil de los usuarios para cada tipología de edificación él cual puede ser muy variable.

La información referente a las cargas instaladas y características de consumo sólo puede extraerse mediante encuestas o censos puerta a puerta a los usuarios, tal es el caso del estudio realizado para Bucaramanga y su área metropolitana dentro del marco del proyecto “Lineamientos técnicos para el establecimiento de un sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia a partir de simulaciones energéticas” [7], donde se realizaron encuestas a un grupo de edificaciones a partir de las cuales se obtuvo información suministrada directamente de los usuarios en torno a cantidad y tipo de equipos eléctricos al interior de las viviendas, horarios o frecuencias de uso de los equipos eléctricos, horarios de permanencia y ausencia en las edificaciones.

Para el caso de esta consultoría, en la que, por temas de tiempo, no se pudo realizar entrevistas a los usuarios, los perfiles de uso se basaron en los resultados de algunos proyectos y/o investigaciones locales ejecutados en ciudades como Bogotá, Cali y Barranquilla, los cuales incluían encuestas y recopilación de información sobre los equipos instalados, horarios de uso en viviendas y curvas de demanda. A continuación, se listan los documentos de referencia utilizados. Para las ciudades que aún no cuentan con fuentes específicas de información, se mantiene como referencia la información recopilada en Bucaramanga.

Tabla 13. Documentos de referencia considerados para el establecimiento de las características comunes de cargas eléctricas y de iluminación.

Ciudad	Fuente
Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de demanda de energía eléctrica en sector residencial estrato tres de Bogotá D.C mediante caracterización por redes neuronales artificiales [3]. • Análisis de la curva de demanda eléctrica para usuarios residenciales estrato 4 en la ciudad de Bogotá ante diferentes escenarios de los hábitos de consumo [4].
Cali	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la información y caracterización del consumo de energía eléctrica de los estratos 1 y 2 caso EMCALI, como base para la implantación de programas de respuesta de la demanda [5].
Barranquilla	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis del perfil de carga eléctrica por estrato en la ciudad de Barranquilla [6].



Medellín	<ul style="list-style-type: none">Lineamientos técnicos para el establecimiento de un sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia a partir de simulaciones energéticas [7].
----------	---

3.4.1. Cargas eléctricas comunes por tipología

De acuerdo con las tipologías objeto de estudio en el presente proyecto se avanzó en la recolección de información y selección de edificaciones tipo para cada ciudad. De acuerdo con los avances en este proceso y con base en los documentos referencia citados en la Tabla 13, se generaron las plantillas de carga instalada por unidad de vivienda, así como sus perfiles de consumo, por tipología y ciudad.

Es posible que durante el proceso de modelado de las edificaciones se presenten algunos ajustes en los perfiles de uso, como resultado del proceso de calibración de los modelos energéticos con base en los consumos medidos reportados por el Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos. No obstante, la memoria final de la línea base incluirá la versión definitiva de todas las características comunes.

3.4.1.1. Bogotá

Para abordar la distribución de equipos eléctricos al interior de las viviendas u oficinas, se trabaja a partir de la planta tipo de cada proyecto suministrado por las constructoras, según la tipología correspondiente.

La cantidad y tipo de equipos a considerar se define con base en la información registrada en el documento *“Análisis de la Curva de Demanda Eléctrica para Usuarios Residenciales Estrato 4 en la Ciudad de Bogotá ante Diferentes Escenarios de los Hábitos de Consumo”* [4], específicamente en el numeral 2.5 – Tabla II, donde se resume la cantidad de dispositivos y sus características de uso a partir de los datos recolectados en las encuestas realizadas en el marco de dicho proyecto. Adicionalmente, se revisa el documento *“Curva de Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial Estrato Tres de Bogotá D.C. mediante Caracterización por Redes Neuronales Artificiales”* [3], en el numeral 4.1.1 (página 48), donde se presenta un resumen de las potencias promedio de los electrodomésticos.

Con base en estas fuentes y en los resultados de la investigación realizada en el proyecto *“Establecimiento de Lineamientos Técnicos para el Sistema de Etiquetado Energético para Edificaciones - SEEE en Colombia”* [7] mediante simulaciones energéticas para la ciudad de Bucaramanga, se seleccionan la cantidad y características de los dispositivos considerados en la unidad tipo de vivienda u oficina para cada tipología. Dado que, por el año de ejecución de



los proyectos y el constante avance de la tecnología, algunas potencias registradas no reflejan las condiciones actuales, fue necesario ajustar estos valores para aproximarlos a las características de los equipos más recientes.

Un aspecto relevante adoptado de las referencias consultadas e implementado en el presente proyecto es la clasificación de los dispositivos eléctricos por categorías de uso, tales como: Entretenimiento, Cocina, Frío, Calor, Ropa e Iluminación. Posteriormente, para ciudades de clima cálido, se incorpora la categoría de Refrigeración/Ventilación, y en el caso de oficinas, se reemplaza la categoría de Entretenimiento por Puestos de Trabajo, reflejando adecuadamente los equipos presentes en estas edificaciones.

Para el análisis de tipologías correspondientes a estratos socioeconómicos distintos a los evaluados en los proyectos de referencia, se realiza un cruce y validación de información adicional basada en el documento técnico del proyecto SEEE, permitiendo así reflejar un comportamiento más representativo para cada tipología y ciudad analizada.

Finalmente, si bien la cantidad y variedad de aparatos eléctricos instalados puede ser mayor en algunos casos particulares, el análisis se centra en los equipos de mayor presencia y aquellos cuyo uso representa un aporte significativo al consumo total de la vivienda u oficina, de acuerdo con lo registrado en las encuestas.

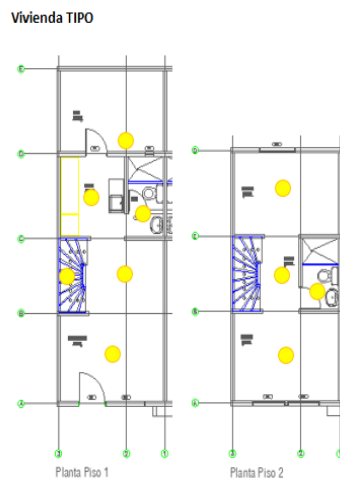


Figura 9. Vivienda TIPO Unifamiliar VIS.



Tabla 20. Distribución de carga instalada para viviendas unifamiliares VIS.

TIPOLOGÍA

UNIFAMILIAR VIS ESTRATOS 1-2
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 59,33 m2
 OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas
 CIUDAD Bogotá

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/(und)	Ptotal (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	240	Entretenimiento
Equipo sonido y similares	1	100	100		
T.V.	2	110	220		
Lícuadora	1	400	400	400	Cocina
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1045	Calor
Plancha cabello	1	45	45		
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	2	8	16	112	Iluminación
Iluminación	8	12	96		
Potencia total Iluminación		W	112		
Potencia total enchufables		W	2385		
Potencia total instalada		W	2497		

Apartamento TIPO



Figura 10. Vivienda tipo Multifamiliar VIS.



Tabla 21. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares VIS

TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR

VIS ESTRATOS 1-2

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 63,03 m²

OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas

CIUDAD Bogotá

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	340	Entretenimiento
Equipo sonido y similares	2	100	200		
T.V.	2	110	220		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1045	Calor
Plancha cabello	1	45	45		
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	6	12	72	72	Iluminación
Potencia total Iluminación		W	72		
Potencia total enchufables		W	2485		
Potencia total instalada		W	2557		

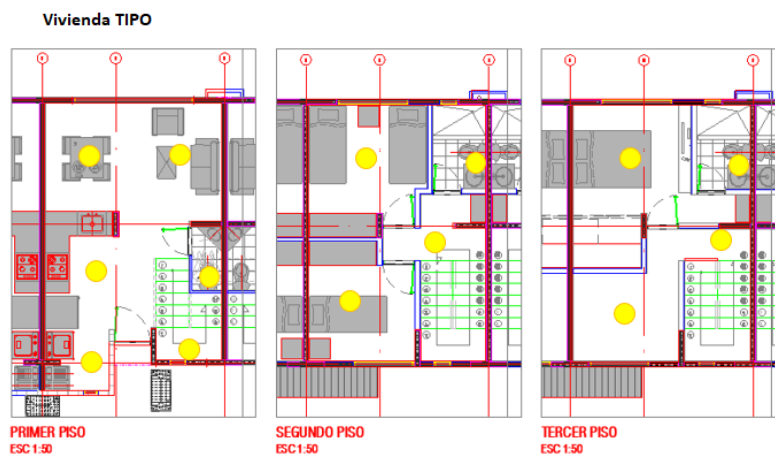


Figura 11. Vivienda TIPO Unifamiliar NO VIS.



Tabla 22. Distribuciones de carga instalada para viviendas unifamiliares NO VIS

TIPOLOGÍA

UNIFAMILIAR NO VIS ESTRATOS 3-4
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 82,35 m²
 OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas
 CIUDAD Bogotá

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	580	Entretenimiento
Pc portátil	1	120	120		
Equipo sonido y similares	1	100	100		
T.V.	2	110	220		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1045	Calor
Plancha cabello	1	45	45		
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	3	8	24	244	Iluminación
Iluminación	11	20	220		
Potencia total Iluminación		W	244		
Potencia total enchufables		W	2505		
Potencia total instalada		W	2749		

Apartamento TIPO

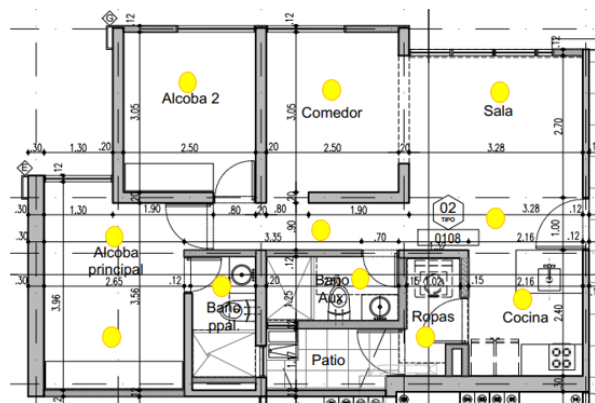


Figura 12. Vivienda TIPO Multifamiliar NO VIS.



Tabla 23. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares NO VIS

TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR NO VIS ESTRATOS 3-4
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 64,38 m²
 OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas
 CIUDAD Bogotá

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	580	Entretenimiento
Pc portátil	1	120	120		
Equipo sonido y similares	1	100	100		
T.V.	2	110	220		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1045	Calor
Plancha cabello	1	45	45		
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	11	20	220	220	Iluminación
Potencia total Iluminación		W	220		
Potencia total enchufables		W	2505		
Potencia total instalada		W	2725		



Figura 13. Unidad TIPO Oficina.



Tabla 24. Distribuciones de carga instalada para edificios de oficinas.

TIPOLOGÍA

COMERCIAL

OFICINAS

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 384,00 m²

CIUDAD Bogotá

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pcescritorio	23	200	4600	5400	Puestos de Trabajo
PC portátil	8	100	800		
Cafetera	1	800	800	800	Cocina
Nevera	1	60	60	120	Frio
Dispensador Agua	1	60	60		
TV	2	110	220	730	Otros equipos
Módem	2	15	30		
Switch comunic.	1	150	150		
Impresora	3	110	330		
Iluminación	8	22	176	1364	Iluminación
Iluminación	18	36	648		
Iluminación	12	45	540		
Potencia total Iluminación		W	1364		
Potencia total enchufables		W	7050		
Potencia total instalada		W	8414		

3.4.1.2. Barranquilla

Para la ciudad de Barranquilla, al igual que lo expuesto en el numeral 3.4.1.1 para Bogotá, se utiliza la planta arquitectónica "tipo" de los proyectos suministrados por las constructoras para cada tipología. En cuanto a los equipos instalados al interior de las unidades de vivienda, se toma como referencia la información registrada en el documento "Análisis del Perfil de Carga Eléctrica por Estrato en la Ciudad de Barranquilla" [6], donde en la página 28 se presentan tabulados los aparatos eléctricos identificados y sus características de uso, información recopilada a partir de encuestas realizadas en el marco de dicho proyecto.

Es importante destacar que se aplican las mismas consideraciones descritas para la ciudad de Bogotá en el análisis y obtención de los modelos finales por unidad de vivienda u oficina tipo. Sin embargo, a diferencia de Bogotá, aún se presenta falta de información para algunas tipologías en Barranquilla.



Apartamento TIPO

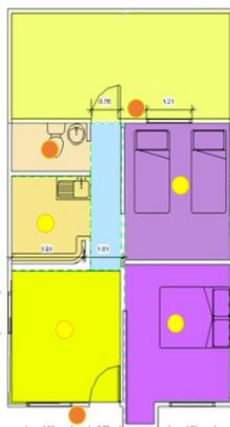


Figura 14. Vivienda TIPO Unifamiliar VIS.

Tabla 25. Distribución de carga instalada para viviendas unifamiliares VIS.

TIPOLOGÍA

UNIFAMILIAR

VIS ESTRATOS 1-2

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA

51,00 m²

OCUPACIÓN PROMEDIO

(3) a (4) personas

CIUDAD

Barranquilla

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	372	Entretenimiento
T.V.	2	110	220		
Módem	1	12	12		
Licuada	1	400	400	400	Cocina
Ventilador	2	80	160	1160	Refrigeración
Aire Acondicionado	1	1000	1000		
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1000	Calor
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	3	9	27	75	Iluminación
Iluminación	4	12	48		
Potencia total Iluminación		W	75		
Potencia total enchufables		W	3412		
Potencia total instalada		W	3487		



Apartamento TIPO



Figura 15. Vivienda TIPO Multifamiliar VIS.

Tabla 26. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares VIS

TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR VIS ESTRATOS 1-2
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 60,17 m²
 OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas
 CIUDAD Barranquilla

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	372	Entretenimiento
T.V.	2	110	220		
Módem	1	12	12		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Ventilador	2	80	160	1160	Refrigeración
Aire Acondicionado	1	1000	1000		
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1000	Calor
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	3	9	27	111	Iluminación
Iluminación	7	12	84		
Potencia total Iluminación		W	111		
Potencia total enchufables		W	3412		
Potencia total instalada		W	3523		



Apartamento TIPO

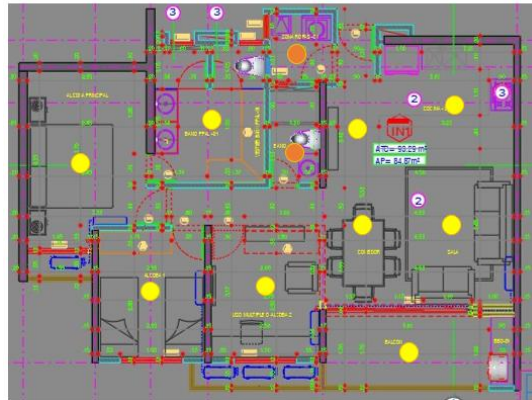


Figura 16. Vivienda TIPO Multifamiliar NO VIS.

Tabla 27. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares NO VIS

TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR

NO VIS ESTRATOS 3-4

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA

84,87 m²

OCUPACIÓN PROMEDIO

(3) a (4) personas

CIUDAD

Barranquilla

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	372	Entretenimiento
T.V.	2	110	220		
Módem	1	12	12		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Ventilador	4	80	320	1520	Refrigeración
Aire Acondicionado	1	1200	1200		
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1000	Calor
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	2	9	18	126	Iluminación
Iluminación	9	12	108		
Potencia total Iluminación		W	126		
Potencia total enchufables		W	3772		
Potencia total instalada		W	3898		



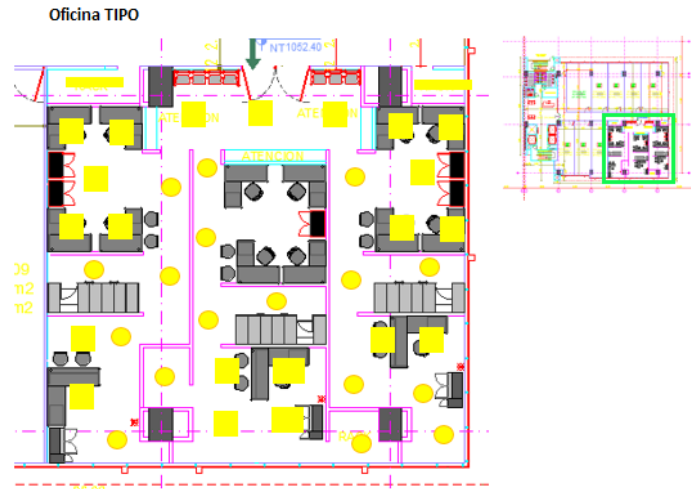


Figura 17. Unidad TIPO Oficina.

Tabla 28. Distribuciones de carga instalada para edificios de oficinas.

TIPOLOGÍA

COMERCIAL

OFICINAS

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA

201,50 m²

CIUDAD

Barranquilla

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	11	200	2200	2600	Puestos de Trabajo
PC portátil	4	100	400		
Cafetera	1	800	800	800	Cocina
Aire Acondicionado	1	15000	15000	15000	Refrigeración
Nevera	1	60	60	120	Frio
Dispensador Agua	1	60	60		
TV	1	110	110	620	Otros equipos
Módem	2	15	30		
Switch comunic.	1	150	150		
Impresora	3	110	330		
Iluminación	17	22	374	1571	Iluminación
Iluminación	2	36	72		
Iluminación	25	45	1125		
Potencia total Iluminación		W	1571		
Potencia total enchufables		W	19140		
Potencia total instalada		W	20711		



3.4.1.3. Cali

Siguiendo la misma metodología aplicada para Bogotá y Barranquilla, en la ciudad de Cali se toma como referencia el documento “Análisis de la Información y Caracterización del Consumo de Energía Eléctrica de los Estratos 1 y 2, caso EMCALI, como base para la implantación de programas de respuesta de la demanda” [5]. Sin embargo, dado que esta fuente no especifica de manera detallada los equipos eléctricos presentes al interior de las viviendas, se utilizan los datos recopilados para la ciudad de Barranquilla, considerando la similitud en el clima y aspectos culturales entre ambas ciudades.

Al igual que en Barranquilla, en Cali aún está pendiente la recepción de información correspondiente a algunas de las tipologías edilicias.

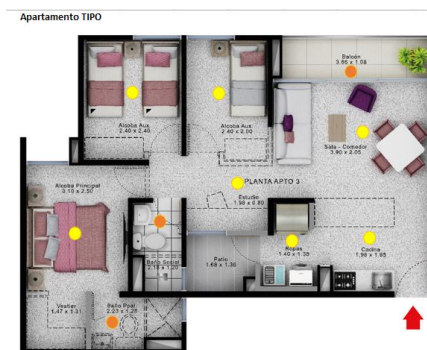


Figura 18. Vivienda TIPO Multifamiliar VIS.

Tabla 29. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares VIS



TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR

VIS ESTRATOS 1-2

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 58,09 m²

OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas

CIUDAD Cali

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	262	Entretenimiento
T.V.	1	110	110		
Módem	1	12	12		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Ventilador	3	80	240	1240	Refrigeración
Aire Acondicionado	1	1000	1000		
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1000	Calor
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	3	9	27	111	Iluminación
Iluminación	7	12	84		
Potencia total Iluminación		W	111		
Potencia total enchufables		W	3382		
Potencia total instalada		W	3493		

Apartamento TIPO



Figura 19. Vivienda TIPO Multifamiliar NO VIS.



Tabla 30. Distribuciones de carga instalada para viviendas multifamiliares NO VIS

TIPOLOGÍA

MULTIFAMILIAR NO VIS ESTRATOS 3-4
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 86,68 m²
 OCUPACIÓN PROMEDIO (3) a (4) personas
 CIUDAD Cali

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	1	140	140	372	Entretenimiento
T.V.	2	110	220		
Módem	1	12	12		
Licuadaora	1	400	400	400	Cocina
Ventilador	2	80	160	1360	Refrigeración
Aire Acondicionado	1	1200	1200		
Nevera	1	110	110	110	Frio
Plancha ropa	1	1000	1000	1000	Calor
Lavadora	1	370	370	370	Ropa
Iluminación	6	9	54	150	Iluminación
Iluminación	8	12	96		
Potencia total Iluminación		W	150		
Potencia total enchufables		W	3612		
Potencia total instalada		W	3762		

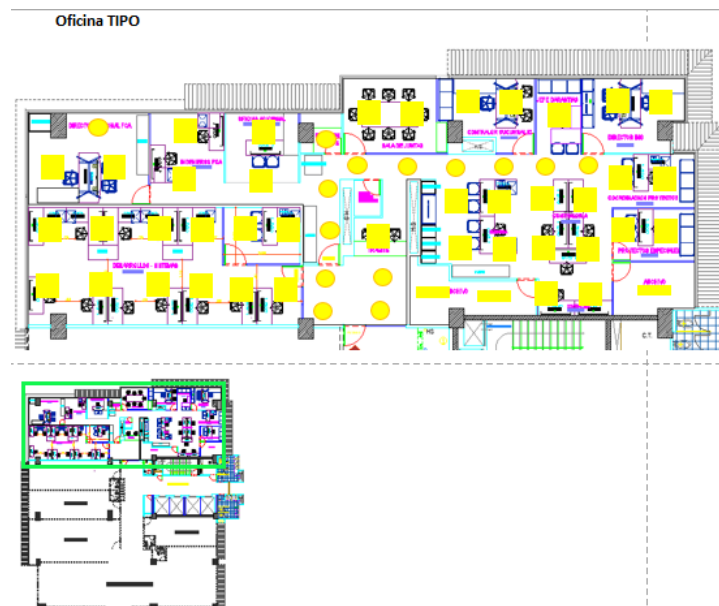


Figura 20. Unidad TIPO Oficina.



Tabla 31. Distribuciones de carga instalada para edificios de oficinas.

TIPOLOGÍA

COMERCIAL

OFICINAS

ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA 255,00 m²

CIUDAD Cali

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	26	200	5200	5600	Puestos de Trabajo
PC portátil	4	100	400		
Cafetera	1	800	800	800	Cocina
Aire Acondicionado	1	15000	15000	15000	Refrigeración
Nevera	1	60	60	120	Frio
Dispensador Agua	1	60	60		
TV	1	110	110	620	Otros equipos
Módem	2	15	30		
Switch comunic.	1	150	150		
Impresora	3	110	330		
Iluminación	13	22	286	2194	Iluminación
Iluminación	3	36	108		
Iluminación	40	45	1800		
Potencia total Iluminación		W	2194		
Potencia total enchufables		W	22140		
Potencia total instalada		W	24334		

3.4.1.4. Medellín

Para el caso de la ciudad de Medellín, se utiliza como referencia el documento técnico del proyecto “Establecimiento de Lineamientos Técnicos para el Sistema de Etiquetado Energético para Edificaciones - SEEE en Colombia” [7], debido a la similitud climática con la ciudad de Bucaramanga. En cuanto a la información específica de edificaciones, a la fecha (abril 2025) no se dispone de datos para la mayoría de las tipologías a analizar, por lo que el análisis completo de las tipologías de la ciudad de Medellín será presentado en el informe de modelado energético.



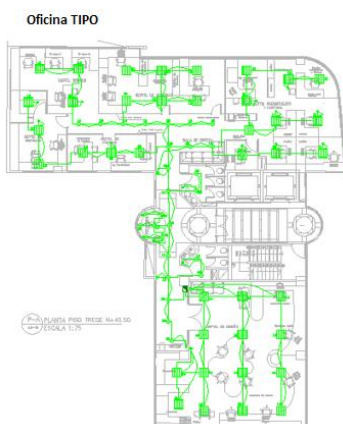


Figura 21. Unidad TIPO Oficina.

Tabla 32. Distribuciones de carga instalada para edificios de oficinas.

TIPOLOGÍA		
COMERCIAL	OFICINAS	
ÁREA PROMEDIO TIPOLOGÍA	348,37	m2
CIUDAD	Medellín	

CARACTERÍSTICAS DE CARGA

APARATO	CANT	Pot (W)/und	Ptot (W)	Ptot (W)/Cat	Categoría
Pc escritorio	26	200	5200	5600	Puestos de Trabajo
PC portátil	4	100	400		
Cafetera	1	800	800	800	Cocina
Aire Acondicionado	1	19000	19000	19000	Refrigeración
Nevera	1	60	60	120	Frio
Dispensador Agua	1	60	60		
TV	1	110	110	620	Otros equipos
Módem	2	15	30		
Switch comunic.	1	150	150		
Impresora	3	110	330		
Iluminación	31	22	682	2482	Iluminación
Iluminación	0	36	0		
Iluminación	40	45	1800		
Potencia total Iluminación		W	2482		
Potencia total enchufables		W	26140		
Potencia total instalada		W	28622		

3.4.2. Perfiles de consumo de energía por tipología

Los perfiles de consumo energético asociados a cargas e iluminación son una de las características requeridas como entradas para los modelos energéticos representativos de cada tipología de la línea base. La obtención de estos perfiles siguió un proceso de dos fases: i) recopilación de perfiles en la literatura y ii) validación de perfiles de uso con información de

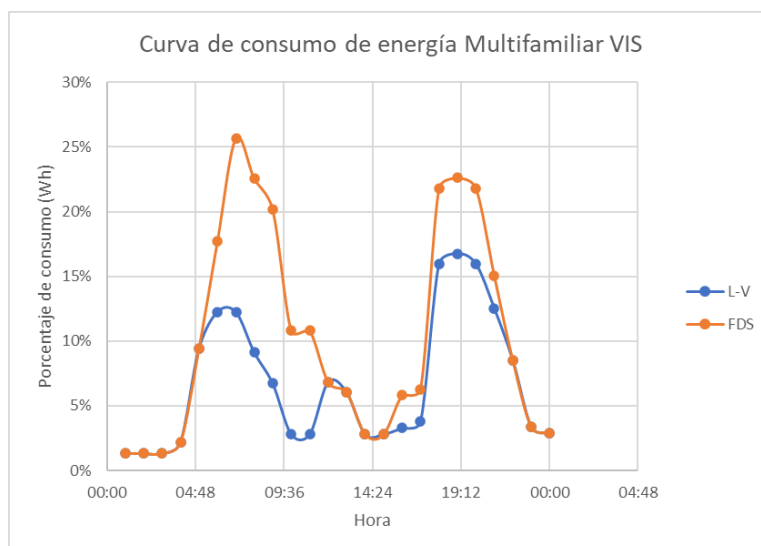


consumos energéticos. En esta sección se describen los resultados asociados a la primera fase. Los resultados de la segunda fase son mostrados en el Capítulo 4 del Entregable 3.

A continuación, se describe la información sobre perfiles de consumo energético encontrada para cada una de las ciudades objetivo de este análisis. Las Figuras mostradas en esta sección representan un avance en la recopilación de información para la construcción de los perfiles de uso, no representan los perfiles de uso finales usados como insumo para la realización de las simulaciones energéticas. Los perfiles de uso finales son incluidos dentro del Entregable 3.

