

Anexo 2 - Estrategias de mejora del rendimiento energético del edificio

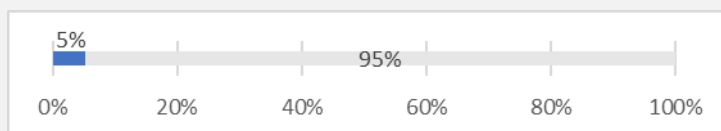
1.1.1.Sensibilización para el uso de temperaturas de aire acondicionado

Descripción de la medida de eficiencia energética		Escenario: Ligero	Oportunidad: ★★★★★
Temperatura Consumo Temperatura recomendada 26°C 25°C 24°C 23°C 22°C 21°C 20°C 19°C 18°C — + 4 % — + 9 % — + 17 % — + 21 % — + 26 % — + 30 % — + 35 % — + 40 %		Oficinas, corredores y salas de reunión El 100% de los espacios de ocupación continua cuentan con aire acondicionado, los cuales son operados con temperaturas que generan mayores consumos. Según la zona climática, el confort de ASHRAE 55 y recomendaciones de los fabricantes se pueden estipular temperaturas de operación optimizadas que disminuyan los consumos energéticos quedándose dentro de los rangos de confort. Para el proyecto, se recomienda operar con temperaturas superiores a 26°C En el gráfico de la izquierda se muestra cuanto más consume un equipo de aire acondicionado en un caso típico en clima cálido húmedo solicitando una temperatura inferior. Así una persona solicitando 22°C en lugar de 26°C genera sobreconsumos estimados al 23%. Aumentar las temperaturas de manejo de los equipos de aire acondicionado es una estrategia esencial para ahorrar de manera sencilla energía quedándose dentro de los rangos de confort.	

Ahorros

Ahorros financieros por año: 1.013.000 COP/año

Ahorros sobre: Aire acondicionado



(2% sobre el consumo total de edificio)

Ahorros energéticos por año 1.228 kWh/año

Ahorros de emisión GEI 217 kgCO₂/año

Comentarios: TERAQ realizó una simulación térmica dinámica de un espacio tipo con aire acondicionado variando las temperaturas de operación en 1° desde 18°C hasta 26°C analizando el consumo energético del equipo y determinando el ahorro con la variación de la temperatura.

Como temperatura actual se tomó la temperatura promedio de los cuartos técnicos, y como temperatura propuesta, 1°C abajo del límite superior propuesto por ASHRAE.

Adicionalmente, se calculó la participación del consumo de aire acondicionado en cuartos de ocupación continua sobre el consumo total de los equipos de aire acondicionado es decir se excluyeron los cuartos técnicos.

En la siguiente tabla se presentan las variaciones propuestas y el ahorro correspondiente.

Temperatura actual(°C)	Temperatura propuesta	Ahorro por ajuste	% A/C para confort / Total	Ahorro
23°C	24°C	6%	86%	5,2%

Aumentar unos pocos grados la temperatura de funcionamiento de AA disminuye el consumo energético del equipo.

Se toma como hipótesis que en todos los espacios se acoge la medida, puesto que el control de los equipos es manejado directamente por el equipo de administración técnica del edificio.

Descomposición de la inversión	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Inversión total			--
Periodo de recuperación (años)			Inmediato

1.1.2. Buenas prácticas en uso de temperatura en cuarto de servidores.

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: Ligero	Oportunidad: ★★★★★
---	-------------------	--------------------

Según ASHRAE TC9.9 “Data Center power Equipment Thermal Guidelines and best Practices” o en español Directrices térmicas y mejores prácticas de equipos de energía para centros de datos las condiciones recomendadas en zonas de servidores o UPS son entre 18 y 27°C – 60% de humedad relativa y las condiciones permitidas alcanzan los 32°C como máximo con una humedad relativa del 80%.