3.4.2.1 Bogotá

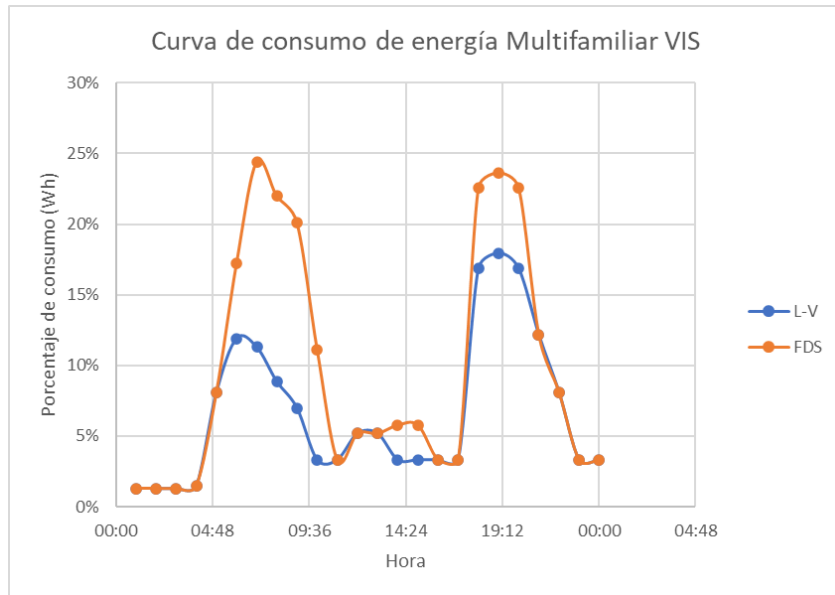
Como se mencionó previamente, para la ciudad de Bogotá se toman como referencia las curvas de consumo de energía eléctrica presentadas en el documento “Análisis de la Curva de Demanda Eléctrica para Usuarios Residenciales Estrato 4 en la Ciudad de Bogotá ante Diferentes Escenarios de los Hábitos de Consumo”, específicamente en el numeral 4.8 – Figura 31. Asimismo, se considera la información del documento “Curva de Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial Estrato Tres de Bogotá D.C. mediante Caracterización por Redes Neuronales Artificiales” [4], particularmente las curvas de consumo presentadas en el numeral 5.5.1 – Ilustración 46.



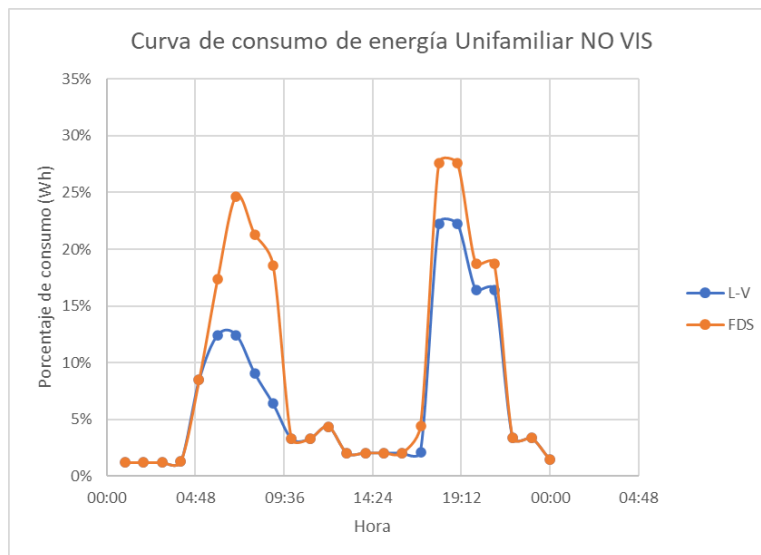
Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)

Figura 22. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Unifamiliar VIS Bogotá



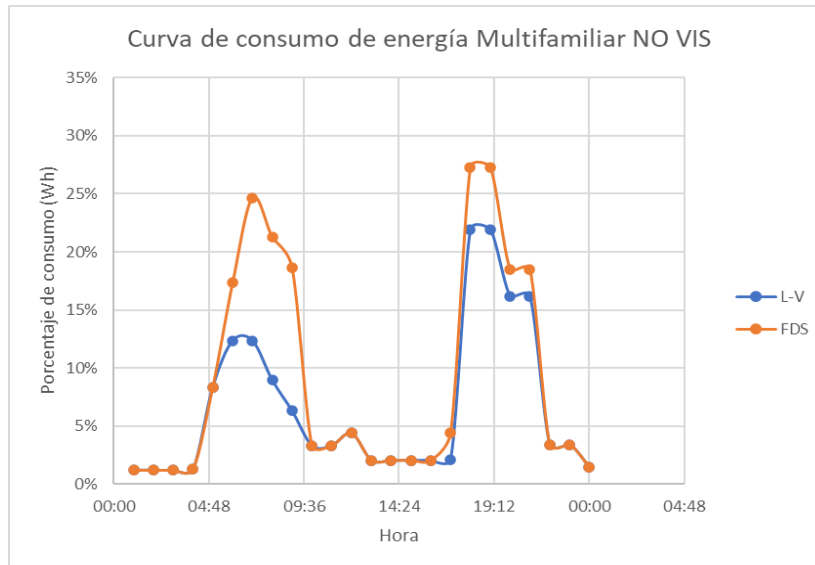


Dónde: **L-V** (refiere al período de Lunes a Viernes) y **FDS** (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 23. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar VIS Bogotá

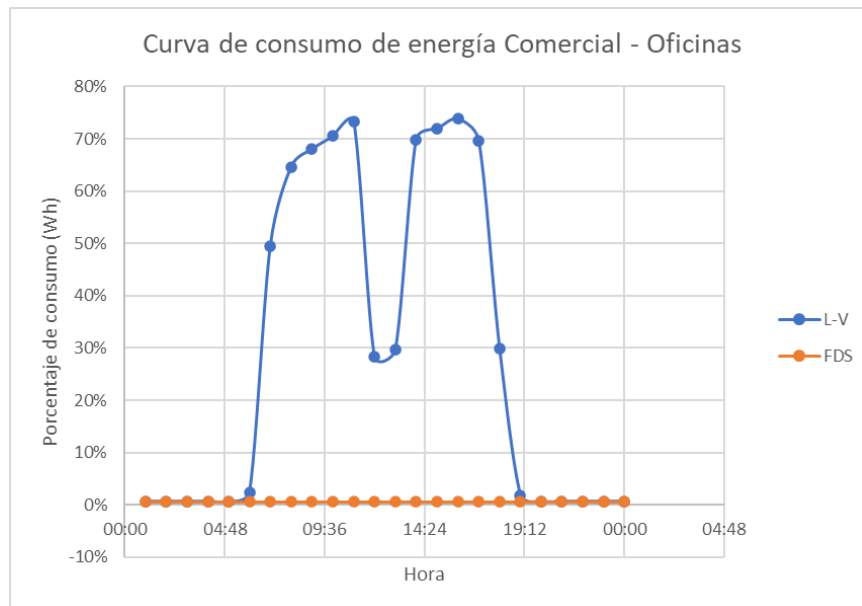


Dónde: **L-V** (refiere al período de Lunes a Viernes) y **FDS** (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 24. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Unifamiliar NO VIS Bogotá





Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 25. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar NO VIS Bogotá.

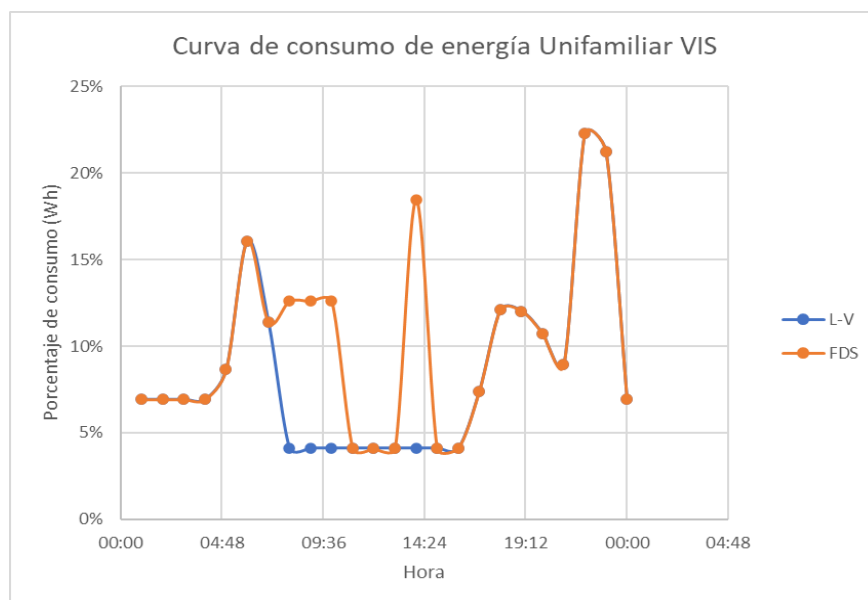


Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 26. Curva consumo de energía TOTAL Oficinas Bogotá



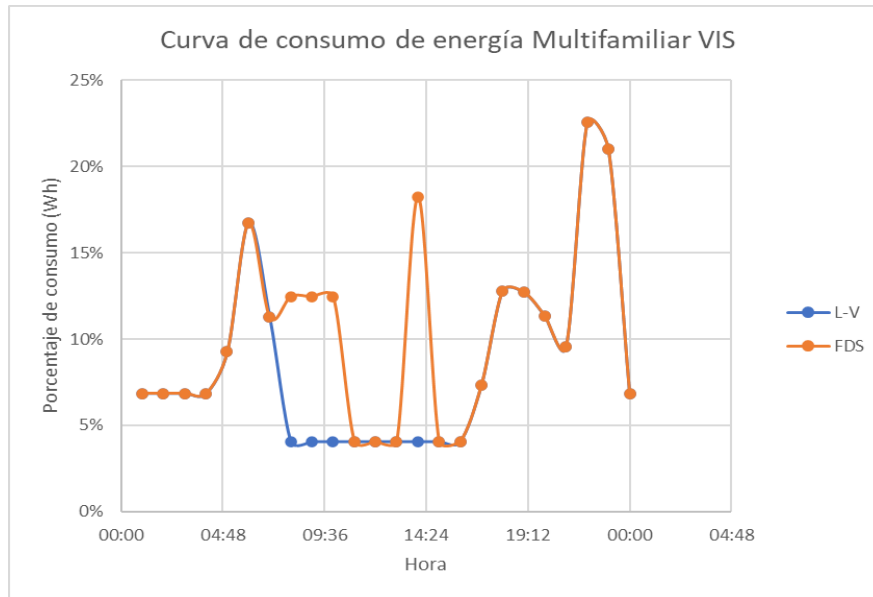
3.4.2.2 Barranquilla

En Barranquilla, se toma como referencia la curva de consumo de energía eléctrica presentada en el documento "Análisis del perfil de carga eléctrica por estrato en la ciudad de Barranquilla" [6], específicamente en las Figuras 9, 10 y 11, correspondientes a las páginas 32 a 34. Bajo la misma metodología y consideraciones descritas para la ciudad de Bogotá se construyen las curvas de consumo por tipología presentadas a continuación.

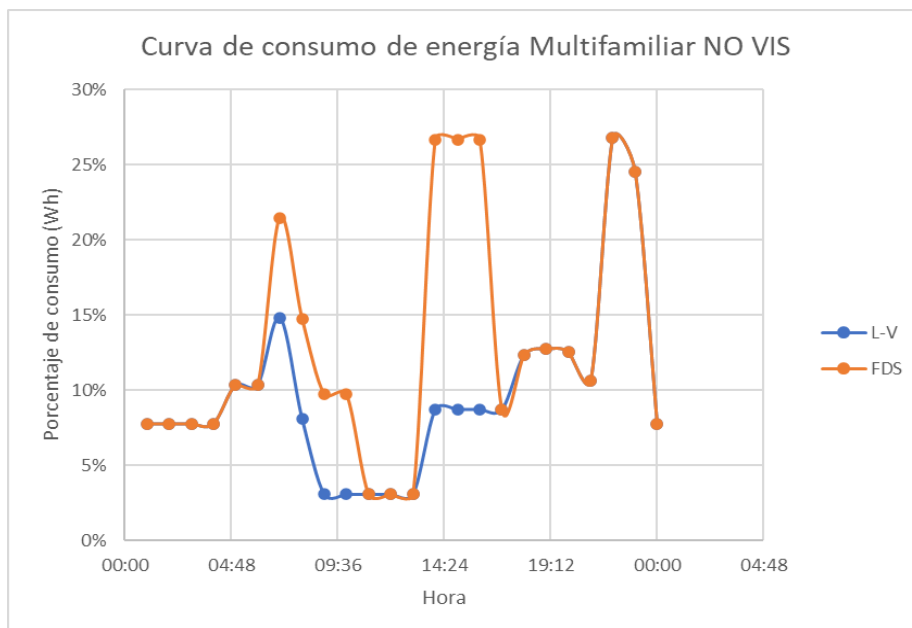


Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
Figura 27. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Unifamiliar VIS Barranquilla.



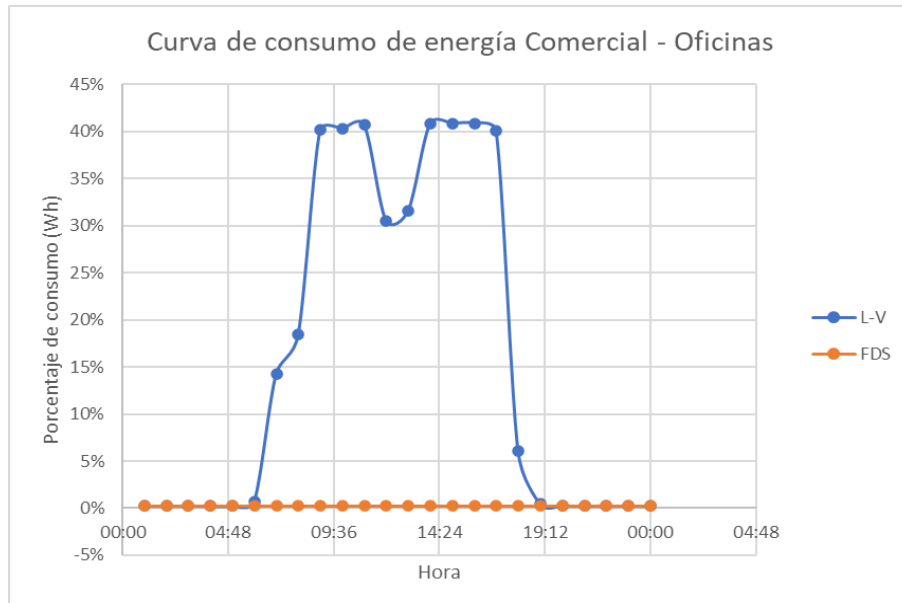


Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 28. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar VIS Barranquilla



Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 29. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar NO VIS Barranquilla



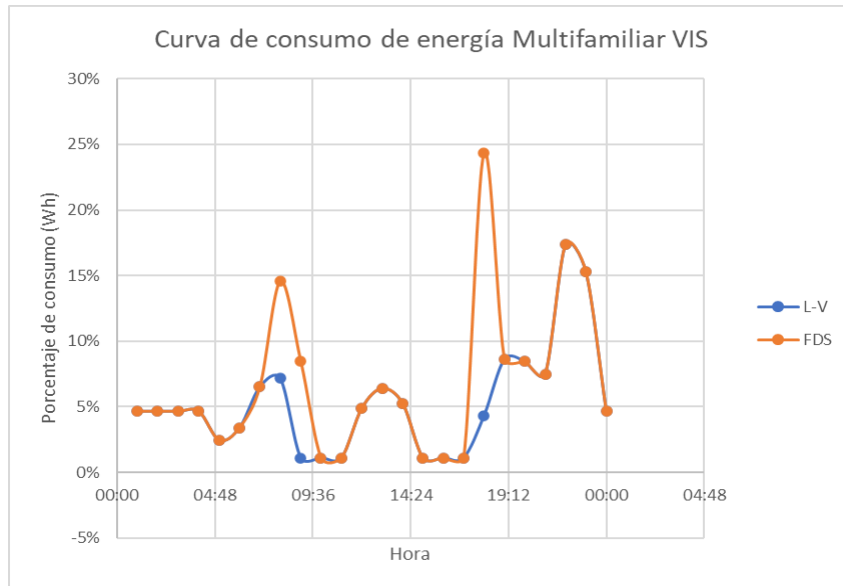


Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)
Figura 30. Curva consumo de energía TOTAL Oficinas Barranquilla

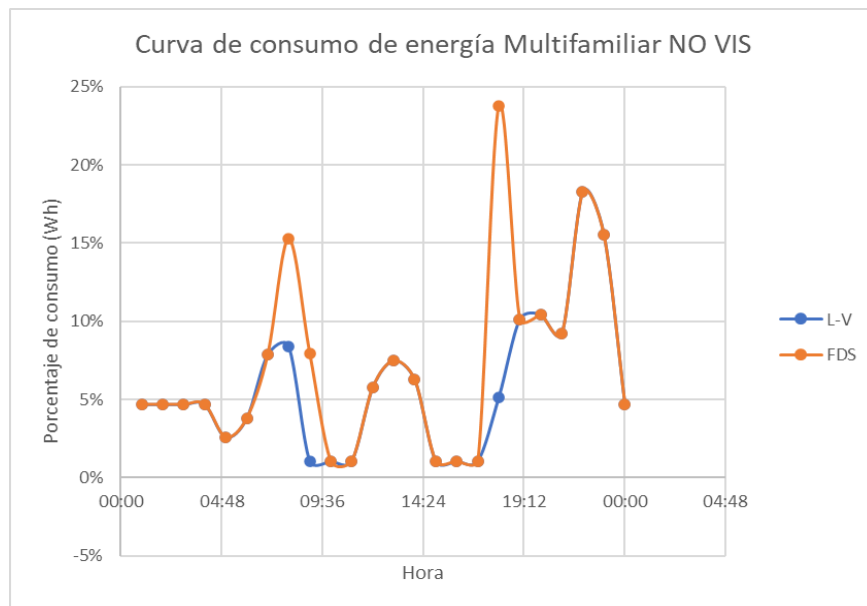
3.4.2.3 Cali

En Cali, se toma como referencia la curva de consumo de energía eléctrica presentada en el documento "Análisis de la información y caracterización del consumo de energía eléctrica de los estratos 1 y 2. Caso EMCALI, como base para la implantación de programas de respuesta de la demanda" [5], específicamente en el numeral 5, Figuras 8 y 9. Siguiendo la misma metodología y consideraciones descritas para la ciudad de Bogotá, se construyen las curvas de consumo por tipología que se presentan a continuación.



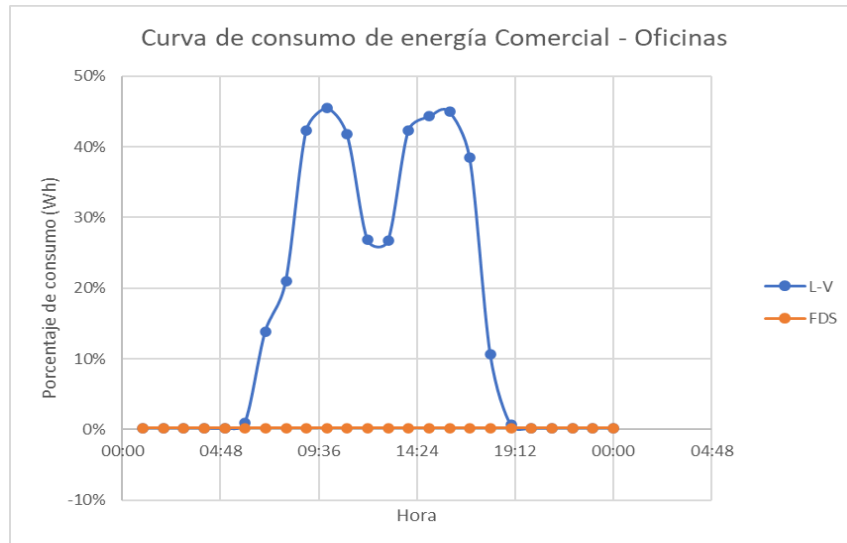


Dónde: **L-V** (refiere al período de Lunes a Viernes) y **FDS** (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 31. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar VIS Cali.



Dónde: **L-V** (refiere al período de Lunes a Viernes) y **FDS** (refiere al período de Fines de Semana)
 Figura 32. Curva consumo de energía TOTAL vivienda Multifamiliar NO VIS Cali



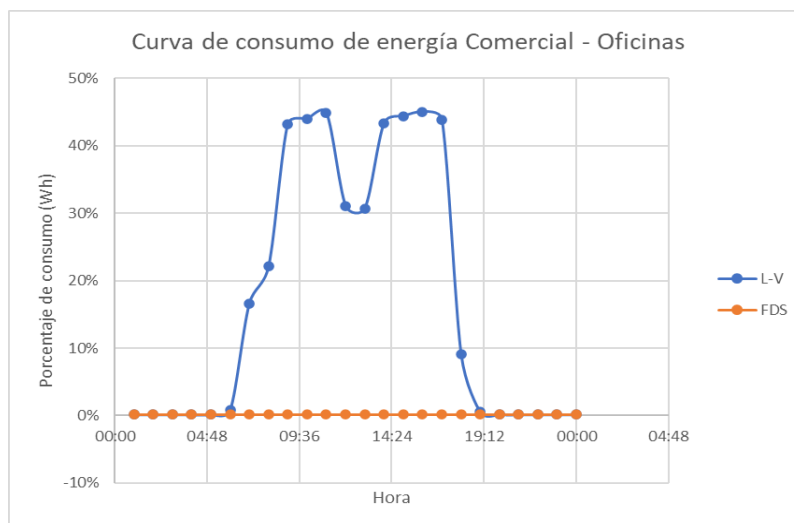


Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)

Figura 33. Curva consumo de energía TOTAL Oficinas Cali

3.4.2.4 Medellín

Para Medellín, se toma como referencia el documento técnico del proyecto "Establecimiento de Lineamientos Técnicos para el Sistema de Etiquetado Energético para Edificaciones (SEEE) en Colombia"[7], debido a la similitud entre los climas y las características de consumo con la ciudad de Bucaramanga. Siguiendo la misma metodología y consideraciones descritas para la ciudad de Bogotá, se construyen las curvas de consumo por tipología que se presentan a continuación.



Dónde: L-V (refiere al período de Lunes a Viernes) y FDS (refiere al período de Fines de Semana)

Figura 34. Curva consumo de energía TOTAL Oficinas Medellín



Nota: Es necesario recopilar información adicional sobre las ciudades objeto de estudio para poder extrapolar los resultados a cada tipología en cada una de ellas. Para ello, se están estableciendo contactos con las empresas comercializadoras de energía, a quienes se solicitará información sobre las curvas de demanda típicas de los sectores residencial y de oficinas en cada ciudad representativa. Esta información permitirá ajustar y validar los perfiles presentados previamente.

3.4.3. Validación de datos

Para la validación de los consumos energéticos de las diferentes categorías edilicias en cada una de las ciudades representativas se adoptaron los valores medidos promedios del Sistema Único de Información – SUI, de la Superintendencia de Servicios Públicos.

3.4.4. Factores que definen el consumo energético

Existen factores que afectan directamente los perfiles de consumo de energía en edificaciones por listar algunos tenemos:

1. Estrato socioeconómico: directamente relacionado a las tipologías de edificaciones en estudio, el estrato socioeconómico relaciona la capacidad adquisitiva de las personas que habitan las edificaciones y por ende el tipo y cantidad de equipos instalados en su interior. Otro factor que resulta importante es la cantidad de ocupantes al interior de las edificaciones, dentro de las encuestas realizadas resulta evidente que a mayor estrato socioeconómico menor es la ocupación en cantidad y duración diaria de las viviendas.
2. Características urbanas: la dinámica de la ciudad en estudio es un factor que afecta los horarios de uso de los equipos ya que el movimiento de las personas en la ciudad relacionadas a las actividades económicas determina los horarios pico y valle en el consumo de energía tanto en unidades de vivienda como oficinas.
3. Clima: el uso de equipos de refrigeración, ventilación y aire acondicionado está directamente relacionado a la temperatura ambiente de la ciudad en estudio, lo cual afectará la carga instalada en las tipologías de edificaciones en estudio.

3.5. Análisis de consumos históricos de energía

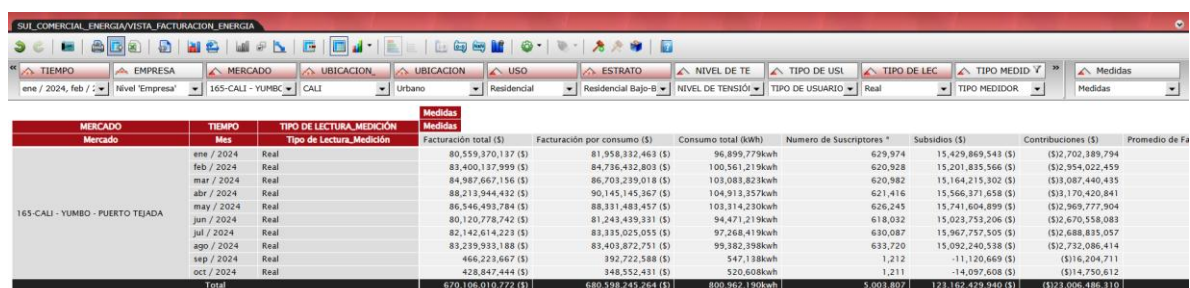
En la búsqueda de información referente en cuanto a los consumos de energía base para cada una de las tipologías de edificaciones en estudio, se extraen de la plataforma del SUI (Sistema Único de Información – Administrada por la Superintendencia de servicios públicos



domiciliarios en Colombia) los registros históricos de facturación y consumo dentro del rango comprendido entre los años 2021 y 2024 [9]. Dicha información se extrae por ciudad y por tipología con el fin de obtener una base de consumo promedio mensual por usuario para cada una de las tipologías y ciudades objeto del presente estudio. Los resultados obtenidos se presentan en los siguientes numerales.

3.5.1. Procedimiento de obtención de información

Ingresando a la URL: <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Energia> se puede acceder a la plataforma de información mediante el enlace “Herramienta O3”, dentro de la cual se obtiene una vista como la presentada a continuación:



MERCADO	Mes	TIPO DE LECTURA_MEDICION	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas
Mercado		TIPO DE Lectura_Medición	Facturación total (\$)	Facturación por consumo (\$)	Consumo total (kwh)	Número de Suscriptores *	Subsidios (\$)	Contribuciones (\$)	Promedio de Fa
165-CALI - YUMBO - PUERTO TEJADA	ene / 2024	Real	80,559,370,137 (\$)	81,958,312,463 (\$)	96,899,779kwh	629,974	15,429,869,543 (\$)	(512,702,389,794	
	feb / 2024	Real	83,400,137,999 (\$)	84,736,432,803 (\$)	100,561,219kwh	620,928	15,201,835,566 (\$)	(512,954,022,459	
	mar / 2024	Real	84,987,667,156 (\$)	86,703,239,018 (\$)	103,083,823kwh	620,982	15,164,215,302 (\$)	(513,087,440,435	
	abr / 2024	Real	88,213,944,432 (\$)	90,145,145,367 (\$)	104,913,357kwh	621,416	15,566,371,658 (\$)	(513,170,420,841	
	may / 2024	Real	86,546,493,784 (\$)	88,331,483,457 (\$)	103,314,230kwh	626,245	15,741,604,899 (\$)	(512,969,777,904	
	jun / 2024	Real	80,130,778,742 (\$)	81,243,439,231 (\$)	94,471,219kwh	618,032	15,023,755,206 (\$)	(512,670,558,083	
	jul / 2024	Real	82,142,614,223 (\$)	83,335,025,055 (\$)	97,268,419kwh	630,087	15,967,757,505 (\$)	(512,688,835,057	
	ago / 2024	Real	83,239,933,188 (\$)	83,403,872,751 (\$)	95,382,398kwh	633,720	15,092,240,538 (\$)	(512,732,086,414	
	sep / 2024	Real	466,223,667 (\$)	348,552,431 (\$)	547,138kwh	1,212	-11,120,669 (\$)	(5116,204,711	
	oct / 2024	Real	428,847,444 (\$)		520,608kwh	1,211	-14,097,608 (\$)	(5114,750,612	
Total			670,166,010,722 (\$)	680,590,245,264 (\$)	800,962,190kwh	5,001,807	123,162,422,940 (\$)	(5121,006,466,310	

Figura 35. Sistema único de información de la Superintendencia de Servicios Públicos.

Con el objetivo de obtener la información necesaria se aplican los filtros para obtener las tablas sólo con la información necesaria y útil para los estudios posteriores. En referencia a la imagen anterior se explican la información de los distintos filtros que se requieren configurar de izquierda a derecha.

- **TIEMPO:** permite seleccionar los rangos de tiempo dentro de los cuales se desea extraer la información, el intervalo de tiempo manejado es mensual. Para el presente proyecto se seleccionaron los rangos comprendidos desde 2021 a 2024, de enero a diciembre de cada uno de los años.
- **MERCADO:** Hace referencia a las zonas de comercialización de energía en los departamentos, en algunos departamentos se ubican por el nombre de este, en otros se ubican por la comercializadora predominante como en el caso de Costa Atlántica para Barranquilla lo encontramos como 444-AIR-E, o Bogotá que se encuentra como 176-BOGOTÁ-CUNDINAMARCA CREG 199/16.



- **UBICACIÓN** (primera pestaña): Debido a que el filtro MERCADO puede abarcar varias ciudades, se aplica mediante el filtro UBICACIÓN la zonificación para la ciudad de la cual se desea extraer los datos.
- **UBICACIÓN** (segunda pestaña): en este filtro se selecciona el tipo de ubicación según el sector dentro de la ciudad o departamento, que para efectos del presente estudio será Urbano.
- **USO**: mediante esta selección se determina el tipo de usuario, en este caso se requiere información de usuarios residenciales y No Residenciales (para el caso de las oficinas).
- **ESTRATO**: mediante este filtro se pueden obtener los datos por estrato socioeconómico de la siguiente forma:

Residencial Bajo - Bajo	Estrato 1
Residencial Bajo	Estrato 2
Residencial Medio - Bajo	Estrato 3
Residencial Medio	Estrato 4
Residencial Medio - Alto	Estrato 5
Residencial Alto	Estrato 6
Comercial	Locales comerciales-oficinas-consultorios

- Resulta importante resaltar que para el caso Comercial el rango de datos de la información incluye distintas tipologías de comercio que pueden ser locales comerciales, oficinas, consultorios médicos, instituciones educativas privadas, entre otros.
- **NIVEL DE TENSIÓN**: debido a que para la tipología comercial el rango mediante el filtro ESTRATO resulta muy amplio y a su vez puede tomar datos de aquellos usuarios comerciales conectados a niveles superiores (Media Tensión) ya que son grandes superficies y pueden contar con subestaciones de energía propias, y para efectos del presente estudio se busca información de oficinas al interior de edificaciones o copropiedades, dichos usuarios se encuentran conectados a Nivel 1 (Baja Tensión).
- La pestaña TIPO DE USUARIO no se tiene en cuenta ya que resulta indiferente para la información a extraer si los usuarios son regulados o no regulados.
- **TIPO DE LECTURA/MEDICIÓN**: Se seleccionan datos reales mediante este filtro.



- La pestaña TIPO MEDIDOR tampoco se toma en cuenta en la selección de filtros.
- MEDIDAS: mediante este filtro se seleccionan los datos que desean extraer según las selecciones anteriores los cuales serán representados mediante columnas en el informe a descargar.

Al aplicar los filtros anteriores se observa que la ventana permite visualizar la información solicitada según las selecciones realizadas.

The screenshot shows a web application interface with a menu bar at the top containing various icons. Below the menu bar, there are several filter tabs: TIEMPO, EMPRESA, MERCADO, UBICACION, UBICACION, USO, ESTRATO, NIVEL DE TE, TIPO DE USU, and TIPO DE LEC. The selected filters are: TIEMPO: ene / 2024, feb / ; EMPRESA: Nivel 'Empresa'; MERCADO: 165-CALI - YUMBC; UBICACION: CALI; UBICACION: Urbano; USO: Residencial; ESTRATO: Residencial Bajo-B; NIVEL DE TE: NIVEL DE TENSIÓN; TIPO DE USU: TIPO DE USUARIO; TIPO DE LEC: Real.

Below the filters, there is a table with the following columns: MERCADO, TIEMPO, TIPO DE LECTURA_MEDICIÓN, Consumo total (kWh), Numero de Suscriptores *, Promedio de Consumo (kWh/Suscriptor), and Total. The table data is as follows:

MERCADO	TIEMPO	TIPO DE LECTURA_MEDICIÓN	Consumo total (kWh)	Numero de Suscriptores *	Promedio de Consumo (kWh/Suscriptor)	Total
Mercado	Mes	Tipo de Lectura_Medición				
165-CALI - YUMBO - PUERTO TEJADA	ene / 2024	Real	13,008,671kwh	96,152	135.3 (kWh/susc)	13,104,958 (\$)
	feb / 2024	Real	12,804,410kwh	90,133	142.1 (kWh/susc)	12,894,685 (\$)
	mar / 2024	Real	12,888,943kwh	90,245	142.8 (kWh/susc)	12,979,331 (\$)
	abr / 2024	Real	12,811,758kwh	88,571	144.6 (kWh/susc)	12,900,474 (\$)
	may / 2024	Real	14,482,956kwh	93,383	155.1 (kWh/susc)	14,576,494 (\$)
	jun / 2024	Real	12,741,710kwh	91,586	139.1 (kWh/susc)	12,833,435 (\$)
	jul / 2024	Real	14,779,478kwh	99,327	148.8 (kWh/susc)	14,878,954 (\$)
	ago / 2024	Real	15,222,259kwh	100,761	151.1 (kWh/susc)	15,323,171 (\$)
	sep / 2024	Real	10,666kwh	1	10,666.0 (kWh/susc)	21,333 (\$)
	oct / 2024	Real	12,162kwh	1	12,162.0 (kWh/susc)	24,325 (\$)
Total			108,763,013kwh	750,160	23,986.9 (kWh/susc)	109,537,160 (\$)

Figura 36. Datos solicitados mediante la configuración de filtros.

Cabe resaltar de los datos extraídos las siguientes consideraciones:

- Muestras erróneas: luego del proceso de descarga de información se procede a visualizar los datos que pueden presentar muestras cuyos datos cuentan con una desviación significativa de la media, por lo tanto, cuando esta desviación es bastante marcada se procede a eliminar la muestra para efectos de los análisis posteriores.
- Muestras vacías: también se encuentran campos vacíos debido a la falta de información registrada para ciertos períodos dentro de las selecciones realizadas.
- Amplitud de las muestras: debido a que los informes arrojan de manera generalizada los resultados a nivel de estrato socioeconómico, no se pueden distinguir clasificaciones como:
 - Cuáles muestras son oficinas dentro del grupo No Residencial - Comercial
 - Cuáles muestras son viviendas unifamiliares y cuáles Multifamiliares dentro de los grupos Residencial para los distintos estratos socioeconómicos.



3.5.2. Consumos de energía promedio mensual

A partir de la información extraída del SUI se extrajo el valor promedio del consumo mensual de energía por estrato socioeconómico y por ciudad. Esta información se presenta en el ANEXO E – CONSUMOS DE ENERGÍA PROMEDIO. El detalle del análisis de estos consumos energéticos se presenta en el Capítulo 3 del Entregable 3 de la presente consultoría.

4. CARACTERÍSTICAS COMUNES DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Este capítulo presenta una recopilación de los sistemas de climatización frecuentemente instalados en edificios residenciales y de oficinas. También se detallan algunas de las características técnicas más importantes.

6.1. Sistemas de climatización usados frecuentemente en edificios residenciales

De acuerdo con una revisión inicial, que incluyó la opinión de expertos en diseño de sistemas de climatización, en los edificios residenciales localizados en diferentes climas es común encontrar unidades tipo Mini-Split. En menor medida, se identifican sistemas de refrigerante variable y sistemas multi-tuberías, estos últimos considerados como una solución intermedia entre los sistemas de refrigerante variable y los Mini-Split. En climas cálidos, también es posible encontrar unidades tipo paquete en casos especiales (ver ANEXO F – SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN TÍPICOS). En resumen, los sistemas de climatización de instalación más frecuente, en orden de prevalencia, son: sistemas tipo Mini-Split (más comunes), sistemas multi-tuberías, sistemas de refrigerante variable, sistemas Split y sistemas tipo paquete de condensación por aire (menos comunes).

Los sistemas de climatización comunes a cada una de las tipologías de edificios para cada clima y ciudad de interés se presentan en las Tablas 37, 38, 39 y 40.

Tabla 37. Topologías comunes para la ciudad de Barranquilla.

TIPO DE EDIFICACIÓN	SEGMENTO	AIRE ACONDICIONADO	TIPO DE EQUIPO
Unifamiliar VIS	VIS	Habitación	Mini Split
Unifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	Habitación	Mini Split
	Alto -Estrato 5 y 6	Toda la vivienda	Mini Split
Multifamiliar VIS	VIS	1-Habitación Principal 2-Habitaciones y áreas comunes	1-Minisplit 2-Ventilacion forzada
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	1-Solo habitaciones 2-Areas comunes	1-Minisplit 2-Ventilacion forzada
	Estrato 5 y 6	Toda la vivienda	Mini Split Multituberias VRF



Tabla 38. Topologías comunes para la ciudad de Cali.

TIPO DE EDIFICACIÓN	SEGMENTO	AIRE ACONDICIONADO	TIPO DE EQUIPO
Unifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación forzada
Unifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	Habitación Principal	Mini Split
	Alto -Estrato 5 y 6	Solo habitaciones	Mini Split
Multifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación forzada
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	Habitación Principal	Mini Split
	Estrato 5 y 6	Solo habitaciones	Mini Split Multituberías VRF

Tabla 39. Topologías comunes para la ciudad de Medellín.

TIPO DE EDIFICACIÓN	SEGMENTO	AIRE ACONDICIONADO	TIPO DE EQUIPO
Unifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación forzada / natural
Unifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	N.A.	Ventilación forzada / natural
	Alto -Estrato 5 y 6	Habitación Principal	Mini Split
Multifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación forzada / natural
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	N.A.	Ventilación forzada / natural
	Estrato 5 y 6	Habitación Principal	Mini Split Multituberías VRF

Tabla 40. Topologías comunes para la ciudad de Bogotá.

TIPO DE EDIFICACIÓN	SEGMENTO	AIRE ACONDICIONADO	TIPO DE EQUIPO
Unifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación natural
Unifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	N.A.	Ventilación natural
	Alto -Estrato 5 y 6	N.A.	Ventilación natural
Multifamiliar VIS	VIS	N.A.	Ventilación natural
Multifamiliar NO VIS	Estrato 3 y 4	N.A.	Ventilación natural
	Estrato 5 y 6	N.A.	Ventilación natural

Es importante aclarar que es posible que al revisar la información de diseño detallada de los proyectos que serán objeto del modelado energético, se encuentre una mayor cantidad de alternativas, sobre todo en climas cálidos.



4.1 Sistemas de climatización usados frecuentemente en edificios de oficinas

En los edificios de oficinas se puede encontrar una gran variedad de sistemas de aire acondicionado, abarcando casi la totalidad del portafolio ofrecido por los diferentes fabricantes, sin embargo, el trabajo realizado nos permite identificar, cuáles son los sistemas usados con mayor frecuencia y los que ofrecen mayores dificultades para su instalación. A continuación, se listan en orden de los más comunes a los menos comunes, los diferentes sistemas encontrados en edificios de oficinas: Sistemas compuestos por redes de condensación y torres de enfriamiento, sistemas de agua helada, sistemas de refrigerante variable, sistemas Mini -Split, sistemas Multi-tubería, sistemas Split y Sistemas de tipo paquete de condensación por aire. Una descripción técnica de cada uno de los tipos de sistemas de climatización identificados como comunes puede ser consultada en el ANEXO F – SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN TÍPICOS.

Los sistemas de climatización de uso común en los edificios de oficinas para cada ciudad de interés se presentan en la Tabla 41.

Tabla 41. Sistemas de climatización de uso común en los edificios de oficinas para cada ciudad.

CIUDAD	AIRE ACONDICIONADO	TIPO DE EQUIPO
Barranquilla	Toda la oficina	Chiller condensado por aire VRF
Cali	Toda la oficina	Chiller condensado por aire VRF
Medellín	Toda la oficina	Chiller condensado por aire VRF
Bogotá	Toda la oficina	Chiller condensado por aire VRF

Las características de los principales elementos consumidores de energía asociados a los diferentes sistemas de climatización se presentan en el ANEXO G - PRINCIPALES ELEMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA EN SISTEMAS HVAC.

4.2 Régimen de uso

Las fuentes de información específica para la determinación del régimen de uso son escasas, encontrando en el estándar ASHRAE 90.1 [10] la principal fuente de información, la cual, normalmente es referenciada por las diferentes herramientas usadas para el cálculo de cargas térmicas en sistemas HVAC.



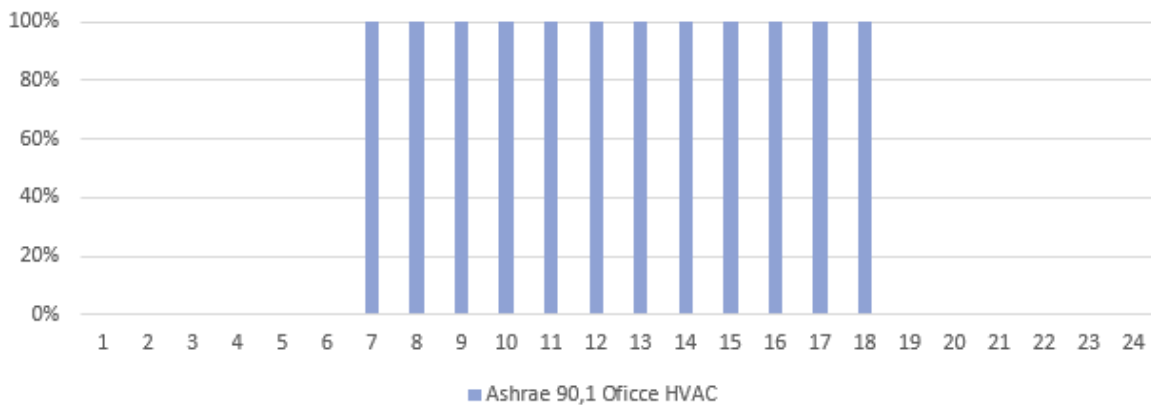


Figura 37. Horario de funcionamiento de un equipo HVAC para un edificio de oficinas, de acuerdo con ASHRAE 90.1

En la selección de la información, es importante considerar que esta puede reflejar las costumbres propias del país de origen, la Figura 37, muestra el horario de operación de un termostato de oficina, el cual se programa para un horario de trabajo de 7:00 am a 6:00 pm. En el entregable 3 se incluirán los perfiles detallados para cada ciudad y tipología analizados.

4.2.1 Variables involucradas en la determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC

Las variables que pueden afectar los regímenes de uso de la edificación pueden dividirse en dos partes: Fuentes generadoras de calor y Horarios de cumplimiento de condiciones de confort.

Dentro de las fuentes que generan o aportan calor se encuentran

- Número de personas que ocupan un espacio
- Cantidad y potencia de equipos eléctricos
- Dimensiones del espacio
- Características constructivas de la edificación
- Tipo y cantidad de luminarias
- Cargas varias como hornillas, hornos y cafeteras
- Ganancia de calor a través de vidrios y ventanas
- Ganancia de calor a través de techos y paredes
- Ingreso de aire caliente a través de holguras en puertas y ventanas (aire frío en el caso de calefacción).

El horario de cumplimiento de condiciones de confort está determinado principalmente por:

- Horarios de ocupación de la edificación



- Uso de la edificación
- Horarios de funcionamiento de equipos eléctricos
- Horarios de funcionamiento de sistemas de iluminación.

4.2.2 Determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC en edificios de oficina

Tomando como referencia la información de ASHRAE 90.1, el horario de trabajo se ajusta a los horarios más comunes en nuestro país.

Las Figura 38 y Figura 39, muestran los horarios de ocupación y encendido de iluminación para un edificio de oficinas en operación de 7:00 am a 5:00 pm. Entre tanto, las Figura 40 y Figura 41, muestran los horarios de ocupación y encendido de iluminación para un edificio de oficinas en operación de 8:00 am a 12:00 m y 2:00 pm a 6:00 pm

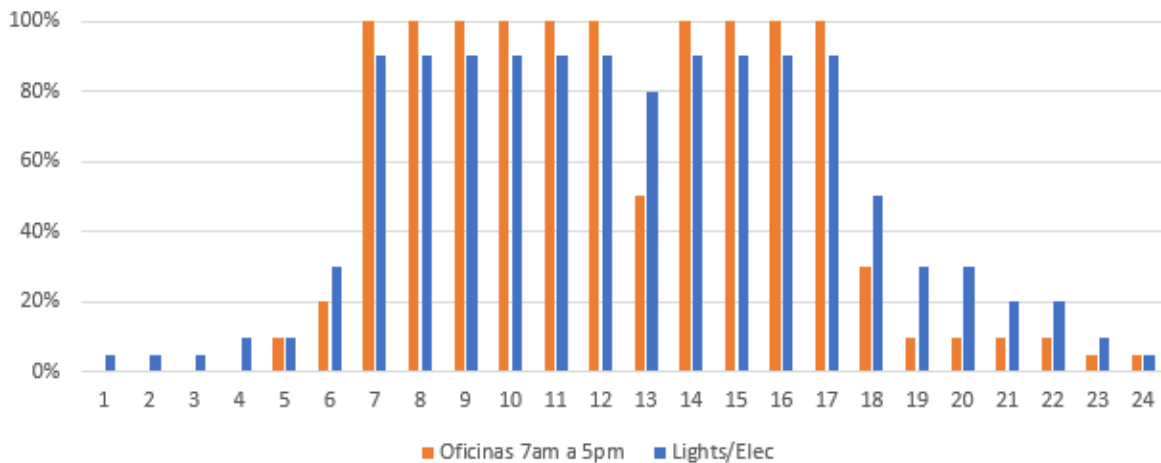


Figura 38. Horarios de ocupación y encendido de iluminación para un edificio de oficinas en operación de 7:00am a 5:00pm.



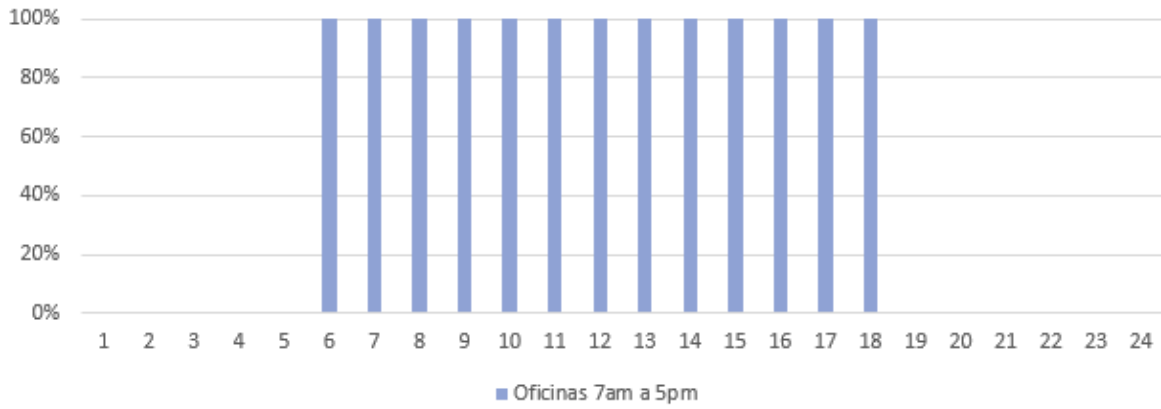


Figura 39. Horario de funcionamiento de un equipo HVAC para un edificio de oficinas en operación de 7:00am a 5:00pm.

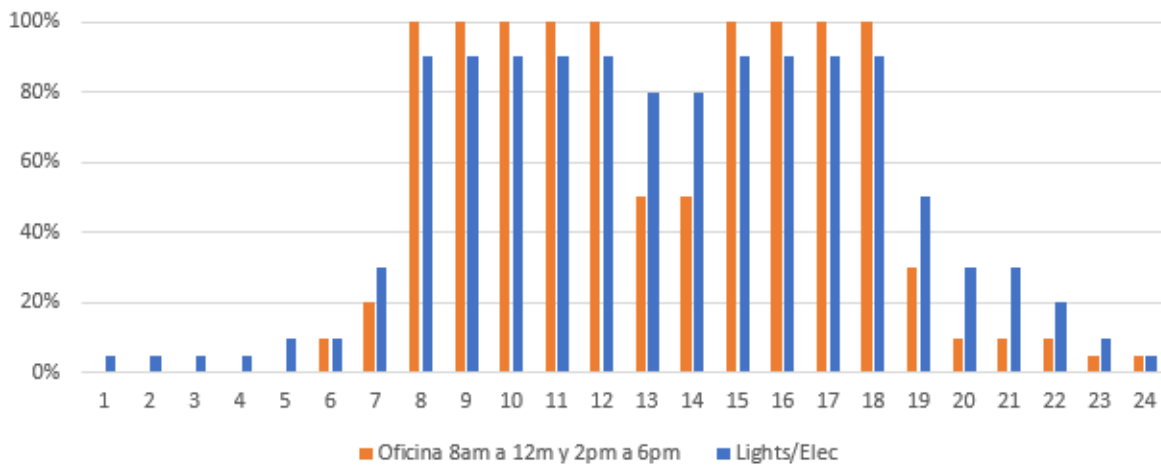


Figura 40. Horarios de ocupación y encendido de iluminación para un edificio de oficinas en operación de 8:00am a 12:00m y 2:00pm a 6:00pm.



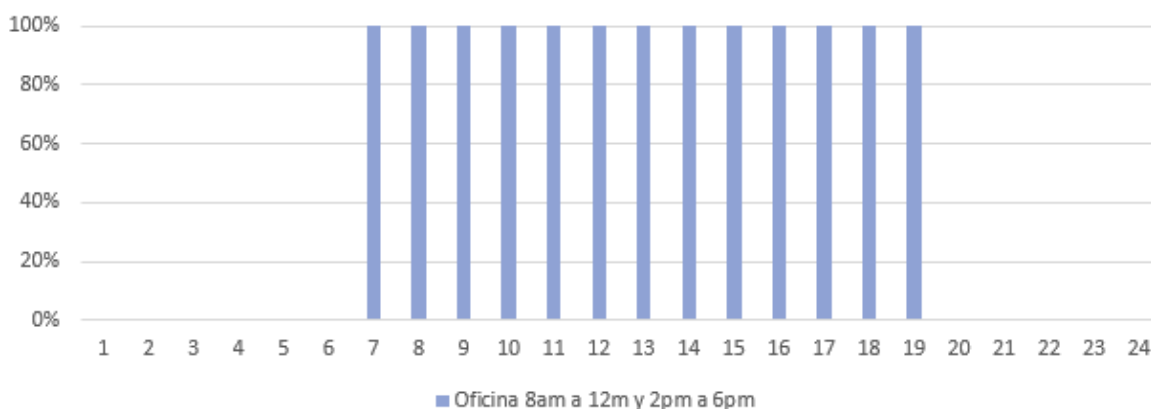


Figura 41. Horario de funcionamiento de un equipo HVAC para un edificio de oficinas en operación de 8:00am a 12:00m y 2:00pm a 6:00pm.

4.2.3 Determinación de los regímenes de uso de sistemas HVAC en edificios de vivienda

Como se mencionó anteriormente, existen numerosas variables que influyen en el comportamiento de los regímenes de uso de los sistemas HVAC, y actualmente no se dispone de información de referencia suficiente para caracterizarlos con precisión. Por esta razón, se utilizarán los consumos de energía promedio por tipología, registrados en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos, con el fin de inferir el comportamiento de uso de los sistemas HVAC en las edificaciones de vivienda.

5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS CIUDADES OBJETIVO

La información climática característica de las ciudades objeto de estudio se presenta de manera resumida en la Tabla 55. Sin embargo, las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo corresponden a la información suministrada por ASHRAE, contenida en los anexos H, I, J y K del presente documento. Se recomienda la consulta de los archivos climáticos para obtener una información más completa. La Tabla 42, muestra la concentración de las mediciones de temperatura en cuatro franjas térmicas obtenidas de las mediciones horarias de temperatura para las ciudades objetivo.

Tabla 42. Condiciones climáticas definidas para las ciudades objetivo del proyecto¹.

Ciudad	Barranquilla	Bogotá	Cali	Medellín
Longitud	74°46'47.2"W	74°9'2.4"W	76°23'8.1"W	74°9'2.4"W

¹ Condiciones basadas en las temperaturas de diseño de sistemas de aire acondicionado.



Latitud	10°53'0.01"N	4°42'20.1"N	3°32'0.0"N	4°42'20.1"N
Elevación	31m	2548m	961m	1490m
Presión Estándar (Stdp)	101.1 KPa	74.23 KPa	90.3 KPa	74.24 KPa
Horas Disponibles	24 h	24 h	24 h	12 h
Mes más caliente del año	6	5	8	7
Rango DB del mes más caliente	7.2°C	8.9°C	11.6°C	17.0°C
Temperatura de Bulbo Seco (DB)	34 °C	21 °C	32 °C	31 °C
Temperatura de Bulbo Húmedo coincidente (MCWB)	27 °C	13 °C	22 °C	19 °C
Humedad Relativa	67%	60%	56%	49%
Zona Climática Internacional ²	1	3C	2	2

A continuación, se muestran los diagramas psicrométricos de las ciudades de Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín, en los cuales se puede contemplar el comportamiento de la temperatura y la humedad para las 24 horas del día los 12 meses del año. La obtención de estos diagramas se realizó en el software Climate Consultant 6.0 de la Universidad de California [14].

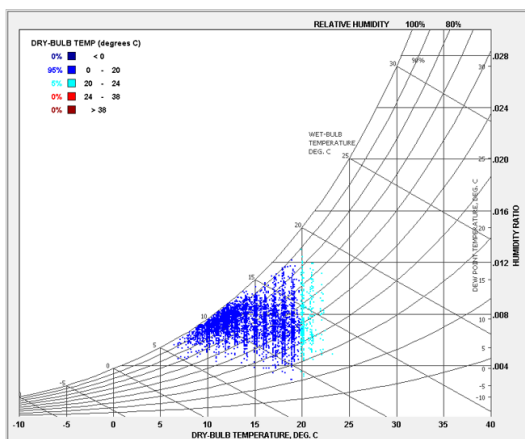


Figura 42. Comportamiento de la temperatura y humedad en la ciudad de Bogotá 24h.