Class ^a	Equipment Environmental Specifications for Air Cooling						
	Product Operations ^{b,c}					Product Power Off ^{c,d}	
	Dry-Bulb Temperature ^{e,s} °C	Humidity Range, Non-Condensing ^{h,i,k,l}	Maximum Dew Point ^k °C	Maximum Elevation ^{e,j,m} m	Maximum Temperature Change ⁱ in an Hour (°C)	Dry-Bulb Temperature °C	Relative Humidity ^k %
Recommended (Suitable for all 4 classes)							
A1 to A4	18 to 27	-9°C DP to 15°C DP and 60% RH					
Allowable							
A1	15 to 32	-12°C DP & 8% RH to 17°C DP and 80% RH ^k	17	3050	5/20	5 to 45	8 to 80

Especificaciones de aire acondicionado para data centers y salas de servidores

Figura 62. Especificaciones de aire acondicionado para data centers y salas de servidores

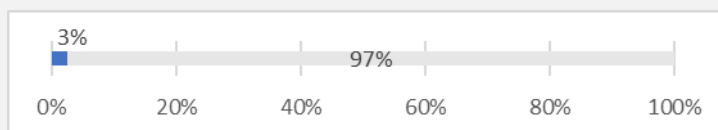
Cada °C en que se reduzca la temperatura de operación del aire acondicionado, incrementa considerablemente el consumo eléctrico, por consiguiente, se recomienda que en los cuartos eléctricos y de racks se implementen temperaturas sobre el límite superior del rango como 26°C. Esta temperatura esta 1°C por debajo del rango recomendable y 6°C del rango permitido.

La temperatura solicitada en los cuartos técnicos es de 18°C y 24°C. Se sugiere ajustarla gradualmente a 26 °C, previa aprobación del equipo de sistemas, modificando la temperatura de suministro. Idealmente, debería llegar a 26 °C para minimizar el consumo energético.

Ahorros

Ahorros financieros por año: 497.100 COP/año

Ahorros sobre: Aire acondicionado



(1% sobre el consumo total de edificio)

Ahorros energéticos por año 603 kWh/año

Ahorros de emisión GEI 107 kgCO₂/año

Comentarios: ERAO estimó, con base en simulaciones energéticas, el consumo de un equipo de aire acondicionado en un cuarto de datacenter según su temperatura de operación. Para ello, se realizó una variación gradual de la temperatura, desde 18 °C hasta 26 °C en incrementos de 1 °C, lo que permitió determinar el ahorro en el consumo energético.

Como temperatura actual se tomó la temperatura promedio de los cuartos técnicos, y como temperatura propuesta, 1°C abajo del límite superior propuesto por ASHRAE.

Adicionalmente, se calculó la participación del consumo de aire acondicionado en cuartos técnicos sobre el consumo total de los equipos de aire acondicionado.

En la siguiente tabla se presentan las variaciones propuestas y el ahorro correspondiente.

Temperatura actual(°C)	Temperatura propuesta	Ahorro por ajuste	% A/C Técnicos / Total	Ahorro
23°C	26°C	18%	14,1%	2,5%

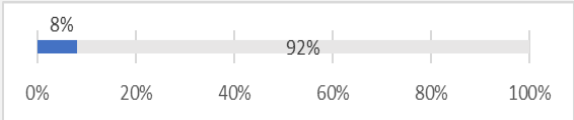
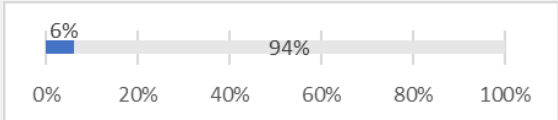
Como se observa, aumentar unos pocos grados la temperatura de funcionamiento de AA disminuye el consumo energético de los equipos considerablemente.

Comentarios sobre costos: Esta estrategia puede ser implementada directamente por el equipo de la entidad, por lo que no requiere incurrir en costos de contratación.

Descomposición de la inversión	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Inversión total			--
Periodo de recuperación (años)			Inmediato

1.1.3.Sensibilización en el uso de equipos varios y ofimáticos

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: Ligero	Oportunidad: ★★★★★
Para fomentar buenas prácticas de ahorro energético en el lugar de trabajo, se propone una campaña de sensibilización con los siguientes aspectos clave: 1. Sensibilización en el uso de equipos varios Dentro del consumo de equipos varios hay sobreconsumos derivados de su uso en periodos de desocupación y de las llamadas "cargas vampiro", que corresponden al consumo en modo reposo. Para reducir este consumo, se recomienda sensibilizar a los usuarios sobre la desconexión de equipos no esenciales, como pantallas informativas, impresoras, etc. durante los periodos de desocupación (noches y fines de semana). También puede asignarse al personal operativo (mantenimiento, aseo o vigilancia) la responsabilidad de desconectar estos equipos de manera conjunta. La estrategia puede basarse en el inventario de equipos de este estudio, definiendo horarios de operación y estableciendo un protocolo claro para el uso y desconexión, con responsables asignados. 2. Apagado automático pantallas de ofimáticos: Los equipos ofimáticos cuentan con opciones de ahorro energético mediante modos de apagado, suspensión e hibernación, que logran hasta un 15% de ahorro en torres y un 7% en portátiles y equipos "todo en uno". Se recomienda: ✓ Apagado de pantalla: después de 5 minutos sin actividad. ✓ Suspensión del equipo: después de 10 minutos o menos.		