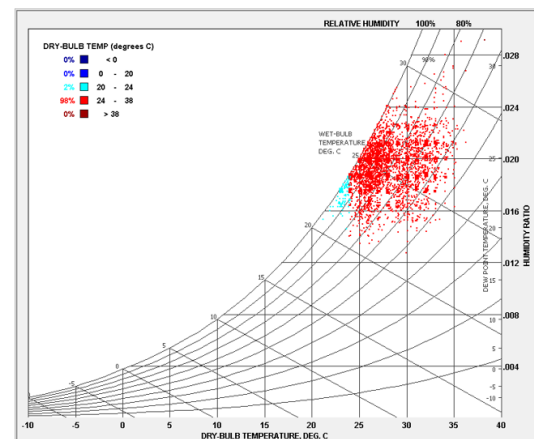


Figura 43. Comportamiento de la temperatura y humedad en la ciudad de Barranquilla 24h.

Según se observa en la Figura 42, para la ciudad de Bogotá, la mayor parte de los datos de temperatura (95%) se encuentra por debajo de los 20°C, la ciudad de Bogotá no cuenta con registros de temperatura que superen los 24°C. Características típicas de un clima frío para la latitud en que se encuentra el país. De otro lado, la ciudad de Barranquilla, Figura 43, el

² La zona climática internacional está definida a nivel mundial por ASHRAE donde la zona 1 corresponde a clima cálido y la zona 8 corresponde a clima ártico.



98% del tiempo se encuentra en el rango entre los 24°C a 38°C. Esta última ciudad también presenta una alta humedad. Por tanto, el archivo climático usado para Barranquilla es adecuado para representar un clima cálido y húmedo.

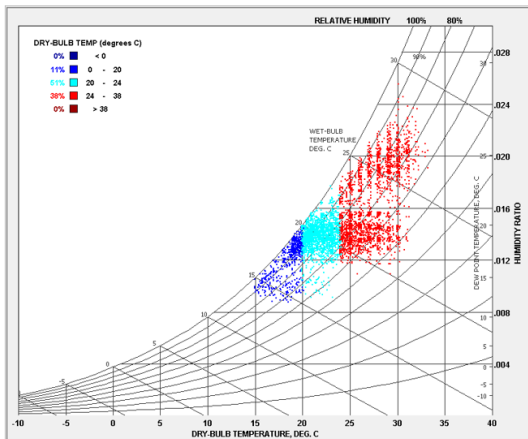


Figura 44. Comportamiento de la temperatura y humedad en la ciudad de Cali 24h.

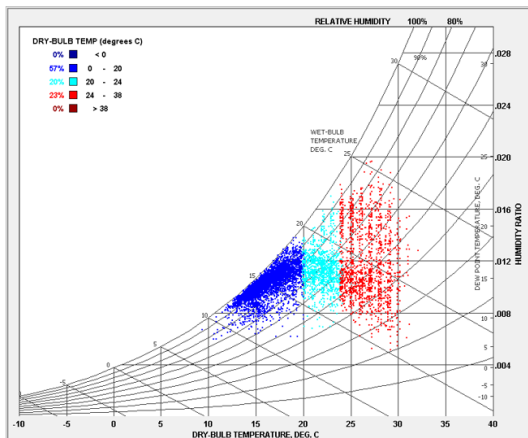


Figura 45. Comportamiento de la temperatura y humedad en la ciudad de Medellín 24h.



Las ciudades de Medellín y Cali, al contar con un clima templado presentan temperaturas en los tres rangos principales, siendo la ciudad de Cali, Figura 44, algo más caliente que Medellín, Figura 45, se encuentra la mayor parte del tiempo (57%) por debajo de los 20°C. Más adelante se revisará si efectivamente el archivo climático de que se dispone para la ciudad de Cali realmente representa un clima cálido seco. Finalmente, ninguna de las ciudades objetivo presenta temperaturas que superen los 38°C ni temperaturas por debajo de los 0°C. La Tabla 43, presenta un resumen de este comportamiento.

Tabla 43. Frecuencia de puntos de medición de temperatura para las ciudades objetivo.

Ciudad	<0	0 a 20 °C	20 a 24 °C	24 a 38 °C	>39 °C
Barranquilla	0%	0%	2%	98%	0%
Bogotá	0%	95%	5%	0%	0%
Calí	0%	11%	51%	38%	0%
Medellín	0%	57%	20%	23%	0%

Las Figura 45 a la 49, muestran la variación de la temperatura anual promedio en función de la hora, de las ciudades objetivo del proyecto.

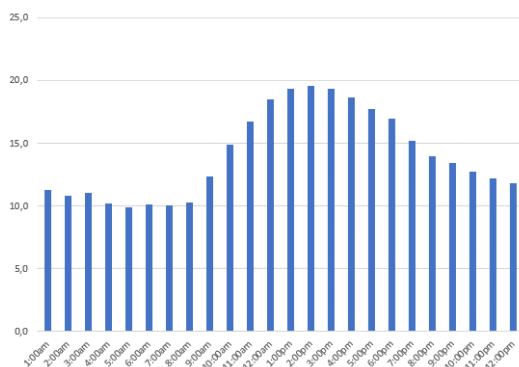


Figura 46. Comportamiento horario anual promedio de la temperatura para la ciudad de Bogotá.

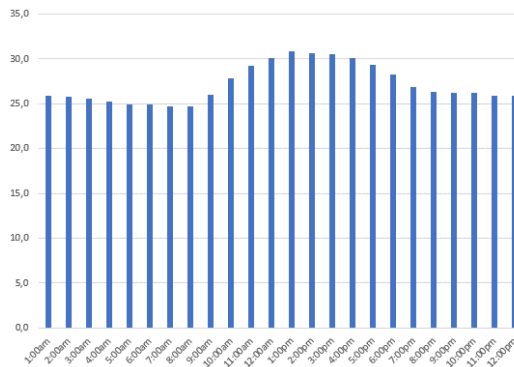


Figura 47. Comportamiento horario anual promedio de la temperatura para la ciudad de Barranquilla.

Podemos observar que mientras la ciudad de Barranquilla, Figura 47, presenta una temperatura bastante uniforme entorno a la banda de 25 a 30°C ($\Delta T \approx 5^\circ\text{C}$) para todo el día,



la ciudad de Bogotá presenta fluctuaciones a lo largo del día con bajas temperaturas en la madrugada y final de la noche.

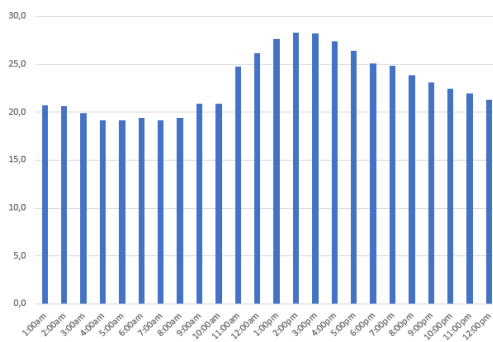


Figura 48. Comportamiento horario anual promedio de la temperatura para la ciudad de Cali

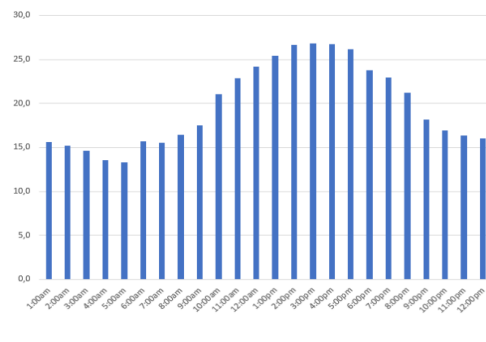


Figura 49. Comportamiento horario anual promedio de la temperatura para la ciudad de Medellín

La ciudad de Medellín, Figura 49, presenta una variación diaria importante a lo largo de las 24 horas llegando a presentarse variaciones de hasta $\Delta T \approx 15^\circ\text{C}$, con temperaturas entre los 13°C y 27°C . De otro lado, Cali tiene unas temperaturas cercanas a los 20°C en la noche y máximas de hasta 28°C en el día.

6. CONFORT TÉRMICO

El confort térmico humano es un factor clave en el diseño y operación de edificaciones sostenibles y energéticamente eficientes. En el marco de la presente consultoría, resulta crucial analizar y comprender los factores que afectan el confort térmico en diferentes entornos climáticos y tipologías constructivas.

En este apartado se busca evaluar y seleccionar los modelos más adecuados para el análisis del confort térmico, así como estimar los rangos operativos que garanticen condiciones de confort en edificaciones de vivienda y oficinas localizadas en Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín.

Para alcanzar este objetivo, se realizará un análisis comparativo entre la teoría del balance térmico y el modelo de confort térmico adaptativo, ambos ampliamente reconocidos en las



guías y estándares internacionales de ASHRAE. Mientras que el modelo de balance térmico se basa en un enfoque físico y matemático que considera las interacciones entre el cuerpo humano y su entorno térmico, el modelo de confort adaptativo enfatiza en la capacidad de adaptación de los ocupantes a las condiciones climáticas cambiantes, particularmente relevante en contextos de climas tropicales y subtropicales como los de Colombia. Las ciudades objeto del presente proyecto representan las principales zonas climáticas del país. En cada caso, se analizarán las variables climáticas locales, los diseños constructivos predominantes y los patrones de ocupación, con el fin de identificar estrategias específicas para optimizar el confort térmico y la eficiencia energética. Adicionalmente, se definirán los rangos de temperatura, humedad y otros parámetros que permitan establecer las condiciones óptimas de confort para los ocupantes.

Este análisis busca mejorar el desempeño energético de las edificaciones y promover un diseño centrado en el bienestar humano, alineado con los objetivos de sostenibilidad y las regulaciones locales e internacionales. A través de esta investigación, se pretende establecer las bases para un enfoque integral que combine el confort térmico con la eficiencia energética, adaptado a las particularidades del contexto colombiano.

6.1. Análisis del confort humano

El confort se define como “Bienestar o comodidad material” [11] también se puede definir como un estado de bienestar, comodidad y salud en el que no hay molestias o distracciones que perturben a las personas. Descartando aspectos tales como niveles de ruido e intensidad lumínica, entre otras, nos centraremos en aquellos aspectos que determinan una sensación de frío o calor a los habitantes de las edificaciones, afectando el consumo de energía de estas al requerir la intervención de sistemas mecánicos y/o eléctricos para mitigar esta condición.

El disconfort térmico, puede ser ocasional y moderado, o constante e intenso. En el primer caso, se generará una leve incomodidad a sus ocupantes, sin embargo, en el segundo caso, puede alterar los ciclos de actividad y descanso en el caso de las edificaciones de vivienda, así como la productividad en las edificaciones de oficina.

Las principales variables que intervienen en esta sensación de confort son:

- Temperatura interior
- Humedad relativa
- Velocidad del aire



Existen variables adicionales, tales como la temperatura media radiante³ y variables que dependen de los ocupantes de las edificaciones, tales como, el Nivel de arropamiento, vestimenta (Clo) y el nivel de actividad física ejecutada (Met), en el cual, los ocupantes generan calor producto de procesos metabólicos naturales, este calor debe ser disipado al ambiente, siendo esta una condición necesaria para alcanzar el bienestar higrotérmico de las personas.

Los mecanismos de intercambio de energía entre el cuerpo humano y su entorno se cuantifican mediante la siguiente expresión [16]:

$$M - W = \pm CV \pm R \pm CC + CL + CS + EV + D + A \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- M: Velocidad del metabolismo.
- W: Energía mecánica efectiva exterior.
- CV: Intercambio de calor por convección.
- R: Intercambio de calor por radiación.
- CC: Intercambio de calor por conducción.
- CL: Intercambio de calor latente (evaporación por respiración)
- CS: Intercambio de calor sensible.
- EV: Perdidas por evapotranspiración.
- D: Difusión de vapor de agua desde la piel.
- A: Energía acumulada.

La percepción del confort térmico ha evolucionado en la medida que se ha ampliado su comprensión, sin embargo, esta es un área del conocimiento que continúa avanzando. Actualmente existen dos teorías que intentan cuantificar el concepto de confort térmico; la teoría del balance térmico y la teoría adaptativa, las cuales se describen a continuación.

6.2. Teoría del balance térmico (Fanger)

Fue propuesta por Povl Ole Fanger (1934-2006). En el año 1973, Fanger define por primera vez los conceptos de PMV (Predictive mean vote), voto medio predicho y PPD (predictive percentage dissatisfied) porcentaje predicho de insatisfechos. Dado que los estudios de Fanger fueron desarrollados en cámaras climatizadas, su modelo es considerado estático y fue desarrollado para ser aplicado en edificios climatizados.

Gracias al trabajo de Fanger, se pudo determinar que el disconfort causado por calor está relacionado con la humedad de la piel a causa de la secreción de sudor, mientras que el

³ Se define como la temperatura uniforme de un cuerpo negro con la que un individuo intercambia la misma cantidad de calor que con su entorno actual.



disconfort por el frío, se encuentra relacionado con la temperatura media de la piel y estos son los únicos procesos fisiológicos que influyen en el balance térmico del cuerpo, cuando suceden cerca de la neutralidad térmica. Fanger observó que el sistema termorregulador del cuerpo humano le permite percibir un equilibrio térmico dentro de un margen amplio de variables ambientales

Definición del Cálculo del PMV y PPD:

- PMV: Es un índice que predice la sensación térmica promedio de un grupo de personas en un entorno específico, en una escala que va de -3 (frío) a +3 (calor), pasando por 0 (neutral).
- PPD: Este índice estima el porcentaje de personas que probablemente estarán insatisfechas con las condiciones térmicas, basado en el PMV.

El PMV y PPD se calculan considerando seis variables principales:

- Ambientales:
 - Temperatura del aire.
 - Temperatura radiante media.
 - Velocidad del aire.
 - Humedad relativa.
- Personales:
 - Nivel de actividad metabólica.
 - Aislamiento térmico de la vestimenta.

Normas internacionales como la ISO 7730, Ergonomía del ambiente térmico, adoptan esta metodología y proporcionan directrices para evaluar y analizar el confort térmico en ambientes interiores. Su enfoque principal es determinar y predecir el bienestar térmico humano mediante métodos analíticos basados en índices establecidos, como el PMV y el PPD [12]. Además del confort global, la norma considera posibles fuentes de incomodidad, como:

- Corrientes de aire.
- Gradientes verticales de temperatura entre la cabeza y los pies.
- Temperaturas asimétricas de radiación.
- Contacto con superficies demasiado cálidas o frías.

6.3. Teoría del confort térmico adaptativo

La teoría del confort térmico adaptativo⁴ surge de la necesidad de incorporar factores humanos en la evaluación del confort térmico, considerando la capacidad de las personas

⁴ Un de los estudios pioneros en el tema es el de: R.J. de Dear, G.S. Brager, D. Cooper, Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1997.



para ajustar su vestimenta, adaptarse a las condiciones climáticas locales y modificar su entorno térmico —por ejemplo, mediante la apertura de ventanas o el uso de ventiladores. Este enfoque reconoce que el confort térmico no es una condición estática, sino un proceso dinámico influenciado por el contexto ambiental, social y cultural [13].

El cuerpo humano cuenta con mecanismos fisiológicos que permiten regular su temperatura interna frente a las variaciones del ambiente. Este proceso, conocido como homeostasis, es gestionado por sistemas integrados como el nervioso, endocrino, cardiovascular y renal. La homeostasis no solo mantiene el equilibrio térmico, sino también otras funciones esenciales como la regulación de la glucosa y la presión arterial. Entre las respuestas fisiológicas más comunes se encuentran la sudoración, que facilita la disipación del calor en ambientes cálidos, y los temblores musculares, que generan calor en condiciones frías. La eficacia de estos mecanismos puede verse afectada por factores como la edad, el estado de salud, la genética y el estilo de vida.

Según el estándar ASHRAE 55 [13], el modelo de confort térmico adaptativo reconoce que la percepción de confort por parte de los ocupantes varía en función de las condiciones climáticas exteriores y de las oportunidades de adaptación disponibles, tales como ajustar la ropa, abrir ventanas o modificar el uso del espacio. Este modelo es especialmente relevante en edificaciones sin climatización mecánica, donde los ocupantes tienen mayor control sobre su entorno térmico.

Como se explicó previamente, ASHRAE 55 establece los criterios de condiciones térmicas aceptables para espacios ocupados, incorporando el modelo adaptativo en aquellos casos donde los ocupantes puedan interactuar activamente con su ambiente. Este modelo relaciona la temperatura operativa interior con la temperatura exterior media, permitiendo así rangos más amplios de temperatura de confort, ajustados a las condiciones climáticas locales y a las expectativas adaptativas de los usuarios.

En resumen, el modelo de confort térmico adaptativo proporciona una herramienta flexible y contextualizada para evaluar el confort térmico en edificios naturalmente ventilados, donde se cumpla la condición clave de que los ocupantes tengan control sobre elementos del entorno, como la apertura de ventanas u otros dispositivos que permitan la ventilación natural.

A diferencia del enfoque estático (como el modelo de Fanger), que asume condiciones constantes y controladas, el modelo adaptativo considera que las personas ajustan su comportamiento (ropa, apertura de ventanas, uso de ventiladores, etc) en respuesta a las condiciones exteriores, lo cual afecta su percepción del confort.



Como se comentó previamente, este modelo es particularmente útil en climas cálidos o templados donde las edificaciones no tienen sistemas de climatización activa, y se promueve como estrategia de confort y eficiencia energética.

Una de las formulaciones más reconocidas del modelo adaptativo es la incluida en la norma ASHRAE Estándar 55, la cual establece que la temperatura operativa La temperatura operativa se calcula en función de la temperatura del aire en el interior del edificio y de la temperatura radiante media de las superficies interiores, así:

$$T_{op} = A * T_a + (1 - A) * \bar{T}_r \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde,

T_{op} es la temperatura operativa interior (°C).

T_a es la temperatura del aire interior (°C).

\bar{T}_r es la temperatura radiante media interior (°C).

A puede seleccionarse entre los siguientes valores en función de la velocidad media del aire interior. De la siguiente tabla [13]:

V_a	<0.2 m/s (<40 fpm)	0.2 to 0.6 m/s (40 to 120 fpm)	0.6 to 1.0 m/s (120 to 200 fpm)
A	0.5	0.6	0.7

El resultado de esta temperatura operativa se compara con los límites de aceptabilidad mínimo y máximo recomendados calculados como se explica a continuación.

En el caso de la ASHRAE 55 (2020) para edificios naturalmente ventilados, los límites recomendados para la temperatura de confort en función de la temperatura media exterior son:

- Límite de aceptabilidad superior (80%)

$$T_{confort} = 0.31 * f(T_m) + 21.3 \quad (10^\circ\text{C} \leq f(T_m) \leq 33.5^\circ\text{C}) \quad (\text{Ec. 2})$$

- Límite de aceptabilidad superior (90%)

$$T_{confort} = 0.31 * f(T_m) + 20.3 \quad (10^\circ\text{C} \leq f(T_m) \leq 33.5^\circ\text{C}) \quad (\text{Ec. 3})$$

- Temperatura optima de confort

$$T_{confort} = 0.31 * f(T_m) + 17.8 \quad (\text{Ec. 4})$$

- Límite de aceptabilidad inferior (90%)



$$T_{comfort} = 0.31 * f(T_m) + 15.3 \quad (10^{\circ}C \leq f(T_m) \leq 33.5^{\circ}C) \quad (\text{Ec. 5})$$

- Límite de aceptabilidad inferior (80%)

$$T_{comfort} = 0.31 * f(T_m) + 14.3 \quad (10^{\circ}C \leq f(T_m) \leq 33.5^{\circ}C) \quad (\text{Ec. 6})$$

En este estudio se usará el rango de aceptabilidad del 80%, como lo recomienda la norma [13].

A continuación, se explica cómo se realiza el cálculo de la temperatura exterior promedio o temperatura exterior media predominante (T_m).

6.3.1. Cálculo de la temperatura exterior media predominante

La temperatura exterior media predominante puede ser calculada a partir de dos metodologías: la metodología del estándar EN 15251 [15] y la metodología del estándar ASHRAE 55 DE 2020 [13].

De acuerdo con el estándar EN 15251, la temperatura exterior media se calcula como un promedio aritmético simple de los últimos 7 días.

$$T_m = (T_{e(d-1)} + 0,8T_{e(d-2)} + 0,6T_{e(d-3)} + 0,5T_{e(d-4)} + 0,4T_{e(d-5)} + 0,3T_{e(d-6)} + 0,2T_{e(d-7)})/3,8 \quad (\text{Ec. 4})$$

Esta metodología otorga refleja mejor el comportamiento climático promedio, especialmente útil en climas con baja variabilidad diaria.

Por su parte, la metodología de la ASHRAE 55 en su apéndice J, utiliza una media exponencialmente ponderada para calcular la temperatura exterior predominante, que da más peso a los días recientes. La fórmula general es:

$$T_m = (1 - \alpha)(T_{e(d-1)} + \alpha T_{e(d-2)} + \alpha^2 T_{e(d-3)} + \alpha^3 T_{e(d-4)} + \dots) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde α es el coeficiente de ponderación. Se recomiendan valores de α entre 0,6 y 0,9; y $T_e(d - n)$ es la temperatura exterior del día n correspondiente. La norma recomienda tomar mínimo 7 días previos y máximo 30.

Una vez analizada la influencia de la forma usada para evaluar la T_m se eligió la metodología EN 15251 porque el resultado obtenido es similar al valor estadístico real estimado del



archivo climático de la ciudad de Barranquilla⁵. Una de las ciudades objeto de estudio con condiciones climáticas más desfavorables para el confort térmico. De otro lado se observó, que la metodología de ASHRAE requiere de un valor α diferente a 0,6 y 0,9 que son los valores recomendados por la norma, para lograr resultados parecidos.

6.3.2. Cálculo temperatura exterior media predominante para las ciudades objetivo

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el cálculo de la temperatura exterior media predominante para las ciudades objetivo, se realizará mediante la metodología EN 15251. Las figuras 50 a la 53 muestran el comportamiento de la temperatura exterior media predominante para las ciudades objetivo en un periodo de un año, calculados considerando los archivos climáticos de cada ciudad.

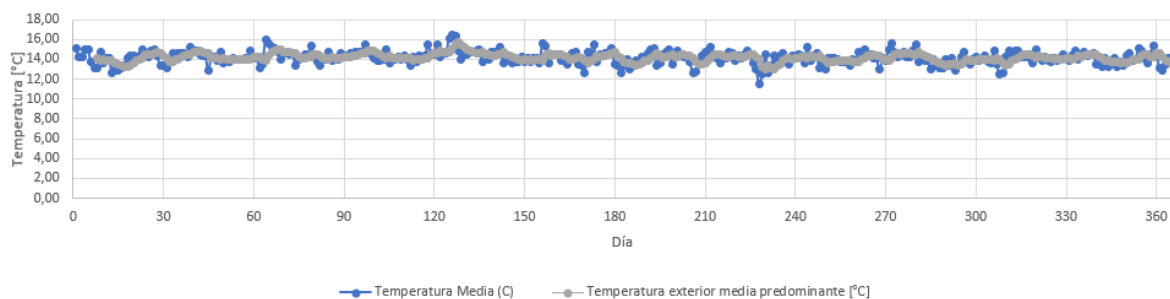


Figura 50. Comportamiento anual de la temperatura media y la temperatura exterior media predominante para la ciudad de Bogotá.

De acuerdo con la Figura 50, para la ciudad de Bogotá, la temperatura media durante un año típico del archivo climático oscila entre los 12 °C y los 16°C. La temperatura exterior media presenta un comportamiento relativamente estable durante todo el año cercano a los 14°C.

⁵ COL_ATL_Barranquilla-Cortissoz.Intl.AP.800280_TMYx.2009-2023.zip obtenido de https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/COL_Colombia/index.html



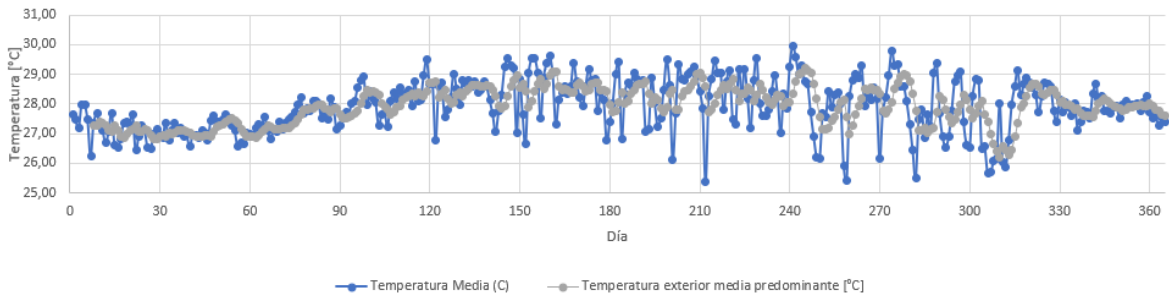


Figura 51. Comportamiento anual de la temperatura media y la temperatura exterior media predominante para la ciudad de Barranquilla.

Para el caso de Barranquilla, la ciudad con las condiciones climáticas más extremas, la Figura 51 presenta una alta variación de la temperatura media, que en algunos días esta cercana a los 30°C. Por su parte la temperatura exterior media se ubica mayormente entre los 27° C y los 29°C.

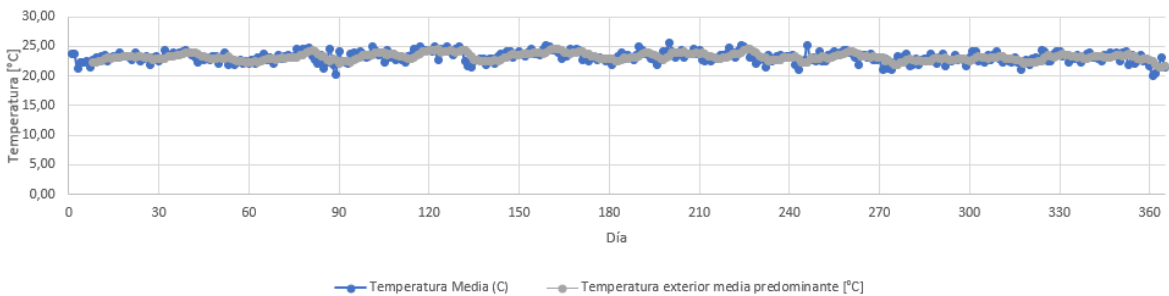


Figura 52. Comportamiento anual de la temperatura media y la temperatura exterior media predominante para la ciudad de Cali.

En la Ciudad de Cali y la Ciudad de Medellín, la temperatura media y la temperatura exterior media predominante media, presentan un comportamiento muy similar. Los rangos de estas temperaturas en Cali están entre el 20 °C y 25°C, mientras que en Medellín están entre los 18°C y los 21°C. El comportamiento similar en la evolución temporal de la temperatura media y la temperatura exterior media predominante se debe a que Cali y Medellín comparten un régimen climático tropical estable, mientras que las diferencias en los rangos de temperatura se explican principalmente por la diferencia en altitud entre ambas ciudades.



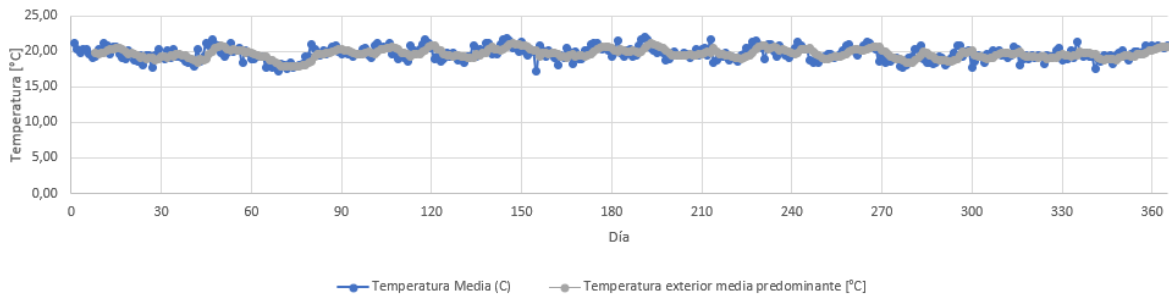


Figura 53. Comportamiento anual de la temperatura media y la temperatura exterior media predominante para la ciudad de Medellín.

6.3.3. Cálculo del rango de Confort Adaptativo para las 4 zonas climáticas

Como se explicó en la sección 6.3, a partir del cálculo de las temperaturas exteriores es posible estimar la temperatura operativa mínima y máxima de confort, o lo que es lo mismo, el límite superior e inferior de la temperatura de confort. También se puede estimar la temperatura óptima de confort que representa el valor central de temperatura operativa interior en el que los ocupantes de un edificio naturalmente ventilado se sienten cómodos, y depende directamente del clima exterior reciente.

La Figura 54, 55, 56 y 57 presentan los rangos de confort adaptativo calculados para las ciudades objeto de estudio, usando las ecuaciones 2, 3, 5 y 6. La temperatura exterior media predominante empleada en este cálculo se obtuvo mediante la Ecuación 4. En gris claro se presentan los límites para un 80% y en gris oscuro para 90% de aceptabilidad.

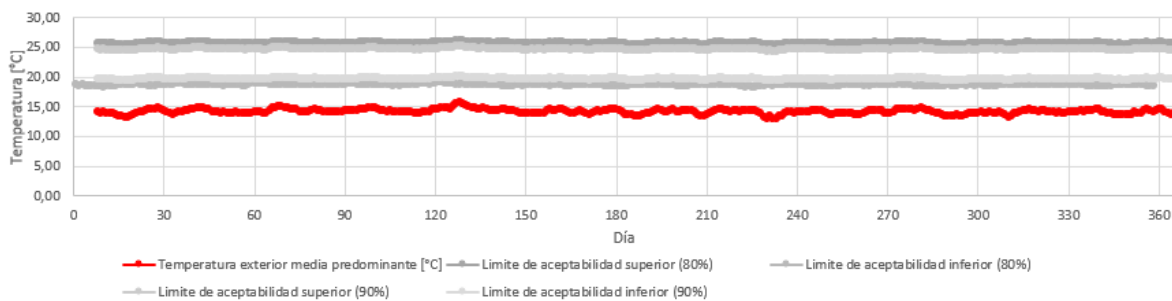


Figura 54. Temperatura exterior media predominante Vs. Límites de aceptabilidad ASHRAE 55, para la ciudad de Bogotá.



De acuerdo con la Figura 54, en la ciudad de Bogotá las temperaturas de confort se sitúan entre 18 °C y 26 °C para un umbral de aceptabilidad del 80 %. En contraste, al considerar un nivel de aceptabilidad del 90 %, el rango se reduce y oscila entre los 20 °C y los 24 °C.

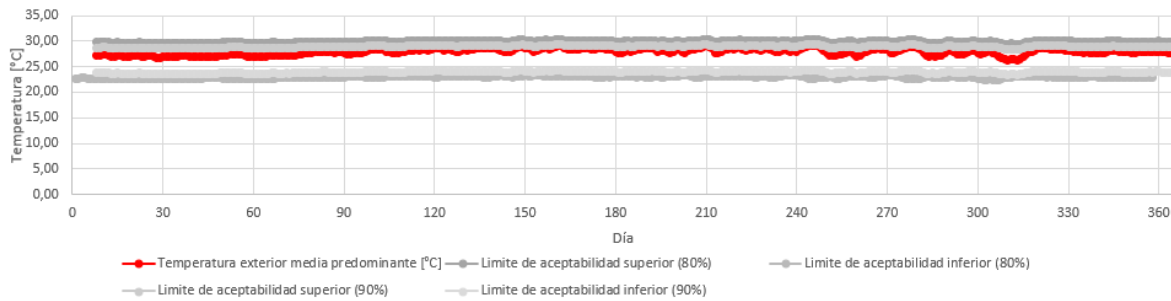


Figura 55. Temperatura exterior media predominante Vs. Límites de aceptabilidad ASHRAE 55, para la ciudad de Barranquilla.

De otro lado, de acuerdo con la Figura 55 para la ciudad de Barranquilla, las temperaturas de confort se encuentran entre los 22°C y los 29°C para el umbral de aceptabilidad del 80%. Para el umbral del 90% el rango se encuentra entre los 23°C y los 26°C.

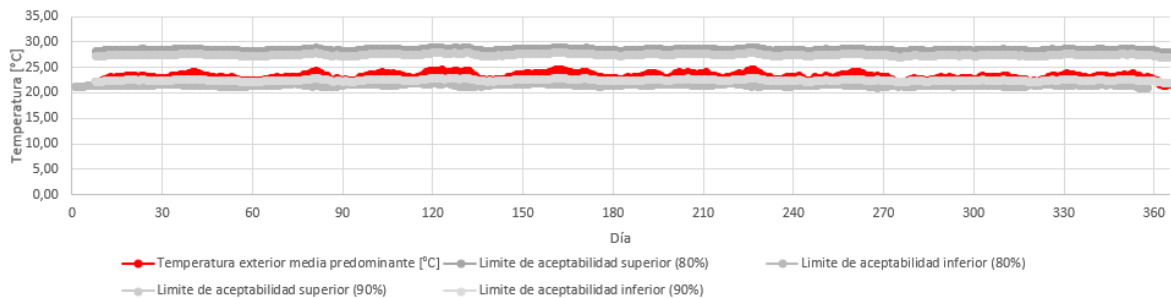


Figura 56. Temperatura exterior media predominante Vs. Límites de aceptabilidad ASHRAE 55, para la ciudad de Cali.

De acuerdo con la Figura 56, para la ciudad de Cali, las temperaturas de confort se sitúan entre los 20°C y los 27°C para el umbral de aceptabilidad del 80%. Mientras que para un umbral de aceptabilidad del 90%, el rango de temperaturas de confort está entre los 21°C y los 26°C.



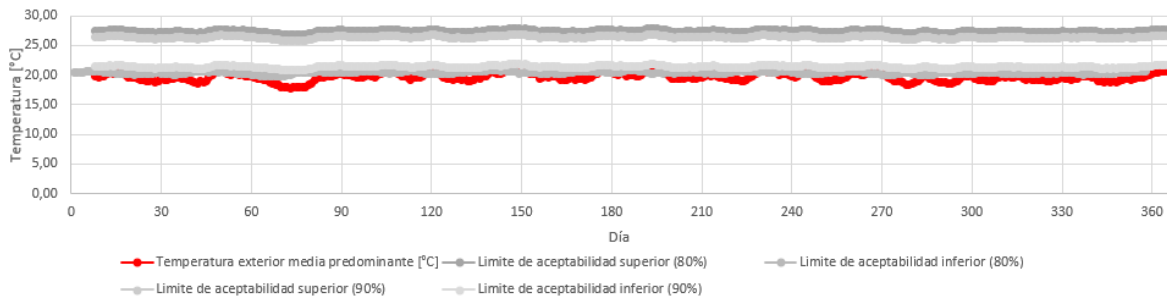


Figura 57. Temperatura exterior media predominante Vs. Límites de aceptabilidad ASHRAE 55, para la ciudad de Medellín.

Finalmente, para Medellín, las temperaturas de confort se sitúan entre los 20°C y los 27°C para el umbral de aceptabilidad del 80%. Mientras que para un umbral de aceptabilidad del 90%, el rango de temperaturas de confort está entre los 21°C y los 26°C.

Es importante notar la poca variación anual de los rangos de confort térmico en todas las ciudades. Esto ocurre debido a la ausencia de estaciones. Esta información difiere de lo que ocurre en otros países donde existe una diferencia marcada entre el verano y el invierno para las ciudades analizadas.

El comportamiento de las curvas para ciudades como Bogotá y Medellín sugieren un incumplimiento con el estándar ASHRAE 55-2020 debido a las bajas temperaturas. No obstante, es necesario profundizar en el análisis horario de las simulaciones para identificar los periodos y franjas del día en los que podría alcanzarse el confort térmico de los ocupantes sin requerir sistemas de climatización mecánica.

Como ejercicio de validación, se compararon los rangos de confort previamente obtenidos —enfocados en el umbral de aceptabilidad del 80 %— con los rangos generados mediante el software *Climate Consultant 6.0*, desarrollado por la Universidad de California⁶.

⁶ <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>



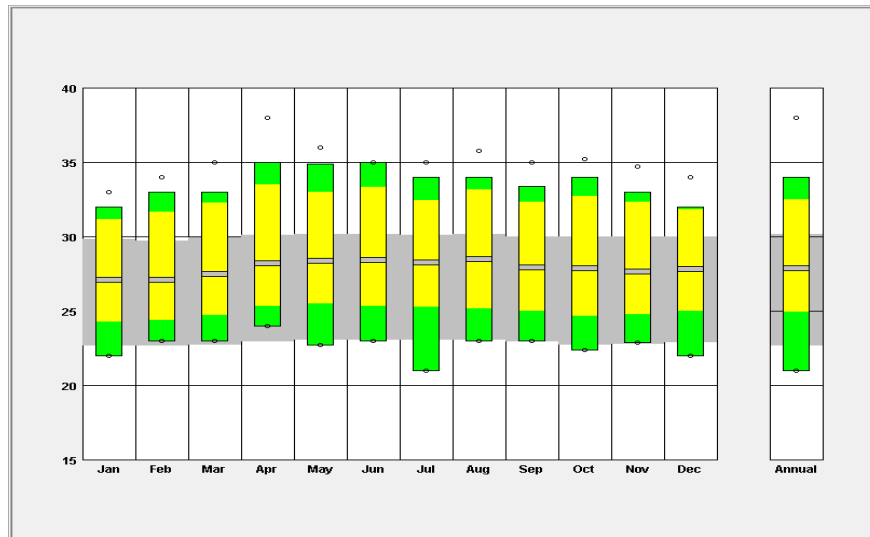


Figura 58. Rango de temperatura mes a mes según el modelo de C.A. para la ciudad de Barranquilla.

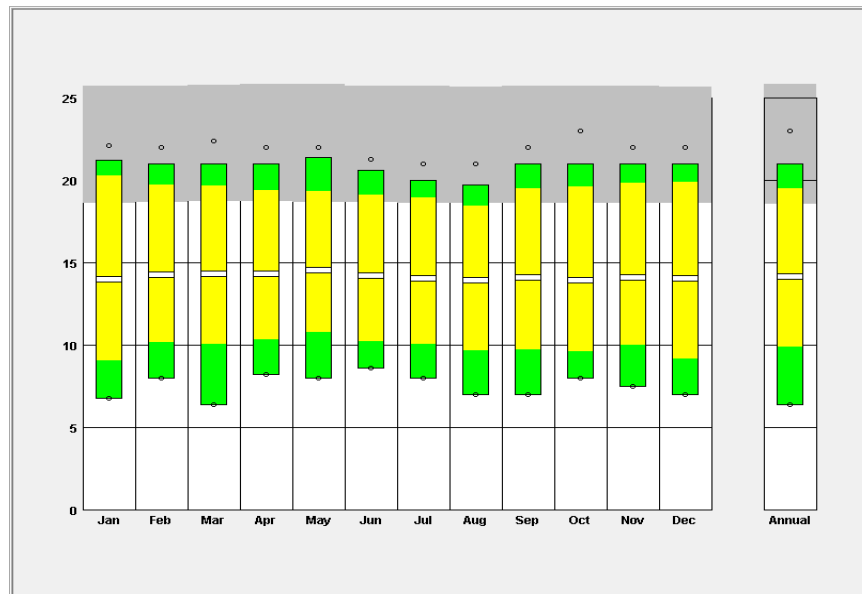


Figura 59. Rango de temperatura mes a mes según el modelo de C.A. para la ciudad de Bogotá.



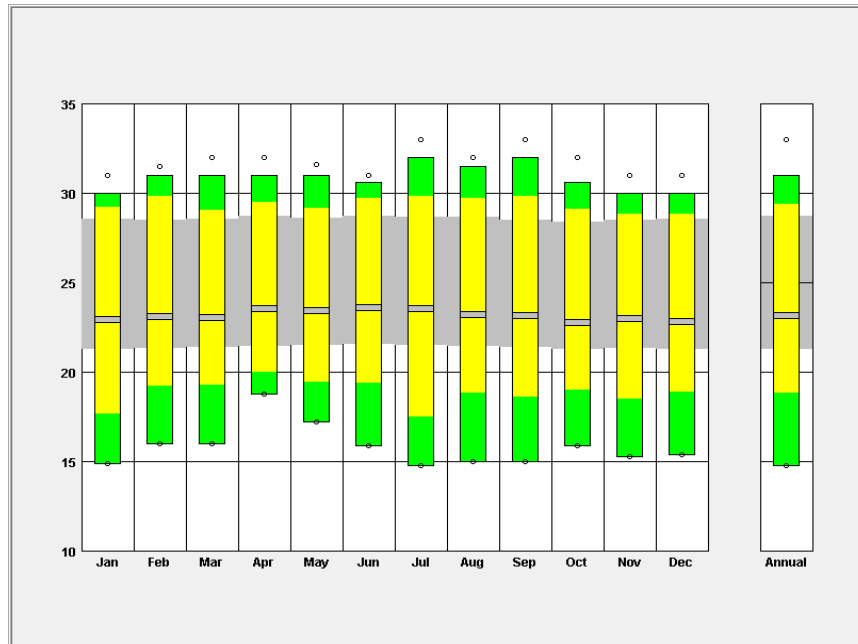


Figura 60. Rango de temperatura mes a mes según el modelo de C.A. para la ciudad de Cali.

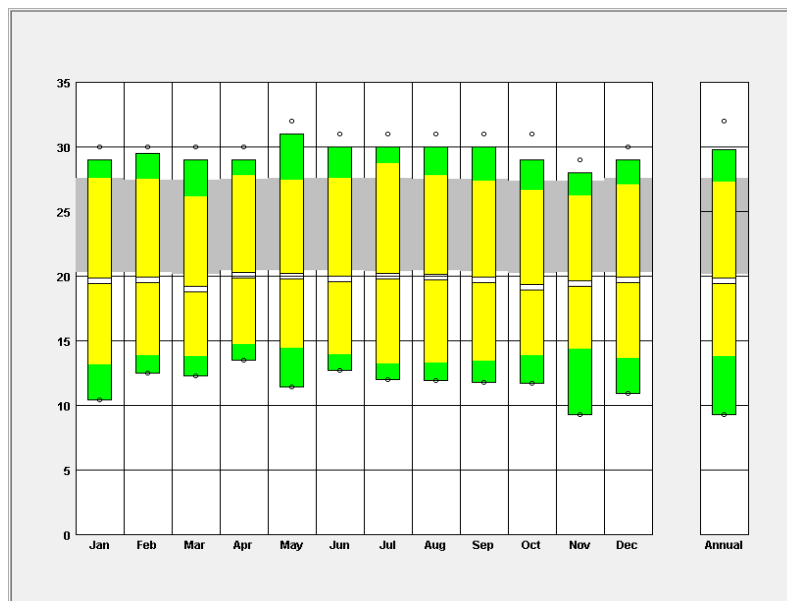


Figura 61. Rango de temperatura mes a mes según el modelo de C.A. para la ciudad de Medellín.

De acuerdo con la Figura 58, el rango de confort para la ciudad de Barranquilla se encuentra entre los 23 °C y 30 °C. En el caso de Bogotá, la Figura 59 muestra un rango entre los 18 °C y 25 °C, mientras que, para Medellín, según la Figura 61, las temperaturas de confort oscilan



entre 20 °C y 26 °C. En estas tres ciudades, los rangos obtenidos mediante *Climate Consultant 6.0* son muy similares a los calculados manualmente.

La Tabla 44 resume el análisis de confort adaptativo realizado en esta sección del informe. Los rangos de confort descritos en esta tabla se usaron para la configuración de los set-point del sistema de climatización estándar usado en las simulaciones energéticas de las edificaciones representativas de cada ciudad.

Tabla 44. Confort adaptativo usando ventilación natural para un límite de aceptabilidad del 80%.

Ciudad	Barranquilla	Bogotá	Cali	Medellín
Temperatura media baja (> 10°C)	27.0	13.8	22.5	18.9
Temperatura media alta (< 33.5°C)	28.6	14.7	23.9	20.2
Confort Bajo – Temperatura operativa mínima (°C)	22.7	18.6	21.3	20.2
Confort Alto – Temperatura operativa máxima (°C)	30.2	25.9	28.7	27.6

La velocidad del aire es controlada mediante el cierre y apertura de ventanas

6.3.4. Limitaciones del modelo de Confort Adaptativo

Con el fin de determinar la viabilidad de aplicación del modelo de confort adaptativo, es necesario analizar sus limitaciones, por lo tanto, se mencionan a continuación las limitaciones identificadas a partir del análisis de los climas de Colombia.

- Variabilidad climática: Ciudades con altas oscilaciones térmicas.
- Humedad relativa: Dado que el modelo no considera explícitamente la humedad, es necesario asegurar que las condiciones de humedad relativa al interior de las edificaciones son aceptables para sus ocupantes.
- Rango de temperatura exterior limitado entre 10°C y 33,5°C, según ASHRAE 55.
- Uso de las edificaciones.
- Modelo desarrollado para países con estaciones.

6.4. Ventilación Natural y su potencial de aplicación en las ciudades objetivo

La ventilación natural como mecanismo para aumentar la percepción de confort en climas templados o cálidos deberá ser promovida siempre que esta sea posible, ya que evita el uso de sistemas de ventilación mecánica o sistemas de aire acondicionado, sin embargo, su uso, presenta algunas limitaciones por:

Limitaciones arquitectónicas:



- Superficies de ventanas adecuadas.
- Orientación de la edificación favorable a las corrientes de aire.
- Ausencia de restricciones importantes para el flujo de aire⁷.

Limitaciones climáticas:

- Climas demasiado cálidos, húmedos o fríos.

A este respecto, la simulación de los edificios representativos nos dará más información en cuanto al potencial de la ventilación natural en cada una de las ciudades objetivo. En esta sección se asume que la temperatura del interior del edificio es similar a la exterior, lo cual constituye únicamente una aproximación para inferir que tan viable es el uso de la ventilación natural como mecanismo de climatización para alcanzar el confort térmico.

De la Figura 62 a la Figura 69 se muestra el comportamiento hora a hora para un año típico de las ciudades objetivo en la carta psicrométrica obtenido de los archivos climáticos de dichas ciudades, facilitando la comprensión del comportamiento climático de cada lugar. Estas ilustraciones muestran dentro de una franja de color verde el rango aceptable de temperaturas para las que aplica la teoría del confort adaptativo para un criterio de aceptabilidad del 80%, permitiendo establecer el número de puntos de medición que se encuentran en este rango, los cuales son equivalentes al número de horas, esto nos permite evaluar cuantitativamente la fracción de tiempo en el día y la noche en la que la ventilación natural es aceptable.

Las gráficas para Barranquilla (Figuras 62 y 63) muestran que, durante el día, una buena parte de las temperaturas del año se ubican sobre el límite superior del confort térmico adaptativo. Lo que sugiere un desconfort por aumento de las temperaturas. En la noche, los resultados muestran condiciones de confort térmico ya que la mayoría de los valores de temperatura se encuentran dentro del rango de confort.

⁷ Para que exista una corriente efectiva de ventilación natural el espacio debe contar con entrada y salida de aire.



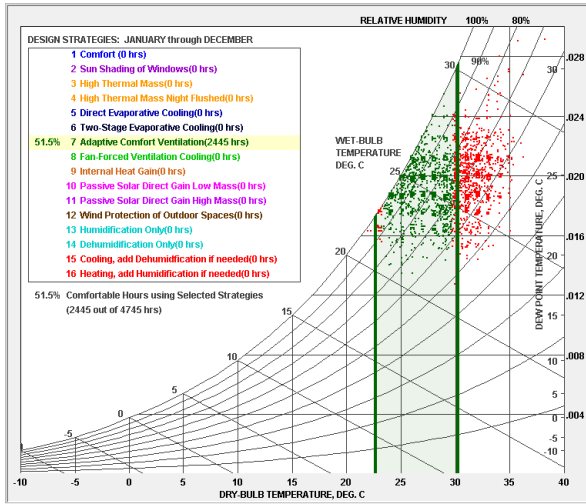


Figura 62. Barranquilla Día 7am a 7pm, 80% Aceptabilidad.

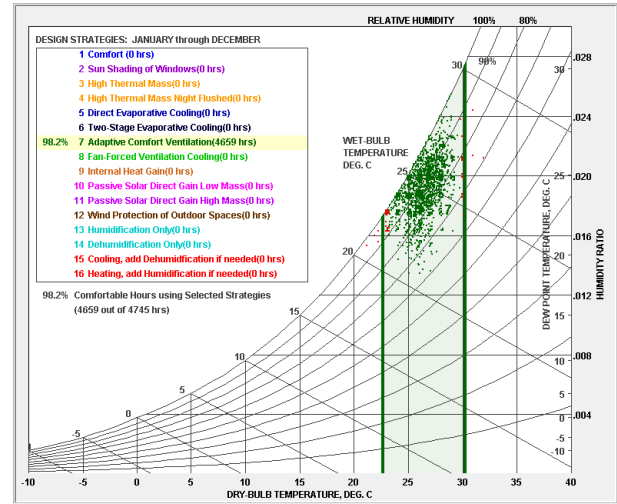


Figura 63. Barranquilla Noche 7pm a 7am, 80% Aceptabilidad.

Contrario a lo que pasa en Barranquilla, en Bogotá (según Figuras 64 y 65) durante el día y la noche se presentan condiciones de disconfort asociadas a temperaturas que están por debajo del rango de confort adaptativo.

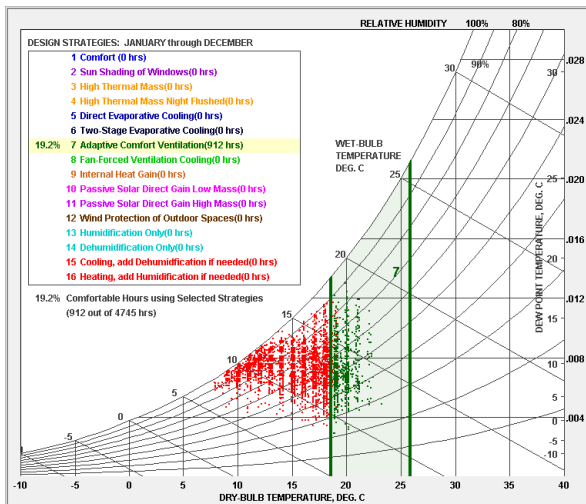


Figura 64. Bogotá Día: 7am a 7pm, 80% Aceptabilidad.

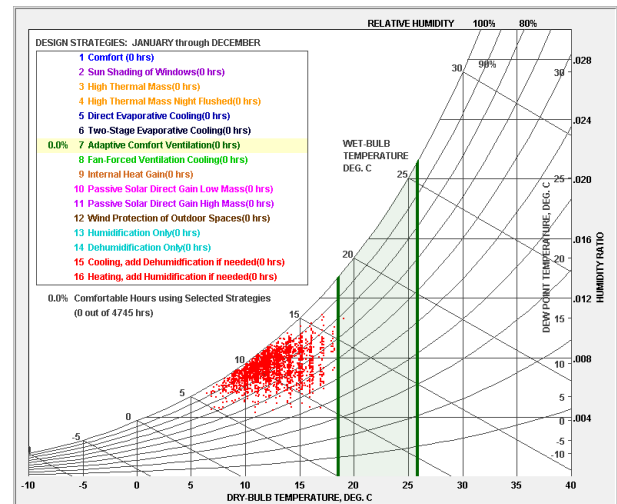


Figura 65. Bogotá noche 7pm a 7am, 80% Aceptabilidad.



En el caso de Cali (Figuras 66 y 67), más de la mitad de los puntos de temperatura anual caen en el rango de confort. No obstante. Durante el día pueden presentarse condiciones de desconfort por frío al inicio del día y por calor al final de la tarde. Durante la noche, el desconfort térmico está asociado a las bajas temperaturas.

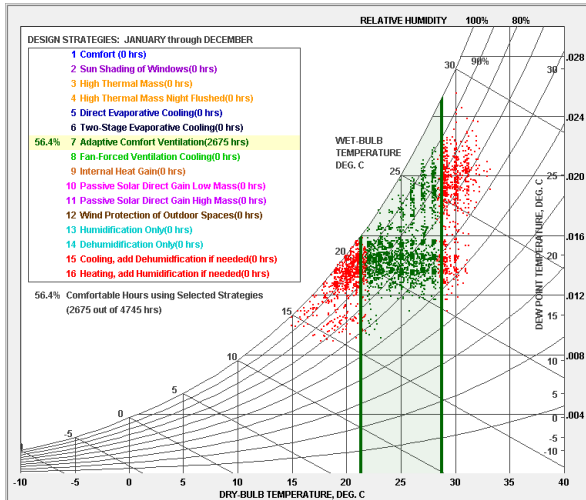


Figura 66. Cali Dia 7am a 7pm, 80% Aceptabilidad.

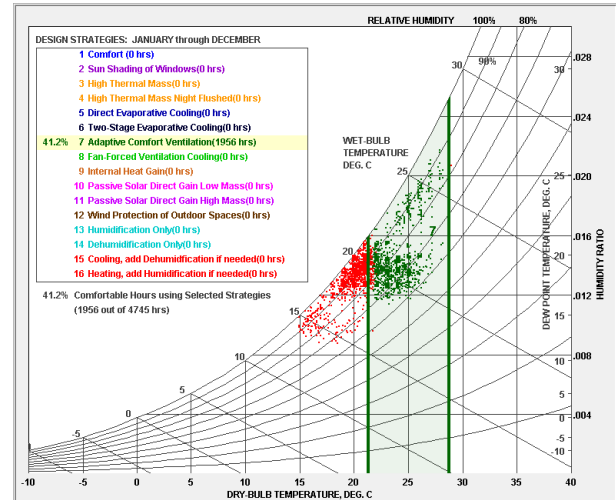


Figura 67. Cali Noche 7pm a 7am, 80% Aceptabilidad.

De acuerdo con los resultados mostrados en las Figuras 68 y 69, la ciudad de Medellín presenta un comportamiento similar al de la ciudad de Cali en materia de confort durante el día. Por el contrario, en la noche, una gran proporción de temperaturas se ubica por debajo del rango inferior del confort, lo que supone desconfort térmico por frío.



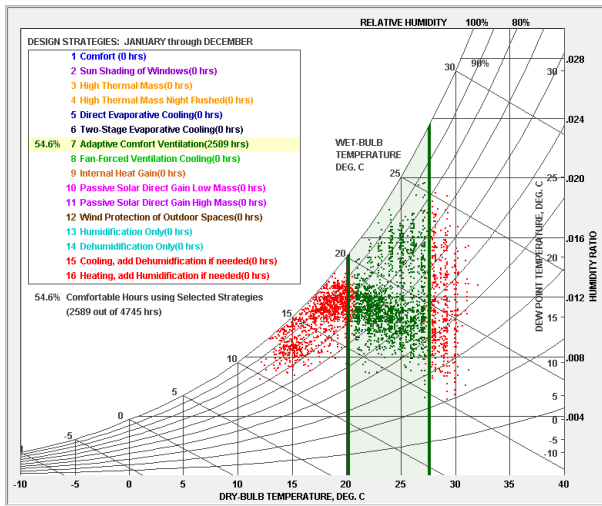


Figura 68. Medellín Día 7am a 7pm, 80% Aceptabilidad.