Ahorros	
Ahorros financieros por año: 1.136.154 COP/año Ahorros sobre: Ofimáticos  Varios  (2% sobre el consumo total de edificio)	
Ahorros energéticos por año	1.377 kWh/año
Ahorros de emisión GEI	244 kgCO ₂ /año
Comentarios: 1. Determinar de manera precisa el ahorro alcanzado en equipos varios es retador, debido a que se deben considerar variables relacionadas con la gestión del uso por parte de los usuarios. Según la UPME el rango de ahorro por buenas prácticas está entre 5 y 15% del total de la energía. Para esta estrategia se tomará un valor pesimista de ahorro de 6%. Valores que se han podido alcanzar en previos proyectos en los que TERA0 ha acompañado su implementación, el ahorro se aplica únicamente sobre el consumo de equipos varios.	

2. Para estimar el ahorro energético derivado de la activación de opciones de ahorro en los equipos ofimáticos, se considera la participación de cada tipología de equipo y su respectivo ahorro estimado: 15 % para equipos de torre, 7 % para portátiles y 11 % para todo en uno. Con estos valores, se calcula posteriormente el ahorro energético promedio ponderado. Se toma la hipótesis que la equipo es aplicada solo en el 80% de los equipos

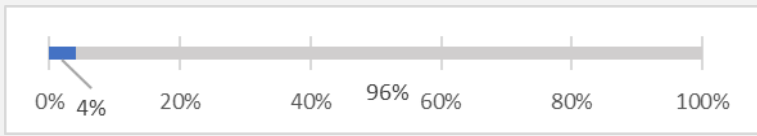
Tipo de equipo	Porcentaje sobre ofimáticos	Ahorro	% Equipos intervenidos	% ahorro sobre consumo ofimáticos
Equipos de torre	32,7%	15%	80%	3,93%
Portátiles	1,8%	7%	80%	0,10%
Todo en uno	46,9%	11%	80%	4,13%
Ahorro total				8,2%

Comentarios sobre costos: Esta estrategia puede ser implementada directamente por el equipo de la entidad, por lo que no requiere incurrir en costos de contratación.

Descomposición de la inversión	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Inversión total			--
Periodo de recuperación (años)			Inmediato

1.1.4. Mejora de la calidad de la energía eléctrica

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: ejemplar	Oportunidad: ★★★★★
Se propone una intervención integral del sistema eléctrico de la edificación, que combine balanceo de cargas, corrección del factor de potencia y mitigación de armónicos. El objetivo es mejorar el desempeño energético, la calidad del suministro eléctrico y la confiabilidad operativa de los equipos. El balanceo de cargas contribuye a evitar pérdidas por sobrecalentamiento en el sistema y reduce el riesgo de fallas prematuras en los equipos eléctricos. La corrección del factor de potencia, mediante la instalación de bancos de condensadores automáticos, permite elevar el FP a niveles cercanos a 0,98, minimizando el consumo de energía reactiva. La mitigación de armónicos se realiza a través de filtros pasivos, lo que reduce la distorsión armónica total (THD), mejora la estabilidad del sistema y prolonga la vida útil de los equipos sensibles. En conjunto, esta estrategia permite reducir pérdidas eléctricas, evitar penalizaciones por energía reactiva o distorsiones de red, y preparar la infraestructura eléctrica para una futura integración con sistemas de automatización o gestión energética.		

Ahorros	
Ahorros financieros por año: 2.519.400 COP/año 	
Ahorros sobre: Total energía (4% sobre el consumo total de edificio)	
Ahorros energéticos por año	3.054 kWh/año
Ahorros de emisión GEI	541 kgCO ₂ /año

Comentarios:

Esta medida integrada permite abordar tres aspectos claves de la eficiencia eléctrica:

- Corregir el desbalance de cargas.
- Corregir el FP para evitar recargos y liberar capacidad eléctrica.
- Mitigar armónicos para proteger equipos y estabilizar señales.

Los tres componentes actúan en conjunto para maximizar el ahorro y la vida útil de la infraestructura eléctrica, y son especialmente relevantes en oficinas con variadores, UPS, iluminación electrónica y carga distribuida.