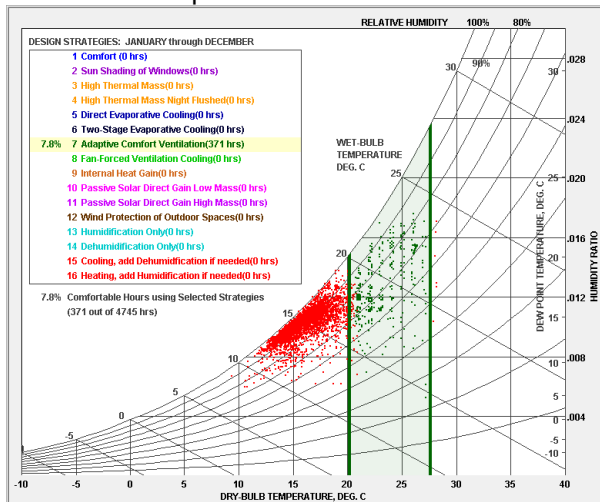


Figura 69. Medellín Noche 7pm a 7am, 80% Aceptabilidad



La Tabla 45, muestra el número de horas al día y la noche en las que es potencialmente aplicable la ventilación natural, de acuerdo con la teoría del confort adaptativo, para un criterio de aceptabilidad del 80%. Esta información se toma de la información presentada en la Figura 59 a la Figura 62.

Tabla 45. Porcentaje anual de potencial de aplicación de ventilación natural (PNV), de acuerdo con la Teoría del Confort Adaptativo.

Ciudad	Día		Noche		Total
	%	# Horas	%	# Horas	# Horas
Barranquilla	52%	2445	98%	4659	7104
Bogotá	19%	912	0%	0	912
Cali	56%	2675	41%	1956	4631
Medellín	55%	2589	8%	371	2960

Al evaluar los límites de aceptabilidad dados por ASHRAE 55 junto con las temperaturas máximas y mínimas medidas diariamente, de la Figura 70 a la Figura 73 se encuentra que muchos de estos picos de temperatura se sobreponen al criterio de confort, en concordancia con la información obtenida de los diagramas psicrométricos, lo que muestra la importancia de separar el análisis de la jornada diurna (de mayor importancia en edificios de oficina) y la jornada nocturna, la cual tiene su mayor relevancia en edificaciones de vivienda.

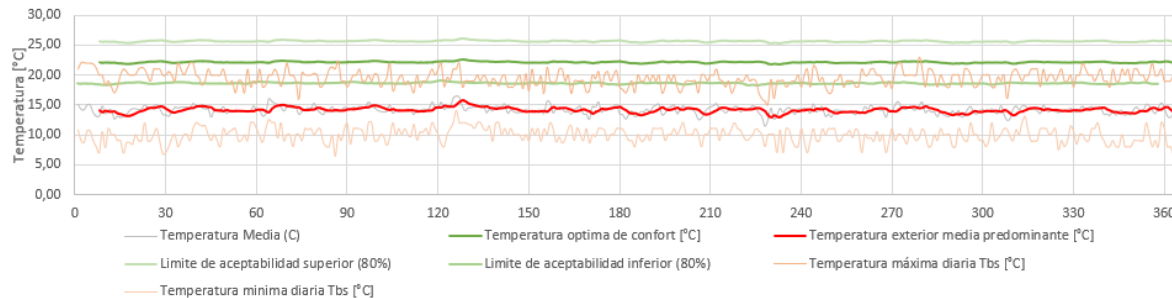


Figura 70. Temperaturas máxima y mínima Vs Límites de aceptabilidad (80%) ASHRAE 55 para la ciudad de Bogotá.

A partir de la Figura 70 se puede observar que la temperatura exterior media mensual predominante para Bogotá cae por debajo del rango adaptativo en la mayoría de los meses.

- La zona de confort adaptativo (80%) está claramente por encima de las temperaturas medias.
- Se observan temperaturas extremas bajas y de diseño que se alejan significativamente del confort.

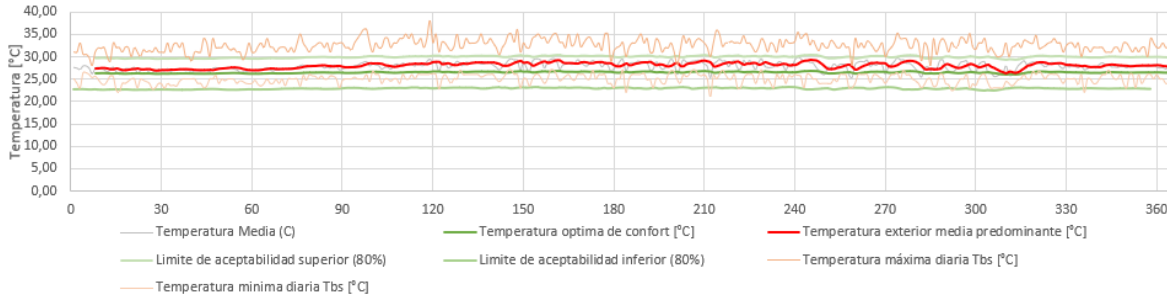


Figura 71. Temperaturas máxima y mínima Vs Limites de aceptabilidad (80%) ASHRAE 55 para la ciudad de Barranquilla.

De la figura 71, Barranquilla se observa que las temperaturas medias mensuales se mantienen consistentemente dentro del rango de confort adaptativo. La zona de confort (ASHRAE 55, 80%) está prácticamente contenida dentro de los valores de:

- Temperatura promedio alta y media mensual.
- Las temperaturas extremas altas se acercan, pero rara vez superan el límite superior de confort.

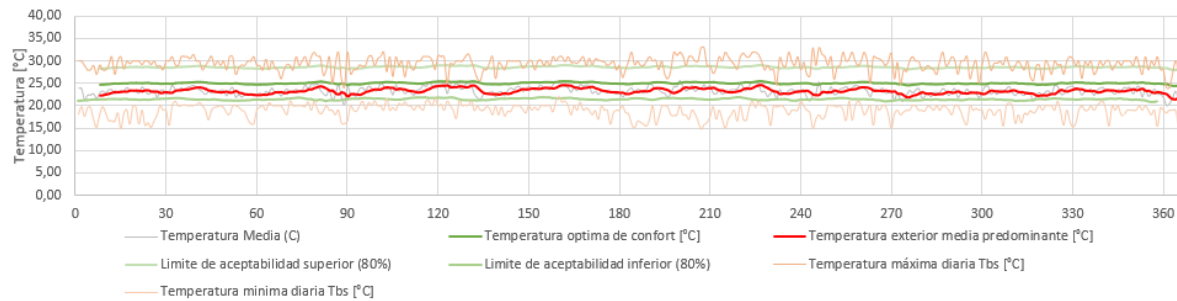


Figura 72. Temperaturas máxima y mínima Vs Limites de aceptabilidad (80%) ASHRAE 55 para la ciudad de Cali.

En la Figura 72 se observa un buen equilibrio entre la temperatura media exterior y la zona de confort adaptativo.

- La temperatura media se mantiene dentro o muy cerca del centro de la zona de confort.
- Pocas excepciones puntuales donde la temperatura extrema alta se acerca al límite superior.
- El confort adaptativo funciona eficientemente para la mayoría del año.
- En el caso de los edificios de vivienda, los sistemas de aire acondicionado pueden limitarse a picos específicos.

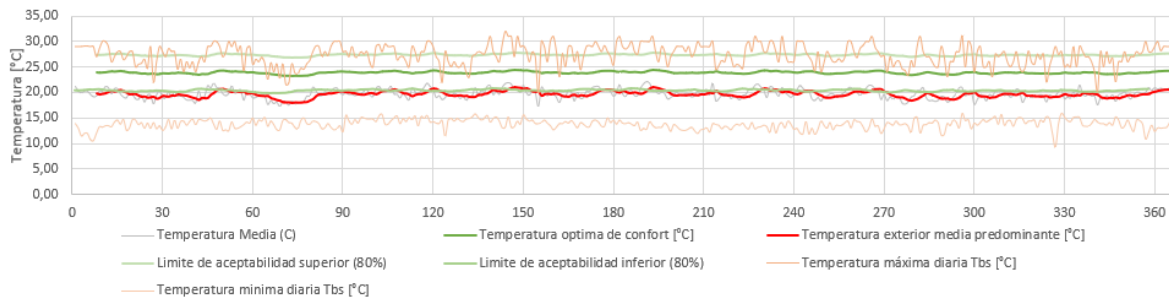


Figura 73. Temperaturas máxima y mínima Vs Límites de aceptabilidad (80%) ASHRAE 55 para la ciudad de Medellín.

El análisis para la ciudad de Medellín se presenta en la Tabla 73. En ésta se observa una moderada variabilidad mensual, sin extremos térmicos.

- La temperatura media mensual está muy cerca del centro de la zona de confort adaptativo.
- En la mayoría de los meses las temperaturas promedio alta y baja están dentro o muy cerca de los límites adaptativos. Adicionalmente, solo algunos valores extremos (especialmente en la madrugada) podrían salir del confort por frío.

6.5. Consideraciones finales

Si bien la teoría del Confort Térmico Adaptativo es útil para determinar el nivel de confort de una edificación ventilada naturalmente, como es el caso de las edificaciones de vivienda, la teoría del balance térmico se ajusta mejor a los edificios de oficina.

El porcentaje anual de potencial de aplicación de ventilación natural (PNV) como indicador de la viabilidad de aplicación del modelo de confort térmico adaptativo está definido por el número de horas al año en el que cada ciudad se encuentra dentro del rango de confort para un nivel de aceptabilidad del 80%, Tabla 50, indica que éste es aplicable para las cuatro ciudades objetivo en horas del día (7:00 am a 7:00 pm), sin embargo, no es aplicable para las ciudades de Bogotá y Medellín en horas de la noche (trabajo nocturno). En el caso de edificios de vivienda en los que se contempla el descanso nocturno el nivel mayor de arropamiento (clo) este es contemplado en el modelo, específicamente para el caso de Bogotá.

La ciudad de Bogotá se encuentra por debajo de los 20 °C la mayor parte del tiempo (95%), esta ciudad no cuenta con registros de temperatura que superen los 24 °C. La ciudad de Barranquilla, el 98% del tiempo se encuentra en el rango entre los 24 °C a 38 °C. Ninguna de las ciudades objetivo presenta temperaturas que superen los 38 °C ni temperaturas por debajo de los 0 °C. Las

ciudades de Medellín y Cali, al contar con un clima templado presentan temperaturas en los tres rangos principales, siendo la ciudad de Cali, figura 48, considerablemente más caliente que Medellín al estar el 51% del tiempo con temperaturas entre los 20 °C a 24°C, mientras que Medellín, figura 49, se encuentra la mayor parte del tiempo (57%) por debajo de los 20 °C.

En el caso de edificios de viviendas y oficinas se define el inicio de la calefacción y la refrigeración considerando los límites del confort adaptativo mostrados en la Tabla 44. Para calefacción el límite inferior y para refrigeración el óptimo proveniente de la teoría de confort adaptativo para cada ciudad.

7. Referencias

- [1] "DANE - Censo de Edificaciones." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones>
- [2] "Optimize HVAC Systems with Carrier HAP Software | Carrier." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/>
- [3] S. Romero, Edwar, Osorio, *Curva de demanda de Energía Eléctrica en el sector residencial estrato tres de Bogotá D.C mediante caracterización por Redes Neuronales Artificiales*. 2021.
- [4] K. Hernández and S. Carrillo, "ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA PARA USUARIOS RESIDENCIALES ESTRATO 4 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ ANTE DIFERENTES ESCENARIOS DE LOS HÁBITOS," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [5] M. A. Arroyo, "Análisis de la información y caracterización del consumo de energía eléctrica de los estratos 1 y 2 caso EMCALI, como base para la implantación de programas de respuesta de la demanda," Universidad de los Andes, 2016.
- [6] M. C. Estrada, D. Medrano, and V. Quintero, "ANÁLISIS DEL PERFIL DE CARGA ELÉCTRICA POR ESTRATO EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA," Universidad del Norte, 2018.
- [7] Universidad Industrial de Santander, *Lineamientos técnicos para el sistema de etiquetado energético de edificaciones en Colombia*. 2021. doi: 10.2307/j.ctv224tnv6.11.
- [8] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, "| Portal SUI | Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://sui.superservicios.gov.co/>
- [9] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, "Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios." Accessed: Aug. 06, 2022. [Online]. Available: <https://sui.superservicios.gov.co/>
- [10] R. and A.-C. E.-A. American Society of Heating, "Standard 90.1 | ashrae.org." Accessed: Nov. 12, 2016. [Online]. Available: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-90-1>
- [11] RAE, "confort | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/confort>
- [12] International Organization for Standardization, "ISO 7730:2005(en), Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7730:ed-3:v1:en>
- [13] ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), "Standard 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- [14] The Society of Building Science Educators, "Climate Consultant." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>
- [15] Seis Cubos, "Estándar EN 15251." Accessed: Apr. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/estandar-en-15251>
- [16] ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), *Fundamentals*, 2017

ANEXO A – DESCRIPCIÓN DE REUNIONES Y TALLERES

A.1. Socialización proyecto de etiquetado energético para edificaciones

Socialización Proyecto de Etiquetado Energético para Edificaciones	
Fecha	Reunión principal: 14 de noviembre de 2024 Reuniones individuales complementarias: 18, 19, 21 y 22 de noviembre de 2024
Objetivo	Socializar el proyecto de creación de un sistema de etiquetado energético para edificaciones, en colaboración con UPME y CEELA. Se buscó presentar el proyecto, su propósito, y solicitar el apoyo de actores clave del sector construcción y energía.
Descripción de la reunión	Esta fue la primera reunión formal del proyecto. Se trató de una socialización inicial donde se presentó el propósito general del trabajo, el rol de las entidades involucradas (cooperación CEELA, UPME, Ministerio de Vivienda), y se explicó en qué consistía la consultoría para establecer la línea base de desempeño energético en edificaciones en Colombia. También se explicó cómo podían participar las empresas constructoras, qué tipo de información se requería y por qué su colaboración era clave. Posteriormente, se realizaron sesiones individuales con las empresas que no pudieron asistir el día de la reunión grupal, manteniendo el mismo contenido y objetivo.
Participantes	<p>14 de noviembre de 2024 (Reunión principal):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Silvia Nova (Ventanar) • Antonio Bello (SSA) • Ramiro Alberto y Roger Mira (EMCALI) • Laura Dorado (INACAR) • Massimiliano Masciullo (Ventanar) • Melisa Ocampo (Jaramillo Mora) • Diego Marín (Amarilo) <p>18 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GRUPO kOI: Jherson Bohorquez <p>19 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARPRO: Alejandra Camacho <p>21 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marval: Carolina Latorre Vela <p>22 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SYMA: Catherine Muñoz y Cristian Ballesteros
Instrumentos utilizados	Lista de asistencia digital (formulario de Google Forms), presentación del proyecto.
Enlace al formulario	Formulario de asistencia - Google Forms
Video de las Reuniones	https://drive.google.com/drive/folders/1M7S1ynz2YxQxYBQtFSWvYcz_ib3fKDGR?usp=drive_link

A2. Socialización Proyecto de Etiquetado Energético para Edificaciones

Socialización Proyecto de Etiquetado Energético para Edificaciones	
Fecha	Reunión principal: 14 de noviembre de 2024 Reuniones individuales complementarias: 18, 19, 21 y 22 de noviembre de 2024
Objetivo	Socializar el proyecto de creación de un sistema de etiquetado energético para edificaciones, en colaboración con UPME y CEELA. Se buscó presentar el proyecto, su propósito, y solicitar el apoyo de actores clave del sector construcción y energía.
Descripción de la reunión	Esta fue la primera reunión formal del proyecto. Se trató de una socialización inicial donde se presentó el propósito general del trabajo, el rol de las entidades involucradas (cooperación CEELA, UPME, Ministerio de Vivienda), y se explicó en qué consistía la consultoría para establecer la línea base de desempeño energético en edificaciones en Colombia. También se explicó cómo podían participar las empresas constructoras, qué tipo de información se requería y por qué su colaboración era clave. Posteriormente, se realizaron sesiones individuales con las empresas que no pudieron asistir el día de la reunión grupal, manteniendo el mismo contenido y objetivo.
Participantes	<p>14 de noviembre de 2024 (Reunión principal):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Silvia Nova (ventanar) • Antonio Bello (SSA) • Ramiro Alberto y Roger Mira (EMCALI) • Laura Dorado (INACAR) • Massimiliano Masciullo (ventanar) • Melisa Ocampo (Jaramillo Mora) • Diego Marín (Amarilo) <p>18 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GRUPO kOI: Jherson Bohorquez <p>19 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARPRO: Alejandra Camacho <p>21 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marval: Carolina Latorre Vela <p>22 de noviembre de 2024:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SYMA: Catherine Muñoz y Cristian Ballesteros
Instrumentos utilizados	Lista de asistencia digital (formulario de Google Forms), presentación del proyecto.
Enlace al formulario	Formulario de asistencia - Google Forms
Video de las Reuniones	https://drive.google.com/drive/folders/1M7S1ynz2YxQxYBQtFSWvYcz_ib3fKDGR?usp=drive_link

A3. Taller Edificio Representativo

Taller Edificio Representativo	
Fecha	28 de noviembre de 2024
Objetivo	Validar, junto con empresas constructoras de referencia, las características constructivas prevalentes por tipología edificatoria y ciudad, con el fin de identificar un edificio tipo que represente cada segmento en el marco del establecimiento de la línea base de desempeño energético de edificaciones en Colombia.
Descripción de la reunión	Este taller se desarrolló como un grupo focal con constructoras clave que representaban distintas ciudades (Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla). En el marco de la consultoría financiada por la Cooperación Suiza y coordinada por la UPME y el Ministerio de Vivienda, se busca establecer la línea base de la resolución 0549 en cuanto al desempeño energético. Durante la sesión, las empresas participantes completaron formularios por cada tipología constructiva, seleccionando las características más comunes en sus proyectos. Posteriormente, se presentaron los resultados de cada formulario en tiempo real y se discutieron colectivamente para definir el edificio representativo por tipología.
Participantes	<ul style="list-style-type: none"> • ARPRO • SIMA • Jaramillo Mora • Capital • Inacar SA
Instrumentos utilizados	Formularios digitales (Google Forms), uno por cada tipología constructiva y HVAC.
Enlace al formulario	<p>UNIFAMILIAR VIS: https://docs.google.com/forms/d/1HmVyoyV6w3m3azT_p1JG6R6OVdM_sOQ2sj9HUHnxsVY/edit</p> <p>UNIFAMILIAR NO VIS: https://docs.google.com/forms/d/1UeoybpUPJ5vZCesFt-GcNvxqnWmocXFUItRY_CDS_tk/edit</p> <p>MULTIFAMILIAR VIS: https://docs.google.com/forms/d/1hcAxwSBm2vYRsZhSd7uENI5yjaRDyls-tVZuqJyuN2U/edit</p> <p>MULTIFAMILIAR NO VIS: https://docs.google.com/forms/d/1CYjFgbSsRnv39kB7mFqrra5e2pVjIMf3z7sGBMUKUFI/edit</p> <p>OFICINAS: https://docs.google.com/forms/d/1D46hamB69B42oC340rHQzYrAL1goO4c_LFTdCbFscvc/edit</p>
Video de la Reunión	https://drive.google.com/drive/folders/1Jz6FFztChbKCgC4_FPHFmzEVeQGR_7X?usp=drive_link

A4. Taller de validación de características constructivas – Modelado energético

Taller de validación de características constructivas – Modelado energético	
Fecha	9 y 10 de abril de 2025
Objetivo	Validar las características constructivas y de materialidad identificadas a partir del análisis de los planos y el modelado energético de los proyectos postulados por las empresas, con el fin de asegurar que la información sea verídica y representativa de las prácticas constructivas actuales en cada ciudad.
Descripción de la reunión	Una vez consolidada la información de los edificios representativos por segmento y tipología, el equipo consultor solicitó a las empresas participantes el envío de proyectos reales. Con los planos recibidos, se realizó un modelado energético para determinar la línea base. Durante este proceso, se identificaron patrones comunes en los sistemas constructivos y materiales. Para confirmar esta información, se realizaron talleres de validación con constructoras seleccionadas, en donde se presentaban las características por ciudad y tipología, y los participantes validaban o corregían esa información según su experiencia. Estas sesiones permitieron depurar los datos antes de continuar con el modelado final.
Participantes	9 de abril de 2025: <ul style="list-style-type: none"> • SYMA: Catherine Muñoz • Marval: Carolina Latorre 10 de abril de 2025: <ul style="list-style-type: none"> • CONALTURA • INACAR
Instrumentos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de resultados • Documento de características constructivas por tipología y ciudad • Discusión guiada tipo grupo focal
Video de las Reuniones	https://drive.google.com/drive/folders/1nBzrIX74HPezgfDbLaIR_k6aoeW2bf8K?usp=drive_link

ANEXO B - EDIFICACIONES CONSIDERADAS EN LA MUESTRA

Tabla B.1. Edificaciones postuladas localizadas en la ciudad de Bogotá.

Tipología	Nombre	Constructora
Multifamiliar VIS	Urbino 2018	Inacar
	San Sebastiano	Inacar
	Abadía San Rafael	Marval
	Alcaparro	Marval
	Bosques San Rafael	Marval
	Cádiz	Marval
	Fresno	Marval
	Gallet	Marval
	Ciudad La Salle	
	Lilo	Marval
	Loira Ciudad La Salle	Marval
	Lyon 2 Ciudad La Salle	Marval
	Lyon Ciudad La Salle	Marval
	Macadamia	Marval
	San Lucas la quinta	Marval
Vizcaya castilla	Marval	
Multifamiliar NO VIS	Trento	Marval
	Izola Zentral	Marval
	Mazzini	Conaltura
	Aragón	Marval
	Baviera	Marval
	Burgos Castilla	Marval
	Castellón De Los Condes	Marval
	La Almería Alsacia	Marval
	La Ribera Alsacia	Marval
	La Rioja Alsacia	Marval
	La Terra Alsacia	Marval
	Paseo De Sevilla	Marval
	Málaga Castilla	Marval
	Provenza Prestige	Marval
Zajarí - Zentral	Marval	
Vivienda Unifamiliar VIS	Villa Italia	Inacar
Vivienda Unifamiliar No VIS	Andria	Inacar
Oficinas	E94	Inacar
	I94	Inacar

Tabla B.2. Edificaciones postuladas localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Nombre	Constructora
Unifamiliar VIS	Portocastello	Inacar
Multifamiliar VIS	Bávaro	Conaltura
	Del Parque Tayrona Aptos	Marval
	Ciudad Del Parque Los Katios	Marval
	Ciudad Del Parque	Marval
	Ciudad Del Parque Bari	Marval

	Ciudad Del Parque Cocuy	Marval
	Ciudad Del Parque Nukak	Marval
	Ciudad Del Parque Salamanca	Marval
	Firenze	Marval
	Los Manantiales Tulipán	Marval
	Palmanova	Marval
	Puerta Dorada Arrecife	Marval
	Puerta Dorada El Lago	Marval
Multifamiliar No VIS	Bolonia	Marval
	Dimaro	Marval
	Génova	Marval
	Plazuela	Marval
	Napoli	Marval
	Puerta Dorada De La Bahía	Marval
	Riverside	Marval

Tabla B.3. Edificaciones postuladas localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Nombre	Constructora
MULTIFAMILIAR VIS	Murano	Inacar
	Lazio	Inacar
	Belaterra Praia	Marval
	Tribeca	Marval
MULTIFAMILIAR NO VIS	Natura (Palmira)	Inacar
	Mulino (Palmira)	Inacar
	Tirreno 2020	Inacar
	Ankara	Marval
	Belaterra Aquaris	Marval
	Belaterra Areia	Marval
	Belaterra Ventus	Marval
	Fiorino	Marval
	Masari	Marval
	Moretti	Marval
	Saona	Marval
	Baikal	Marval

Tabla B.4. Edificaciones postuladas localizadas en la ciudad de Barranquilla.

Tipología	Nombre	Constructora
MULTIFAMILIAR VIS	Amazonika	Conaltura
	Valparaio	Sima
	Pueblo Rico	Sima
MULTIFAMILIAR NO VIS	Foresta	Conaltura

ANEXO C – ESPECIFICACIÓN DE LA MATERIALIDAD COMÚN DE CADA TIPOLOGÍA EN CADA CLIMA

C.1. MATERIALIDAD COMÚN PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ (CLIMA FRÍO).

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR VIS

MATERIAL	ESPESOR [m]
Ladrillo de arcilla a la vista	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Mampostería estructural de arcilla.

MATERIAL	ESPESOR [m]
Estuco plástico	0,003
Friso	0,015
Ladrillo estructural	0,1
Friso	0,015
Estuco no plástico	0,003

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR VIS

Industrializado con pantalla de concreto

MATERIAL	ESPESOR [m]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15

Ladrillo para los muros no estructurales de la fachada.

MATERIAL	ESPESOR [m]
Ladrillo a la vista	0,12
Estuco al interior	0,005

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (ESTRATO 3)

Industrializado con pantalla de concreto.

MATERIAL	ESPESOR [m]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15
Estuco no plástico	0,005

Ladrillo para los muros no estructurales de la fachada.

MATERIAL	ESPESOR [m]
Ladrillo a la vista	0,12

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR VIS
Fibrocimiento.

Material	Espesor [cm]
Teja de fibrocemento	0,6

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR NO VIS
Cubierta en teja de arcilla.

Material	Espesor [m]
Teja de arcilla plana	0,01
Pañete	0,03
Tela asfáltica	0,002
Madera	0,012

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR VIS
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (3 y 4)

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

C.2. MATERIALIDAD COMÚN PARA LA CIUDAD DE BARRANQUILLA (CLIMA CÁLIDO - HUMEDO).

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR VIS

Mampostería estructural de concreto

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,003
Bloque de cemento estructural	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Mampostería estructural de arcilla.

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,003
Friso	0,015
Ladrillo estructural	0,1

Friso	0,015
Estuco no plástico	0,003

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR VIS

Industrializado con pantalla de concreto.

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15

Ladrillo en fachada

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,003
friso	0,01
Ladrillo no estructural	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (Estrato 3)

Industrializado con pantalla de concreto.

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15

Ladrillo en fachada.

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,003
Friso	0,015
Ladrillo estructural	0,12
Friso	0,015
Estuco no plástico	0,003

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR VIS

Fibrocemento.

Material	Espesor [cm]
Teja en PVC	0,6

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Cubierta tipo Sándwich revestida en aluminio.

Material	Espesor [m]
Cubierta tipo Sándwich revestida en aluminio	0,04

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR VIS
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR NO VIS
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

C.3. MATERIALIDAD COMÚN PARA LA CIUDAD DE CALI (CLIMA CÁLIDO - SECO).

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR VIS
Mampostería estructural de concreto.

Material	Espesor [m]
Estuco plástico	0,003
Bloque de cemento estructural	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Mampostería estructural de arcilla.

Material	Espesor [m]
Estuco plástico	0,003
Friso	0,015
Ladrillo estructural	0,1
Friso	0,015
Estuco no plástico	0,003

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR VIS

Industrializado con pantalla de concreto.

Material	Espesor [m]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15

Ladrillo en fachada.

Material	Espesor [m]
Ladrillo a la vista	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (Estrato 3 y 4)
Industrializado con pantalla de concreto.

Material	Espesor [m]
Estuco plástico	0,005
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15

Ladrillo en fachada.

Material	Espesor [m]
Ladrillo a la vista	0,12

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR VIS
Fibrocemento.

Material	Espesor [m]
Teja de fibrocemento	0,6

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR NO VIS
Teja de arcilla.

Material	Espesor [m]
Teja de arcilla plana	0,01
Pañete	0,03
Tela asfáltica	0,002
Madera	0,012

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR VIS
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (Estrato 3 y 4)
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto aislante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

C.4. MATERIALIDAD COMÚN PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN (CLIMA TEMPLADO).

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR VIS
Mampostería estructural de concreto.

Material	Espesor [cm]
----------	--------------

Bloque de concreto a la vista	0,12
-------------------------------	------

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Mampostería estructural de concreto.

Material	Espesor [cm]
Estuco plástico	0,003
Friso	0,02
Bloque de cemento estructural	0,12
Friso	0,02
Estuco no plástico	0,003

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR VIS

Mampostería estructural de concreto.

Material	Espesor [cm]
Pintura	0,001
Estuco plástico	0,003
Bloque de cemento estructural	0,12

MATERIALES DE MUROS EXTERIORES PARA MULTIFAMILIAR NO VIS

Industrializado con pantalla de concreto.

Material	Espesor [cm]
Pintura	0,001
Estuco plástico	0,005
Friso	0,02
Concreto reforzado (Pantalla)	0,15
Friso	0,02
Estuco no plástico	0,005
Pintura	0,001

Mampostería estructural de arcilla.

Material	Espesor [cm]
Ladrillo a la vista	0,12
Friso	0,1
Estuco no plástico	0,005

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR VIS

Cubierta de fibrocemento.

Material	Espesor [cm]
Teja de fibrocemento	0,6

MATERIALES DE CUBIERTA PARA UNIFAMILIAR NO VIS

Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR VIS
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

MATERIALES DE CUBIERTA PARA MULTIFAMILIAR NO VIS (Estrato 3 y 4)
Cubierta en concreto vaciado en obra con impermeabilización.

Material	Espesor [m]
Manto impermeabilizante	0,005
Mortero de nivelación	0,05
Placa maciza de concreto	0,10

ANEXO D – PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS VIDRIOS

Tabla D1. Características térmicas comunes en vidrios y ventanas para la ciudad de Barranquilla.

Tipo de edificación	Vidrio				Ventanas		
	Tipo	Transmisividad	Reflectividad	Absortividad	Tipo	Conductividad térmica del vidrio [W/(m ² ·K)]	Coefficiente de sombra
Unifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta	5,09	0,642
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta	5,09	0,727
Unifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta	5,09	0,650
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta	5,09	0,642
Multifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta	5,09	0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta	5,09	0,650

Oficinas	Vidrio claro Low-e 1/8" (3,18mm)	0,712	0,126	0,162	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas verticales 	5,09	0,318
----------	----------------------------------	-------	-------	-------	--	------	-------

Tabla D2. Características térmicas comunes en vidrios y ventanas para la ciudad de Cali.

Tipo de edificación	Vidrio				Ventanas		
	Tipo	Transmisividad	Reflectividad	Absortividad	Tipo	Conductividad térmica del vidrio [W/(m ² ·K)]	Coefficiente de sombra
Unifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta 	5,09	0,642
Unifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta 	5,09	0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta 	5,09	0,650
Multifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta 	5,09	0,642
Multifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico 	5,09	0,727

					▪ Cortinas - onda abierta		
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta	5,09	0,650
Oficinas	Vidrio claro Low- e 1/8" (3,18mm)	0,712	0,126	0,162	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas verticales	5,09	0,318

Tabla D3. Características térmicas comunes en vidrios y ventanas para la ciudad de Medellín.

Tipo de edificación	Vidrio				Ventanas		
	Tipo	Transmisividad	Reflectividad	Absortividad	Tipo	Conductividad térmica del vidrio [W/(m ² ·K)]	Coefficiente de sombra
Unifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta	5,09	0,642
Unifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta	5,09	0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta	5,09	0,650
Multifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico	5,09	0,642

						▪ Cortinas ligeras - onda abierta	
Multifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081		▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta	5,09 0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081		▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas - onda abierta	5,09 0,650
Oficinas	Vidrio claro Low-e 1/8" (3,18mm)	0,712	0,126	0,162		▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Persianas verticales	5,09 0,318

Tabla D4. Características térmicas comunes en vidrios y ventanas para la ciudad de Bogotá.

Tipo de edificación	Vidrio				Ventanas		
	Tipo	Transmisividad	Reflectividad	Absortividad	Tipo	Conductividad térmica del vidrio [W/(m ² ·K)]	Coefficiente de sombra
Unifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas ligeras - onda abierta	5,09	0,642
Unifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico ▪ Cortinas - onda abierta	5,09	0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de	5,09	0,650

					puente térmico		
					▪ Persianas - onda abierta		
Multifamiliar VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico	5,09	0,642
					▪ Cortinas ligeras - onda abierta		
Multifamiliar NO VIS	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico	5,09	0,727
	Vidrio claro 1/8" (3,18mm)	0,841	0,078	0,081	▪ Cortinas - onda abierta		
					▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico	5,09	0,650
					▪ Persianas - onda abierta		
Oficinas	Vidrio claro Low- e 1/8" (3,18mm)	0,712	0,126	0,162	▪ Ventanas de aluminio sin ruptura de puente térmico	5,09	0,318
					▪ Persianas verticales		

ANEXO E - CONSUMOS DE ENERGÍA PROMEDIO

Consumo energía promedio mensual Barranquilla

Promedio mensual de consumo de energía por estratos para la ciudad de Barranquilla
Consumos de energía promedio mensual por Estrato socioeconómico

Ciudad Barranquilla

Mes	Unifamiliar y Multifamiliar VIS		Unifamiliar y Multifamiliar NO VIS				Comercial
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Enero	212,10	204,86	231,92	310,80	371,53	679,09	1117,15
Febrero	215,53	189,60	213,77	279,15	347,39	600,25	1069,36
Marzo	196,74	193,83	220,61	286,00	351,48	614,05	1120,47
Abril	242,47	208,57	240,92	300,34	364,29	630,15	1177,23
Mayo	209,99	212,38	248,49	327,22	401,69	681,93	1168,14
Junio	264,70	217,66	260,20	347,09	431,42	749,06	1152,47
Julio	236,36	221,10	264,57	353,46	436,39	752,52	1205,96
Agosto	231,33	233,80	279,10	372,83	443,71	743,85	1623,60
Septiembre	225,71	231,33	283,17	387,31	473,68	797,84	1459,54
Octubre	225,79	227,95	279,70	364,37	447,33	767,64	1238,78
Noviembre	271,90	216,55	253,95	342,10	419,08	714,89	1204,57
Diciembre	214,39	216,30	269,48	339,17	407,08	743,59	1274,19

Consumo energía promedio mensual Bogotá

Promedio mensual de consumo de energía por estratos para la ciudad de Bogotá

Ciudad Bogotá

Mes	Unifamiliar y Multifamiliar VIS		Unifamiliar y Multifamiliar NO VIS				Comercial
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Enero	131,30	145,42	140,66	140,51	175,87	237,51	584,92
Febrero	118,29	130,95	129,02	131,47	164,35	225,22	543,63
Marzo	121,57	135,76	133,69	137,33	172,32	237,58	582,16
Abril	131,95	144,23	142,09	145,44	180,46	246,55	609,01
Mayo	123,04	138,39	135,68	138,90	173,00	236,30	570,55
Junio	123,97	138,58	135,52	138,78	174,24	239,53	588,46
Julio	128,40	141,08	138,43	141,83	176,53	239,16	593,55
Agosto	123,53	136,97	134,66	137,41	172,73	233,99	595,25
Septiembre	124,08	140,87	137,28	141,07	176,02	240,78	609,84
Octubre	127,53	141,31	139,47	141,99	177,57	242,96	623,58
Noviembre	128,21	141,49	139,25	142,75	180,90	250,12	626,96
Diciembre	126,75	143,64	140,11	144,53	180,71	252,92	617,64

(Fuente de información: plataforma SUI, elaboración: propia)

Consumo energía promedio mensual Medellín

Promedio mensual de consumo de energía por estratos para la ciudad de Medellín

Ciudad Medellín

Mes	Unifamiliar y Multifamiliar VIS		Unifamiliar y Multifamiliar NO VIS				Comercial
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Enero	108,86	123,49	138,07	159,13	179,78	261,66	815,41
Febrero	106,36	120,69	135,00	153,18	172,39	246,27	740,01
Marzo	108,74	122,20	136,79	158,91	181,08	263,62	809,60
Abril	108,18	121,69	135,83	156,66	177,75	258,02	812,84
Mayo	109,86	122,80	137,01	157,20	176,26	249,39	779,62
Junio	107,49	122,42	137,46	157,63	192,43	284,86	1024,58
Julio	109,12	123,13	138,28	155,86	176,84	258,35	805,22
Agosto	111,92	125,48	139,42	168,78	177,02	271,84	1207,71
Septiembre	109,71	123,58	139,30	154,77	183,92	287,96	1234,78
Octubre	110,60	124,37	140,32	152,91	180,40	283,83	1233,82
Noviembre	108,65	121,98	137,62	149,82	178,12	273,99	1220,80
Diciembre	109,97	122,87	136,72	156,29	176,02	255,86	805,46

(Fuente de información: plataforma SUI, elaboración: propia)

Consumo energía promedio mensual Cali

Promedio mensual de consumo de energía por estratos para la ciudad de Cali

Ciudad Cali

Mes	Unifamiliar y Multifamiliar VIS		Unifamiliar y Multifamiliar NO VIS				Comercial
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
Enero	137,10	148,11	185,92	143,30	184,23	318,33	762,50
Febrero	139,16	150,26	182,21	145,00	188,58	335,91	720,28
Marzo	138,73	150,86	188,93	149,10	194,58	337,38	789,66
Abril	132,56	145,86	200,24	142,09	182,98	319,53	776,31
Mayo	142,08	150,97	206,47	146,00	187,73	322,74	744,06
Junio	139,08	148,48	197,51	143,85	183,90	319,90	753,09
Julio	137,36	146,49	181,81	143,17	180,59	317,40	757,74
Agosto	138,04	148,08	186,64	152,82	226,82	324,25	768,09
Septiembre	135,74	149,44	185,99	146,51	214,98	327,06	764,85
Octubre	137,57	149,26	176,61	146,63	211,47	330,59	811,97
Noviembre	137,02	147,48	172,35	142,60	203,02	316,73	788,09
Diciembre	134,68	145,69	162,11	139,86	178,03	306,05	765,31

(Fuente de información: plataforma SUI, elaboración: propia)

ANEXO F – SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN TÍPICOS

Sistemas compuestos por redes de condensación y torres de enfriamiento

Sistemas compuestos por una red de condensación, torres de enfriamiento y equipos de aire acondicionado tipo paquete: En este caso las torres de enfriamiento y la red de tuberías de condensación normalmente son suministradas por el constructor de la edificación, junto con unidades de aire acondicionado tipo paquete adquiridos frecuentemente por el propietario de cada oficina y posteriormente conectados a la red de condensación. En este sistema el calor retirado por el equipo de aire acondicionado al interior de la oficina es llevado hacia el exterior a través de tuberías que conducen el agua que ha servido para condensar el refrigerante en el equipo a una torre de enfriamiento, normalmente ubicada en la terraza del edificio, la cual se encarga de disipar el calor hacia el medio ambiente, ver Figura B.1.

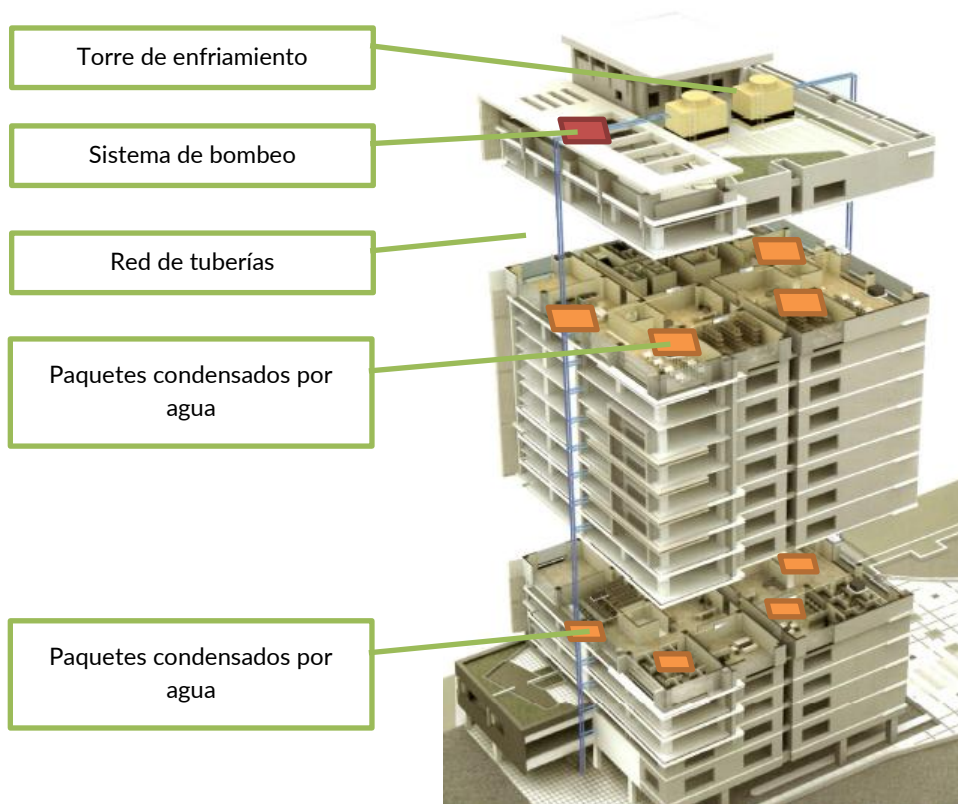


Figura B.1. Topología de un sistema de aire acondicionado compuesto por paquetes de condensación por agua y torres de enfriamiento.

Este sistema se encuentra con mucha frecuencia en los edificios de oficinas, principalmente, por que representa una menor inversión inicial para el constructor, dado que el costo de las unidades de aire acondicionado es asumido normalmente por los propietarios de las oficinas, permitiendo que las fachadas de la edificación permanezcan libres de equipos de aire acondicionado. Teóricamente los sistemas condensados por agua presentan eficiencias mayores que los sistemas condensados por aire, sin embargo, en la práctica, los equipos tipo paquete condensados por aire que se importan al país con frecuencia son equipos desarrollados hace ya algún tiempo, razón por la cual, las eficiencias reportadas por estos equipos son considerablemente bajas. La Figura B.2, muestra el aspecto físico de este tipo de equipos, los cuales normalmente se instalan ocultos en cielo rasos o pequeños cuartos de máquinas para los equipos de

configuración horizontal, mientras que la Figura B.3, muestra el diagrama típico de montaje de este tipo de unidades.



Figura B.2. Ejemplo de equipos de aire acondicionado tipo paquete de condensación por agua.

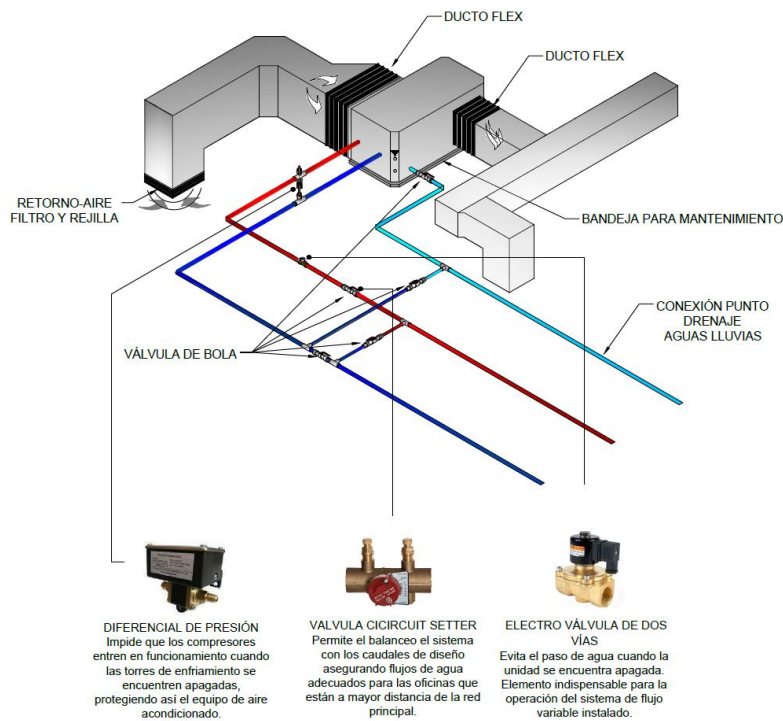


Figura B.3. Diagrama típico de montaje unidad tipo paquete (interior) de condensación por agua.

A la fecha de preparación de este informe, dentro del portafolio disponible para Colombia de los principales fabricantes, no se encuentran disponibles equipos tipo paquete de condensación por agua y compresores de velocidad variable (Inverter), que es una tecnología que está disponible hace mas de diez años para minisplits y equipos condensados por aire, lo cual puede servir de referencia frente a los equipos que se importan actualmente al país.

Sistemas de agua helada: chillers

Estos sistemas están compuestos principalmente por uno o varios enfriadores de agua, también conocidos como chillers, una red de tuberías, sistemas de bombeo y unidades manejadoras. Estos sistemas se caracterizan por tener una larga vida útil y según los equipos elegidos pueden tener muy altas eficiencias,

adicionalmente, los sistemas de agua helada son capaces de retirar grandes cantidades de calor, lo cual hace ideales para grandes superficies tales como edificios de oficinas, edificios comerciales, incluidos centros comerciales, universidades, clínicas, hospitales, etc. Existe un gran portafolio de equipos y fabricantes que permiten elegir a constructores e inversionistas entre diferentes niveles de calidad, eficiencia y características en general. Los sistemas tipo chiller pueden ser de condensación por aire, ver Figura B.4, o condensación por agua, en cuyo caso se requiere de una torre de enfriamiento, ver Figura B.5, lo cual aumenta la inversión inicial, pero permite conseguir mayores eficiencias para equipos equivalentes⁸.

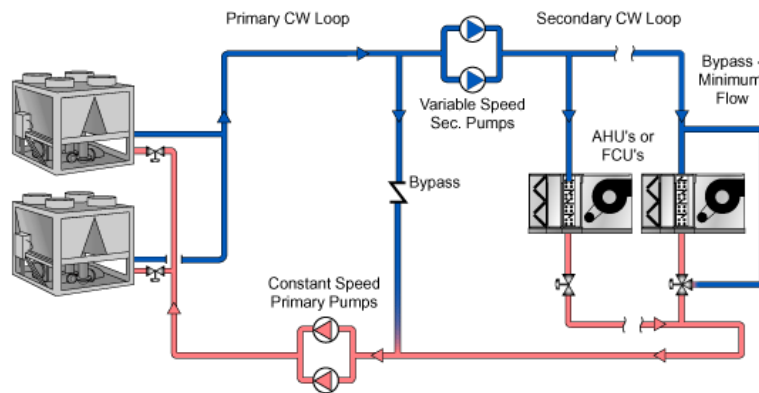


Figura B.4. Topología de un sistema de aire acondicionado con chillers de condensación por aire.

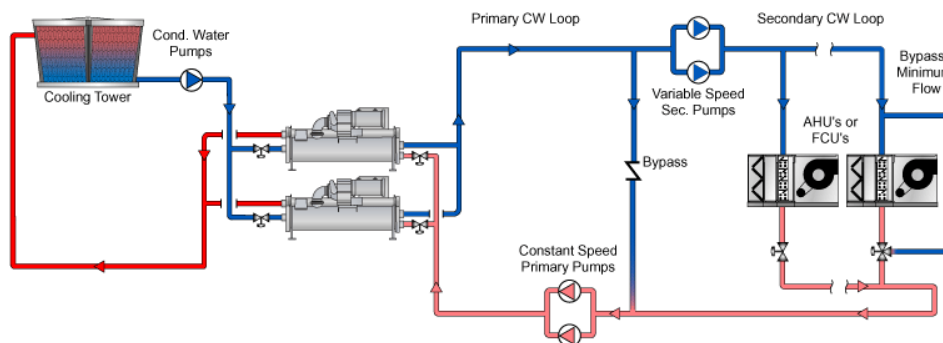


Figura B.5. Topología de un sistema de aire acondicionado con chillers de condensación por agua.

Sistemas de refrigerante variable

Se constituyen en una alternativa intermedia entre los sistemas “centrales” y los minisplits, combinando la capacidad de atender múltiples áreas con un solo sistema sin la necesidad de instalación de sistemas de bombeo adicionales permitiendo el intercambio de calor directo entre el refrigerante y la corriente de aire, lo que sumado a la posibilidad de ajustar la capacidad de enfriamiento a la carga térmica de la edificación gracias a compresores de velocidad variable (Inverter), se traduce en un bajo consumo total de energía. Como desventaja, por tratarse de sistemas de expansión directa, es necesario llevar el refrigerante a cada una de las unidades que atienden la edificación, esto implica el uso de mayores cantidades de gases refrigerantes frente a las demás alternativas disponibles, dado que las tuberías que recorren el edificio se encuentran cargadas de refrigerante. La capacidad máxima de este tipo de sistemas esta limitada a 60TR aproximadamente según el fabricante, obligando a instalar múltiples sistemas de este tipo cuando los

⁸ La eficiencia de los sistemas condensados por agua depende directamente de la humedad relativa de la ciudad de instalación, siendo poco aconsejables en ciudades costeras por su alta humedad.

requerimientos de carga son mayores, lo cual supone una limitante en el tamaño de las edificaciones que pueden ser atendidas.

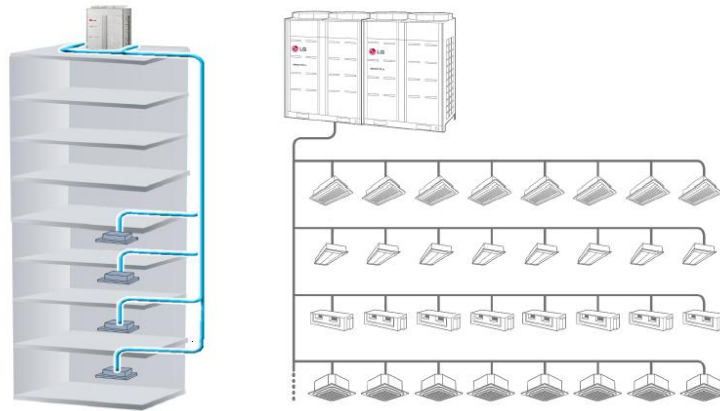


Figura B.6. Topología típica empleada en la instalación de los sistemas de refrigerante variable.

Sistemas tipo mini Split

Corresponde a la solución de menor costo. En el mercado se encuentran disponibles opciones de alta eficiencia, sin embargo, estos equipos están limitados por su capacidad a espacios pequeños, adicionalmente, las restricciones en cuanto a las longitudes de tubería que admiten estos equipos obligan a la instalación de las unidades condensadoras en las fachadas, lo cual afecta la estética de las edificaciones dificultando su uso extendido. Esta opción carece de algunas funciones de control requeridas en grandes edificios.



Figura B.7. Sistema tipo Mini Split.

Sistemas multi tubería

Corresponden a un sistema intermedio entre los sistemas de refrigerante variable y los mini-splits, permitiendo la conexión de varias unidades evaporadoras (interiores) a una sola unidad condensadora (exterior). Dado que las capacidades de estos sistemas son bastante limitadas, su uso está destinado solo a edificios y áreas pequeñas, ver Figura B.8.



Figura B.8. Topología de instalación de sistemas Multi tuberías

Sistemas Split

Estos sistemas son instalados de manera independiente para cada espacio que debe ser acondicionado, adicionalmente, es posible usar hasta un máximo de 25 metros de tubería para realizar la conexión entre la unidad interior (manejadora) y la unidad exterior (condensadora), lo cual limita su uso a edificaciones de pocos niveles. En general, son poco comunes en edificios de oficinas, particularmente por el tamaño de las unidades condensadoras y su dificultad de ocultarlas en los diferentes niveles de los edificios, ver Figura B.9.



Figura B.9. Instalación típica de un sistema de aire acondicionado tipo split.

Sistemas tipo paquete de condensación por aire

Estos sistemas presentan las mayores restricciones para su instalación, dado que de ellos sale directamente el ducto de suministro de aire y llega el de retorno. El tamaño de estos ductos es considerable y la distancia a la que se pueden llevar es bastante limitada, por la alta caída de presión en los ventiladores que se genera como consecuencia de un sistema de ductos extenso, por lo tanto, su uso en oficinas es viable solo cuando estos pueden instalarse a uno o dos niveles de distancia al área que será atendida. Se encuentran disponibles en capacidades hasta de 50 TR por lo que son usados con mayor frecuencia en auditorios o salas de reuniones, ver Ilustración 10.



Ilustración B.10. Ejemplo de equipos tipo paquete de condensación por aire.

ANEXO G - PRINCIPALES ELEMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA EN SISTEMAS HVAC

Con el fin de dar claridad a las diferencias entre las diferentes topologías disponibles para los sistemas de climatización, tanto para edificios de vivienda y oficinas se realiza un análisis de sus componentes principales. La Tabla C.1 presenta un resumen de las diferentes topologías disponibles para los edificios de oficinas.

Tabla C.1. Relación de elementos consumidores de energía para las diferentes topologías usadas comúnmente en oficinas.

EDIFICIOS DE OFICINAS	ELEMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA					
	C O M P R E S O R	VENTILADOR		SISTEMAS HIDRÓNICOS ⁹		TOR RE DE ENFR IAMI ENT O ¹⁰
		CO ND EN SA DO R	EV AP OR AD OR ¹¹	AG UA HE LA DA ¹²	AGUA DE COND ENSAC IÓN ¹³	
1. Redes de condensación, torres de enfriamiento y paquetes condensados por agua.	X ¹⁴		X ¹⁵		X	X
2.a. Agua helada condensado x aire	X ¹⁶	X ¹⁷	X	X		
2.b. Agua helada condensado x agua	X ¹⁸			X	X	X
3.a. Refrigerante Variable condensado x aire	X ¹⁹	X ²⁰	X ²¹			
3.b. Refrigerante Variable condensado x agua			X ²²		X	X
4. Minisplit ²³	X ²⁴	X ²⁵	X ²⁶			

⁹ Para determinar el consumo de energía de estos sistemas, es necesario sumar el consumo de todos sus componentes.

¹⁰ Existe una gran variedad de torres de enfriamiento disponibles en el mercado, sin embargo, en las instalaciones HVAC, son frecuentes las torres de tiro inducido y ventilador axial.

¹¹ Para los sistemas tipo paquete de cualquier tipo, fancoils y unidades manejadoras se montan ventiladores centrífugos, en el caso de los evaporadores tipo cassette de 1, 2 ó 4 vías o consolas de muro se instalan motores BLDC.

¹² Los sistemas de bombeo HVAC montan con mayor frecuencia bombas centrífugas verticales en línea con cabezas entre 50 y 160 ft wg a razón de 2.4 GPM/TR para los diseños tradicionales.