La descripción de la estimación de los ahorros se presenta en el capítulo eléctrico del informe de AE.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
Alquiler analizador de redes	días	10	\$ 150.000	\$ 1.500.000
Mano de obra para reconfiguración de circuitos	und	3	\$ 2.000.000	\$ 6.000.000
Suministro e Instalación Filtros pasivos de armónicos (20A–100A)	und	3	\$ 3.000.000	\$ 9.000.000
Inversión total				\$ 16.500.000
Periodo de recuperación (años)				7

1.1.5. Sistemas de medición y monitoreo de los principales tableros

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: Medio	Oportunidad: ★★★★★
---	------------------	--------------------

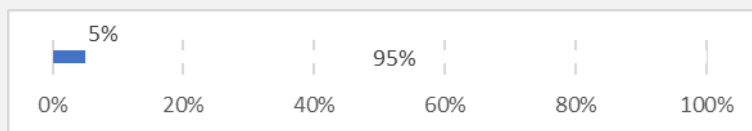
Se propone la instalación de un sistema de monitoreo energético de las principales variables (Tensión, Corriente y Potencia) que permita medir y registrar el consumo eléctrico de los principales tableros o circuitos de la edificación (iluminación, climatización, enchufes, etc.), con el objetivo de identificar ineficiencias, comportamientos anómalos y establecer indicadores de desempeño energético.

Este sistema puede estar compuesto por medidores multiparámetro con comunicación (MODBUS o WiFi), gateways de consolidación de datos y una plataforma web o SCADA para visualización. El monitoreo puede realizarse a nivel de tablero principal, tableros secundarios, o cargas específicas (como aires acondicionados o iluminación), según el nivel de detalle deseado.

Ahorros

Ahorros financieros por año: 3.149.200COP/año

Ahorros sobre: Total energía



(5% sobre el consumo total de edificio)

Ahorros energéticos por año 3.817 kWh/año

Ahorros de emisión GEI 676 kgCO₂/año

Comentarios: Los sistemas de medición no generan ahorro por sí solos, pero se estima que se puede generar un ahorro del 5% al permitir:

- Detectar consumos fuera de horario (iluminación o aire acondicionado activos en la noche o fines de semana).
- Verificar el impacto real de otras medidas de eficiencia (como control horario o dimerización).
- Mejorar el mantenimiento mediante alarmas o comportamientos anómalos.
- Se estimo la instalación de un sistema de medición por cada 500m² de área construida.
- Descripción de cómo se estimó el ahorro proyectado:

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
Suministro e Instalación Medidor Inteligente Trifásico con comunicación RS485 Modbus	und	6	\$ 1.500.000	\$9.000.000
Convertidor(es) USB a RS-485	(COP/500 m ²)	5	\$ 75.000	\$ 375.000
Inversión total				\$9.375.000
Periodo de recuperación (años)				3

1.1.6. Implementación de ventiladores para optimizar el uso de aire acondicionado.

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: Ejemplar	Oportunidad: ★★★★★
---	---------------------	--------------------

De acuerdo con estándares de confort, los ventiladores pueden mejorar la sensación térmica en 2-3°C. Estos dispositivos consumen menos energía que los aires acondicionados (alrededor de 20 veces menos), lo que los convierte en una alternativa eficiente, incluso cuando se utilizan simultáneamente con los aires acondicionados. Esto permite establecer temperaturas más eficientes de climatización, por ejemplo, entre 26 y 28°C, lo que resulta en ahorros significativos de energía.

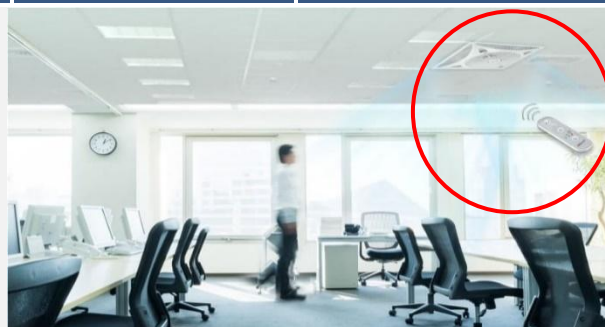


Figura 1. Uso de ventiladores en oficinas para optimizar las temperaturas del aire acondicionado – Fuente: mytek.com

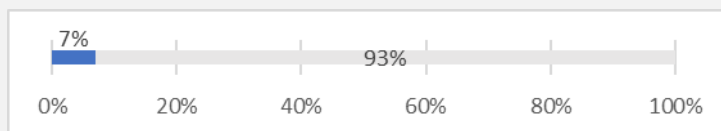
Por medio de esta estrategia, se propone instalar ventiladores en las zonas de uso de aire acondicionado para confort, una buena alternativa son equipos de techo, como los de la imagen.

Se recomienda una transición gradual, para incrementar la aceptabilidad de la estrategia, iniciando con un ajuste de los termostatos entre 26-27°C si en las oficinas se instalan los ventiladores.

Ahorros

Ahorros financieros por año: 1.350.600 COP/año

Ahorros sobre: Aire acondicionado



(2% sobre el consumo total de edificio)

Ahorros energéticos por año: 1.637 kWh/año

Ahorros de emisión GEI: 290 kgCO₂/año

Comentarios: TERA0 estimó con simulaciones energéticas el consumo de un equipo de aire acondicionado en una oficina tipo según su temperatura de operación. Realizando una variación desde 18°C hasta 27°C. Luego se identificó la participación del consumo energético de las zonas intervenidas sobre el consumo total del aire acondicionado.

Temperatura de operación (°C)	Temperatura objetivo (°C)	Diferencia de temperatura (°C)	Ahorro	% A/C para confort / Total	Ahorro
24	26	2	8%	85,9%	6,9%

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
Ventilador de techo con las siguientes características: • Control remoto incluido • 3 velocidades ajustables • Rotación de 180 grados • Parrilla giratoria • Silencioso y ahorro de energía • Temporizador de 1, 4 y 8 horas Incluido mano de obra de un instalador y un ayudante	und	113	\$ 450.000	\$ 50.850.000
Inversión total				\$ 50.850.000
Periodo de recuperación (años)				>10

1.1.7. Instalación de Sistema Fotovoltaico conectado a la Red

Descripción de la medida de eficiencia energética	Escenario: Ejemplar	Oportunidad: ★★★★★
---	---------------------	--------------------

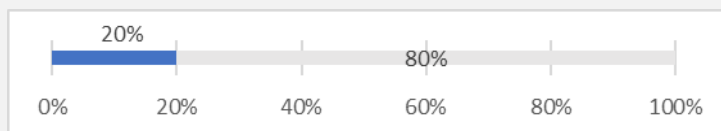
Se propone la implementación de un sistema de generación fotovoltaica en el edificio, lo cual permitiría generar parte de la energía consumida por la edificación de forma sostenible, con el objetivo de reducir la dependencia de la red eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar.

Para la instalación se debe contemplar la instalación de estructuras soportes y módulos solares, canalización del cableado hasta el cuarto eléctrico donde se encuentre el equipo de medida, el cambio del sistema de medición a bidireccional, así como la instalación de protecciones del nuevo sistema y la certificación RETIE.

Ahorros

Ahorros financieros por año: 12.592.000 COP/año

Ahorros sobre: Total energía



(20% sobre el consumo total de edificio)

Ahorros energéticos por año 15.263 kWh/año

Ahorros de emisión GEI 2.702 kgCO₂/año

Comentarios: Se plantea la instalación de una planta solar con una potencia pico de 12,3 kWp. Para la simulación del sistema, se utilizó la radiación específica de la ubicación del edificio, estimada a partir de la base de datos y el mapa interactivo de la Comisión Europea, los cuales indican una radiación promedio anual de 1.806,8 kWh/m². La simulación consideró el uso de paneles monocristalinos, una estructura de anclaje fija y un sistema con pérdidas estimadas del 20%, incluyendo ineficiencias asociadas al ángulo de incidencia, temperatura, baja irradiación y otros factores. Como resultado, se determinó una inclinación óptima de 7° y un ángulo de azimut de 0°. El sistema requiere de un área estimada de 86 m².

De acuerdo con simulaciones de la planta, se tendría una producción de **15.263 kWh/año**.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (COP)	Total (COP)
Paneles Solares Monocristalinos 24V (500 W) (Und)	(COP/und)	25	\$ 1.000.000	\$ 24.580.000
Inversor(es) trifásicos, estructura y soporte, cableado y protecciones, sistema de monitoreo, medidor semidirecto trifásico bidireccional (Und)	kW instalado	12	\$ 1.200.000	\$ 14.748.000
Mano de obra	kW instalado	12,29	\$ 350.000	\$ 4.301.500
Inversión total				\$ 43.629.500
Periodo de recuperación (años)				4