¹³ Los sistemas de bombeo HVAC montan con mayor frecuencia bombas centrífugas verticales en línea con cabezas entre 60 y 140 ft wg a razón de 3 GPM/TR para los diseños tradicionales.

¹⁴ Los paquetes de condensación por agua montan en su totalidad compresores scroll del tipo hermético

¹⁵ Para los sistemas tipo paquete la totalidad de fabricantes instalan en sus equipos ventiladores centrífugos.

¹⁶ Para este sistema está disponible todo el portafolio de compresores disponibles en el mercado, entre otros se encuentran los compresores scroll, tornillo, reciprocantes, centrífugos, etc.

¹⁷ Ventiladores axiales, frecuentemente de descarga vertical.

¹⁸ Para este sistema está disponible todo el portafolio de compresores disponibles en el mercado, entre otros se encuentran los compresores scroll, tornillo, reciprocantes, centrífugos, etc.

¹⁹ Normalmente del tipo Scroll Inverter

²⁰ Motores BLDC (sin escobillas de corriente directa)

²¹ Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

²² Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

²³ Para el cálculo de el consumo energético de este tipo de equipos no es necesario su desglose por componentes, en su lugar, se emplea la eficiencia reportada por el fabricante.

²⁴ Normalmente del tipo Scroll Inverter

²⁵ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

²⁶ Motor Brushless de corriente directa.

5. Multitubería	X ²⁷	X ²⁸	X ²⁹			
6. Splits	X ³⁰	X ³¹	X ³²			
7. Paquetes condensados por aire	X ³³	X ³⁴	X ³⁵			

De manera similar, la Tabla C.2, muestra el resumen para los edificios de vivienda.

Tabla C.2. Relación de elementos consumidores de energía para las diferentes topologías usadas comúnmente en edificios de vivienda.

EDIFICIOS DE VIVIENDA	ELEMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA		
	COMPRESOR	VENTILADOR	
SISTEMA			CONDENSADOR
4. Minisplit ³⁶	X ³⁷	X ³⁸	X ³⁹
5. Multitubería	X ⁴⁰	X ⁴¹	X ⁴²
3.a. Refrigerante Variable condensado x aire	X ⁴³	X ⁴⁴	X ⁴⁵
6. Splits	X	X	X ⁴⁶
7. Paquetes condensados por aire	X ⁴⁷	X ⁴⁸	X ⁴⁹

²⁷ Normalmente del tipo Scroll Inverter

²⁸ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

²⁹ Motor Brushless de corriente directa.

³⁰ Normalmente del tipo Scroll Inverter

³¹ Ventiladores axiales

³² Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

³³ Normalmente del tipo Scroll en algunos casos Inverter

³⁴ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

³⁵ Ventiladores centrífugos para permitir la instalación de ductos

³⁶ Para el cálculo de el consumo energético de este tipo de equipos no es necesario su desglose por componentes, en su lugar, se emplea la eficiencia reportada por el fabricante.

³⁷ Normalmente del tipo Scroll Inverter

³⁸ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

³⁹ Motor Brushless de corriente directa.

⁴⁰ Normalmente del tipo Scroll Inverter

⁴¹ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

⁴² Motor Brushless de corriente directa.

⁴³ Normalmente del tipo Scroll Inverter

⁴⁴ Motores BLDC (sin escobillas de corriente directa)

⁴⁵ Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

⁴⁶ Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

⁴⁷ Normalmente del tipo Scroll en algunos casos Inverter

⁴⁸ Ventiladores axiales, en algunas marcas se montan motores del tipo BLDC

⁴⁹ Motores BLDC con consumos para el caso de las unidades tipo cassette desde 43W para los equipos de 5, 7, 9, 12, 15, 18 y 21 KBTU/h. 30W para los equipos de 24, 28 y 30 KBTU/h. 135W en las capacidades 36, 42, 48 y 54 KBTU/h

ANEXO H - CONDICIONES AMBIENTALES ASHRAE PARA LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

2021 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)



BARRANQUILLA, COLOMBIA (WMO: 800280)

Lat: **10.890N** Long: **74.781W** Elev: **30** StdP: **100.97** Time zone: **-5.00 (W05)** Period: **94-19** WBAN: **99999**

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions															
Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
	99.6%	99%	99.6%		99%		99%		0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	DP	HR	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB			MCWS
1	22.8	23.1	19.9	14.6	26.4	20.5	15.2	26.5	13.0	27.0	11.5	26.8	1.9	180	0.438


Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions															
Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
6	7.2	34.5	27.4	33.9	27.3	33.1	27.1	28.7	32.0	28.3	31.5	27.9	31.1	3.5	40

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
28.1	24.3	30.2	27.5	23.5	29.8	27.1	23.0	29.6	93.4	32.4	91.5	31.7	89.9	31.0	32.0

Extreme Annual Design Conditions															
Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
1%	2.5%	5%	Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
10.5	9.4	8.4	20.7	36.8	1.3	1.0	19.8	37.5	19.0	38.1	18.3	38.6	17.3	39.4	
			19.5	29.7	1.3	0.8	18.6	30.2	17.9	30.7	17.2	31.1	16.2	31.7	

ANEXO I - CONDICIONES AMBIENTALES ASHRAE PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

2021 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

 **BOGOTA, COLOMBIA (WMO: 802220)**

Lat:4.702N Long:74.147W Elev:2548 StdP: 74.23 Time zone:-5.00 (W05) Period:94-19 WBAN:99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB			
1	3.9	5.2	2.0	6.0	9.2	3.8	6.8	10.0	8.3	18.6	7.6	18.7	0.9	350	0.484

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
5	8.9	21.5	13.1	20.9	13.1	20.1	13.0	15.2	18.7	14.8	18.3	14.5	18.0	4.5	120


Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB							Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%			
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB		
14.1	13.8	16.5	13.7	13.5	16.2	13.1	12.9	15.8	53.0	18.9	51.5	18.4	50.4	18.0	23.9	

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
			Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
7.7	6.8	6.1	DB	1.0	23.8	2.1	1.7	-0.6	25.0	-1.8	26.0	-3.0	27.0	-4.5	28.3
			WB	0.9	17.9	2.1	2.5	-0.6	19.7	-1.8	21.2	-3.0	22.6	-4.5	24.4

ANEXO J - CONDICIONES AMBIENTALES ASHRAE PARA LA CIUDAD DE CALI.

2021 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

 CALI, COLOMBIA (WMO: 802590)

Lat:3.543N Long:76.382W Elev:964 StdP: 90.27 Time zone:-5.00 (W05) Period:94-19 WBAN:99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD			
11	17.7	18.0	15.2	12.1	25.9	16.0	12.8	24.8	7.4	26.6	6.6	26.7	0.7	80	0.255

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
8	11.6	32.8	22.2	32.0	22.1	31.1	22.0	23.5	29.7	23.0	29.4	22.7	29.1	3.2	320

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
21.9	18.7	25.9	21.2	17.9	25.0	21.0	17.7	24.7	75.5	30.0	73.8	29.7	72.6	29.4	27.8

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
			Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
6.7	6.0	5.3	DB	14.7	34.3	2.1	1.2	13.1	35.2	11.9	35.8	10.7	36.5	9.2	37.3
			WB	14.0	25.7	1.8	1.1	12.7	26.5	11.7	27.2	10.7	27.8	9.4	28.6

ANEXO K - CONDICIONES AMBIENTALES ASHRAE PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN (AEROPUERTO DE RIONEGRO).

2021 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)



RIONEGRO, COLOMBIA (WMO: 801120)

Lat:6.165N Long:75.423W Elev:2142 StdP: 78.10 Time zone:-5.00 (W05) Period:94-19 WBAN:99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD			
11	10.2	11.1	8.0	8.6	20.1	8.9	9.2	19.3	6.8	20.2	6.1	21.0	0.2	240	0.367

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
5	8.5	24.0	15.8	23.2	15.6	23.0	15.6	17.5	21.2	17.1	20.9	16.8	20.5	5.1	90

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
16.2	15.1	18.0	16.1	14.9	17.8	15.9	14.7	17.6	58.8	21.3	57.1	20.8	56.0	20.4	25.1

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature							
			Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
7.1	6.0	5.3	7.7	26.6	2.0	1.8	6.2	28.0	5.0	29.0	3.9	30.1	2.4	31.4
			7.7	19.9	1.0	2.0	6.9	21.4	6.3	22.6	5.7	23.7	5.0	25.2

Información ASHRAE no disponible para el aeropuerto Olaya Herrera.

ANEXO L - PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE HORAS GRADO DE ENFRIAMIENTO (CDH) Y CALEFACCIÓN (HDH).

```
import pandas as pd
from pyepw.epw import EPW

def calculate_degree_hours(epw_file, base_cooling=24, base_heating=20):
    """
    Calcula las horas grado de enfriamiento (CDH) y calefacción (HDH) a
    partir de un archivo .epw.

    :param epw_file: Ruta al archivo .epw.
    :param base_cooling: Temperatura base para el enfriamiento (°C).
    :param base_heating: Temperatura base para la calefacción (°C).
    :return: Totales de CDH y HDH.
    """
    # Leer archivo EPW
    epw = EPW()
    with open(epw_file, 'r', encoding='utf-8') as file:
        epw.read(file)

    # Extraer datos horarios de temperatura exterior
    weather_data = epw.weatherdata
    temperatures = [hour.dry_bulb_temperature for hour in weather_data]

    # Crear DataFrame con los datos de temperatura
    df = pd.DataFrame({
        'Hour': range(1, len(temperatures) + 1),
        'Temperature': temperatures
    })

    # Calcular diferencias de temperatura para enfriamiento y calefacción
    df['Cooling_Degree_Hours'] = df['Temperature'].apply(
        lambda temp: max(0, temp - base_cooling)
    )
    df['Heating_Degree_Hours'] = df['Temperature'].apply(
        lambda temp: max(0, base_heating - temp)
    )

    # Sumar los totales
    total_cdh = df['Cooling_Degree_Hours'].sum()
    total_hdh = df['Heating_Degree_Hours'].sum()

    return total_cdh, total_hdh

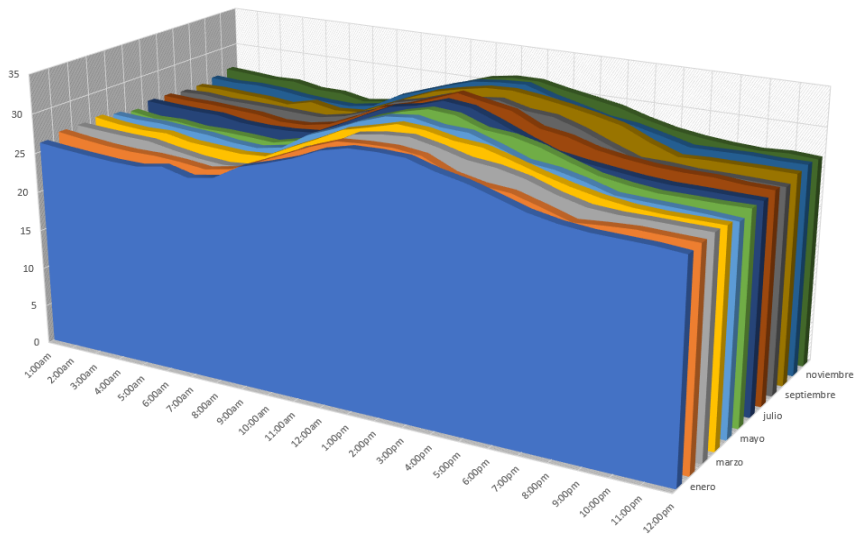
# Ejemplo de uso
if __name__ == "__main__":
```

```
epw_file_path = "ruta/al/archivo.epw" # Cambia esto por la ruta a tu
archivo .epw
base_cooling = 24 # Temperatura base para enfriamiento
base_heating = 20 # Temperatura base para calefacción

try:
    cdh, hdh = calculate_degree_hours(epw_file_path, base_cooling,
base_heating)
    print(f"Total Cooling Degree Hours (CDH): {cdh:.2f} °C·h")
    print(f"Total Heating Degree Hours (HDH): {hdh:.2f} °C·h")
except Exception as e:
    print(f"Error al procesar el archivo: {e}")
```

ANEXO M - PERFILES HORARIOS MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA LA CIUDAD DE BARRANQUILLA.

Mes →	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
↓ Hora												
1:00am	26,13	26,64	26,63	26,82	26,37	25,92	26,45	26,36	26,09	26,07	26,45	26,9
2:00am	25,83	26,25	26,42	26,4	26,18	25,48	26,25	26,21	26,18	26,14	26,25	26,7
3:00am	25,58	25,91	26,26	26,19	26,19	25,55	26,12	26,18	25,91	25,94	26,36	26,44
4:00am	25,38	25,73	26,17	26,28	25,91	25,19	26,09	26	25,91	25,83	26,16	26,53
5:00am	25,33	25,74	25,58	25,65	25,71	25,23	25,59	25,84	25,83	25,5	25,76	25,94
6:00am	25,9	25,54	25,08	25,46	25,28	25,1	25,46	25,37	25,72	26,31	25,53	25,9
7:00am	25,09	25,17	24,81	25,28	25,1	24,92	25,54	25,46	25,63	25,72	25,44	25,27
8:00am	25,65	25,78	25,08	25,52	25,72	25,73	25,84	26,09	26,28	25,98	26,01	25,76
9:00am	27,55	27,18	26,63	27,18	27,81	27,09	27,4	27,54	27,45	27,4	27,81	26,99
10:00am	28,55	28,64	28,45	28,73	29,09	28,82	29,12	29,25	29,09	28,86	28,99	28,44
11:00am	29,67	30,13	29,45	30,42	30,58	30,28	30,71	30,14	29,89	30,18	30,16	29,66
12:00am	31,17	31,35	31,28	31,26	31,71	31,44	31,37	31,34	31	30,97	31,17	30,8
1:00pm	31,99	31,6	31,83	32,17	32,08	32,26	32,47	32,61	31	31,63	31,55	31,35
2:00pm	32,11	31,68	32,06	31,96	31,45	32,02	32,11	31,96	31,39	31,77	31,74	31,36
3:00pm	31,99	31,27	31,37	31,26	31,31	30,81	30,85	31,36	30,55	31,36	30,65	30,67
4:00pm	30,99	29,74	30,46	30,99	30,18	30,52	29,42	29,74	30,29	30,8	29,82	30,09
5:00pm	30,29	29,01	30,11	30,03	28,91	29,72	28,13	29,2	29,23	30,15	28,94	29,46
6:00pm	29,26	28,73	29,35	28,99	28,54	28,54	27,59	28,19	27,83	29,37	28,54	28,45
7:00pm	28,17	27,72	28,17	28,09	27,73	27,45	27,18	27,63	26,58	27,81	27,72	27,63
8:00pm	27,52	26,63	27,31	27,37	26,72	26,9	26,78	27,25	26,52	26,56	26,85	27,13
9:00pm	27,17	26,9	27,08	26,91	26,57	26,55	26,56	27,09	26,28	26,72	26,91	26,81
10:00pm	27,08	27,08	27,08	26,74	26,46	26,55	26,55	27,08	26,28	26,72	26,99	26,63
11:00pm	27	26,98	27,02	26,74	26,33	26,52	26,49	26,79	26,2	26,75	26,87	26,84
12:00pm	26,72	26,88	26,99	26,73	26,1	26,59	26,45	26,72	26,12	26,72	26,9	26,63
Temp media día >	28,01	27,85	27,94	28,05	27,83	27,72	27,77	27,97	27,64	27,97	27,9	27,85

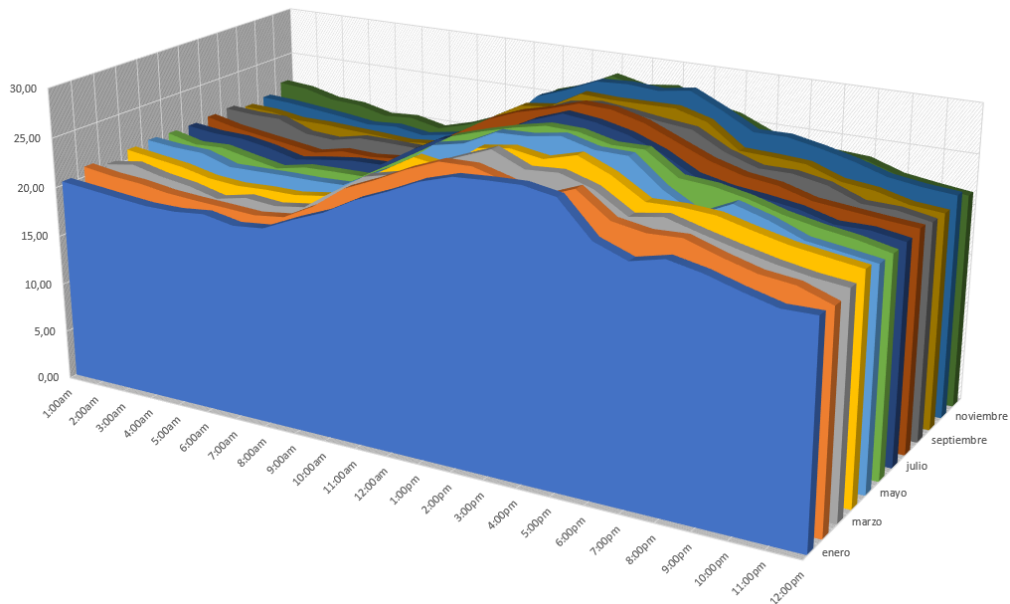


ANEXO N - PERFILES HORARIOS MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

Mes → ↓ Hora	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1:00am	10,66	11,72	11,71	12,12	11,73	12,35	11,9	12,01	12,14	11,07	12,03	12,05
2:00am	10,21	11,59	11,4	11,34	11,66	11,56	11,61	11,79	11,6	10,84	11,58	11,47
3:00am	10,22	10,72	10,88	11,51	11,1	11,45	11,61	11,42	11,21	10,42	11,54	11,1
4:00am	10,33	10,45	10,81	11,51	11	11,21	11,07	11,19	11,07	10,43	11,53	11,29
5:00am	10,6	10,81	10,42	11,26	11,39	11,19	10,84	10,52	10,91	10,09	11,15	10,74
6:00am	11,44	11,3	10,85	10,9	11,48	11,27	11,17	12,13	11,39	10,54	11,13	10,87
7:00am	10,61	10,91	10,59	10,81	11,27	11,43	10,89	11,35	11,07	10,69	11,27	10,87
8:00am	10,99	11,78	11,39	11,46	11,63	12,25	11,9	12,25	11,51	11,1	11,57	11,95
9:00am	13,18	14,24	13,63	13,09	13,81	14,4	13,89	13,7	13,54	13,12	13,38	13,58
10:00am	15,61	15,9	15,45	14,74	15,53	15,36	15,71	15,26	15,64	15,33	15,35	15,57
11:00am	16,81	17,15	16,55	15,84	17,31	17,29	17,53	16,28	16,81	17,06	17,19	17,04
12:00am	17,74	18,01	17,92	16,75	18,01	18,46	18,5	17,28	18,28	18,21	18,2	18,22
1:00pm	18,7	18,25	18,38	17,76	18,66	18,83	19,1	17,92	18,27	18,86	18,35	18,7
2:00pm	19,29	18,27	18,28	18,34	18,86	19	19,29	18,35	18,65	17,95	18,15	18,55
3:00pm	18,47	18,47	18,31	18,19	18,68	19,09	18,82	18,28	18,55	18,6	18,21	18,01
4:00pm	18,47	18,74	17,75	17,38	18,19	18,53	18,84	18,35	18,1	18,58	17,66	17,2
5:00pm	18,23	17,73	17,51	16,77	17,58	18,29	17,85	17,43	18	18,15	17,14	17,3
6:00pm	17,38	16,47	17	16,19	16,64	17,35	17,27	17,09	17,28	17,25	16,79	16,55
7:00pm	16,19	15,56	15,45	15,23	15,45	15,76	15,35	15,81	15,9	15,81	15,1	15,36
8:00pm	14,76	14,34	14,21	14,06	14,3	14,78	14,29	14,72	14,38	14,37	13,41	14,26
9:00pm	13,47	13,73	13,46	13,56	13,65	14,07	13,35	13,32	13,37	13,82	13,2	13,61
10:00pm	12,73	12,46	12,82	13,19	13,1	13,63	13,08	13,18	13,27	13,61	12,87	12,98
11:00pm	12,48	12,08	12,42	12,34	13,19	12,63	13,28	12,5	12,42	13,28	12,76	12,47
12:00pm	11,99	12,44	12,14	12,09	13,13	12,34	12,44	12,4	11,65	12,75	12,71	12,05
Temp media diaria >	14,19	14,3	14,14	14,02	14,47	14,69	14,57	14,36	14,37	14,25	14,26	14,24

ANEXO O - PERFILES HORARIOS MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA LA CIUDAD DE CALI.

Mes →	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
↓ Hora												
1:00am	20,38	21,01	20,40	21,08	21,26	21,17	21,17	21,35	21,48	20,91	21,19	22,08
2:00am	20,10	20,60	20,88	20,70	20,99	20,48	20,84	20,68	21,29	20,79	21,03	21,84
3:00am	19,79	20,37	20,19	20,31	20,90	20,63	20,77	20,26	21,27	20,34	20,73	21,09
4:00am	19,52	19,92	19,75	19,64	19,96	20,02	20,28	19,85	20,15	20,36	20,43	20,93
5:00am	19,52	19,70	18,98	19,41	20,02	19,46	19,54	19,43	19,97	20,21	20,04	20,22
6:00am	19,84	19,55	19,63	19,55	20,09	20,08	20,03	20,08	20,63	20,09	20,28	20,43
7:00am	19,27	19,37	19,35	19,55	20,09	20,17	20,44	19,99	20,63	19,91	19,83	19,78
8:00am	19,59	19,74	19,79	20,01	20,21	20,22	20,55	20,31	20,58	20,23	20,38	20,65
9:00am	21,00	21,37	21,91	21,63	21,90	22,02	22,49	22,26	22,17	21,39	21,03	21,89
10:00am	22,24	23,61	23,88	23,63	23,35	23,87	24,19	23,98	23,54	23,98	22,73	23,61
11:00am	23,98	24,97	24,65	25,44	25,77	25,80	24,94	25,85	25,23	25,70	25,89	25,64
12:00am	25,30	26,50	26,04	24,95	26,44	26,78	25,91	27,08	26,27	26,10	27,03	26,64
1:00pm	26,78	27,77	27,32	27,33	27,99	27,64	27,55	27,90	27,62	27,84	28,36	28,19
2:00pm	27,76	27,84	28,57	27,81	28,13	28,31	28,69	28,89	28,07	27,70	28,54	27,46
3:00pm	27,98	26,99	27,22	27,31	28,64	28,22	28,33	28,76	27,74	27,74	28,31	27,85
4:00pm	28,10	26,14	27,44	28,20	27,83	27,47	27,60	27,93	27,30	27,78	28,80	26,52
5:00pm	27,56	27,40	26,48	26,88	27,79	27,53	26,39	26,58	26,96	26,90	27,28	25,93
6:00pm	24,23	25,06	24,51	24,93	25,19	25,36	24,68	25,25	25,25	24,55	25,56	24,57
7:00pm	23,04	24,54	25,05	25,02	23,39	25,11	23,98	24,34	24,20	24,44	25,59	22,90
8:00pm	23,83	24,69	24,16	24,80	24,94	24,47	23,63	23,94	24,21	24,25	24,96	23,66
9:00pm	23,19	23,63	23,35	23,99	23,99	23,54	23,17	23,00	23,63	23,09	24,17	23,46
10:00pm	22,23	22,73	22,62	23,26	22,72	22,90	22,29	22,67	22,38	22,73	23,17	22,38
11:00pm	21,40	22,35	22,05	22,79	22,28	22,43	22,31	22,36	22,31	21,90	22,71	21,91
12:00pm	21,46	21,21	21,71	22,35	21,81	21,72	21,81	22,09	21,72	21,64	22,44	21,51
Temp media diaria >	22,84	23,21	23,16	23,36	23,57	23,56	23,40	23,53	23,52	23,36	23,77	23,38



ANEXO P - PERFILES HORARIOS MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN.

Mes →	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
↓ Hora												
1:00am	15,15	15,47	15,73	15,07	15,76	15,61	15,43	15,80	15,64	15,48	15,66	15,95
2:00am	14,72	15,26	15,17	14,83	15,42	15,30	15,23	15,58	15,38	14,99	15,40	15,55
3:00am	14,88	14,89	14,78	14,34	15,11	14,97	14,96	15,17	14,94	14,56	15,18	15,47
4:00am	15,28	14,20	14,25	13,83	14,64	14,31	14,38	14,46	14,22	13,97	14,62	14,62
5:00am	16,09	13,74	14,09	13,46	14,23	14,00	14,20	14,04	13,63	13,61	14,28	14,29
6:00am	17,60	15,99	16,70	16,30	15,70	16,47	16,43	16,29	16,16	15,69	17,04	16,22
7:00am	16,80	16,52	16,46	16,68	15,48	15,63	17,00	16,69	15,99	16,95	17,35	16,38
8:00am	17,52	17,15	17,55	17,15	17,08	17,62	17,70	16,76	17,71	17,12	18,57	17,13
9:00am	19,88	18,43	18,49	18,59	19,90	19,01	18,03	18,89	19,14	19,04	19,15	18,35
10:00am	21,61	20,77	21,10	20,76	21,49	21,13	19,87	21,49	21,16	21,05	20,84	20,67
11:00am	23,34	22,69	22,52	22,04	22,92	22,96	21,90	23,32	22,99	23,27	21,64	21,85
12:00am	25,03	23,96	23,97	23,38	24,24	23,93	23,16	24,14	24,01	24,08	23,05	23,32
1:00pm	26,06	25,33	24,95	24,37	25,36	24,35	24,40	25,41	25,44	25,39	24,41	24,62
2:00pm	26,56	26,16	25,62	24,82	26,13	24,49	25,22	26,12	25,88	25,24	24,80	25,76
3:00pm	26,50	26,07	24,92	24,61	25,98	24,91	24,68	24,80	25,42	25,07	24,60	25,62
4:00pm	26,03	25,13	24,66	24,22	25,62	24,31	23,92	25,02	24,56	24,42	24,57	25,10
5:00pm	25,07	24,26	23,58	23,78	24,90	23,33	23,55	24,29	24,21	24,44	23,84	22,59
6:00pm	22,80	21,96	20,79	21,31	21,57	21,25	21,11	21,37	21,42	22,23	21,43	21,62
7:00pm	22,53	21,08	20,39	20,27	20,96	20,33	20,43	20,50	21,18	21,96	21,35	20,09
8:00pm	20,81	20,45	19,86	19,95	19,26	19,24	20,16	19,24	19,21	20,29	20,50	19,43
9:00pm	18,34	17,92	17,50	18,16	18,02	17,86	17,44	17,79	17,91	17,91	18,40	17,89
10:00pm	17,25	16,90	16,69	17,09	16,79	17,03	16,69	16,93	17,03	17,22	17,24	17,16
11:00pm	16,34	16,50	16,05	16,29	16,40	16,45	16,20	16,29	16,18	16,62	16,84	16,36
12:00pm	15,95	16,09	15,80	16,08	15,97	15,93	16,14	16,06	15,88	16,03	16,48	16,19
Temp media diaria >	20,09	19,46	19,23	19,06	19,54	19,18	19,09	19,44	19,39	19,44	19,47	19,26

