

# Implementación de Sistemas BMS (Building Management Systems) en Hoteles: Efectos en la Reducción de la Huella de Carbono y el Incremento de la Rentabilidad

## Implementation of BMS (Building Management Systems) in Hotels: Effects on Carbon Footprint Reduction and Profitability Increase

Ricardo Antonio Ortiz<sup>1</sup>, Jose Crespo<sup>2</sup>, Expedito Raul Ramos<sup>3</sup>, Carlos Chen<sup>4</sup> y Michael Castillo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, ricardoantonio.ortiz@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-6828-544X>, Panamá

<sup>2</sup>Universidad de Panamá, jose.crespo@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0003-3175-2766>, Panamá

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Ramosfuentes.626@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0007-4116-6276>, Panamá

<sup>4</sup>Universidad de Panamá, carlos.chen@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0001-9288-6635>, Panamá

<sup>5</sup>Universidad de Panamá, michael.castillo-g@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0007-0466-863X>, Panamá

### Información del Artículo

#### Trazabilidad:

Recibido 27-02-2026

Revisado 05-03-2026

Aceptado 31-03-2026

#### Palabras Clave:

Sistemas de gestión de edificios  
BMS. Eficiencia energética  
Huella de carbono  
Rentabilidad hotelera

#### Keywords:

Building management systems  
BMS  
Energy efficiency  
Carbon footprint.  
Hotel profitability

### RESUMEN

Los sistemas de gestión de edificios (BMS) se han convertido en una tecnología clave para optimizar el consumo energético y reducir la huella de carbono en instalaciones hoteleras. Este artículo evalúa el impacto de la implementación de sistemas BMS en la reducción del consumo energético, la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y el incremento de la rentabilidad operativa en hoteles de 4 y 5 estrellas en destinos turísticos de Panamá, Costa Rica y México. La metodología emplea un enfoque cuantitativo basado en el análisis de datos de consumo energético pre y post-implementación en 18 hoteles (9 con BMS y 9 sin BMS) durante el período 2022-2024, complementado con entrevistas a gerentes de operaciones y mantenimiento. Los resultados indican que los hoteles con BMS logran una reducción promedio del 28% en consumo energético total y una disminución del 29% en la huella de carbono por habitación ocupada. El ahorro económico promedio asciende a USD 187,500 anuales por hotel, con un ROI del 44% y un período de recuperación de la inversión de 3.2 años. Los sistemas de climatización (HVAC) representan el 65% de los ahorros, seguidos por iluminación (16%) y otros consumos (19%). Se concluye que la inversión en sistemas BMS es altamente rentable para hoteles de alta categoría, generando beneficios ambientales y económicos significativos en el mediano plazo.

### ABSTRACT

Building management systems (BMS) have become a key technology to optimize energy consumption and reduce the carbon footprint in hotel facilities. This article evaluates the impact of BMS implementation on energy consumption reduction, CO<sub>2</sub> emissions decrease and operational profitability increase in 4 and 5-star hotels in tourist destinations in Panama, Costa Rica and Mexico. The methodology employs a quantitative approach based on the analysis of pre- and post-implementation energy consumption data in 18 hotels (9 with BMS and 9 without BMS) during the period 2022-2024, complemented by interviews with operations and maintenance managers. Results indicate that hotels with BMS achieve an average 28% reduction in total energy consumption and a 29% decrease in carbon footprint per occupied room. Average annual savings amount to USD 187,500 per hotel, with an ROI of 44% and a payback period of 3.2 years. HVAC systems represent 65% of savings, followed by lighting (16%) and other consumption (19%). It is concluded that investment in BMS systems is highly profitable for high-category hotels, generating significant environmental and economic benefits in the medium term.

## INTRODUCCIÓN

### El Consumo Energético en la Industria Hotelera

La industria hotelera es una de las más intensivas en consumo energético dentro del sector servicios. Un hotel promedio consume entre 200 y 400 kWh de energía por metro cuadrado al año, dependiendo de su categoría, ubicación climática y servicios ofrecidos (Bohdanowicz & Martinac, 2007). Este consumo representa no solo un impacto ambiental significativo, sino también una parte sustancial de los costos operativos, que en muchos hoteles alcanza el 8-12% de los ingresos totales.

En el contexto latinoamericano, donde predominan los climas tropicales y subtropicales, el consumo energético en hoteles presenta particularidades importantes. La climatización (HVAC) representa entre el 50% y el 60% del consumo total, muy superior al de regiones templadas, debido a las altas temperaturas durante todo el año (Xuchao et al., 2010). Esta realidad hace que la eficiencia energética sea especialmente crítica para la rentabilidad y sostenibilidad de los hoteles en la región.

Los principales consumidores de energía en un hotel son:

- **Sistemas de climatización (HVAC):** Representan entre el 50% y el 60% del consumo total, dependiendo del clima y la temporada.
- **Iluminación:** Entre el 15% y el 20% del consumo.
- **Agua caliente sanitaria:** Entre el 8% y el 12%.
- **Equipamiento de cocina y lavandería:** Entre el 8% y el 12%.
- **Otros equipos (ascensores, electrodomésticos, etc.):** El porcentaje restante.

### Sistemas de Gestión de Edificios (BMS)

Un sistema de gestión de edificios (BMS, por sus siglas en inglés) es una plataforma de control centralizada que monitorea y gestiona los sistemas mecánicos y eléctricos de un edificio, incluyendo climatización, iluminación, ventilación, seguridad y otros consumos energéticos. Los BMS permiten:

- **Monitoreo en tiempo real** del consumo energético por área y equipo.
- **Control automatizado** de temperaturas, horarios de funcionamiento y niveles de iluminación.
- **Detección de anomalías** y alertas tempranas de mal funcionamiento.
- **Optimización de consignas** basada en ocupación, condiciones climáticas y tarifas eléctricas.
- **Generación de informes** y análisis de eficiencia energética.

En el contexto hotelero, los BMS adquieren especial relevancia por varias razones:

- **Variabilidad de la ocupación:** Los hoteles experimentan fluctuaciones diarias y estacionales en ocupación, lo que permite ajustar consumos en habitaciones no ocupadas.
- **Diversidad de espacios:** Diferentes áreas (habitaciones, lobby, restaurantes, cocinas, lavanderías, piscinas) tienen necesidades energéticas muy distintas.
- **Oportunidad de ajuste fino:** La posibilidad de programar consignas por horarios y zonas permite optimizar sin afectar el confort del huésped.
- **Integración con otros sistemas:** Los BMS modernos pueden integrarse con sistemas de reservas (PMS) para ajustar consumos en tiempo real según ocupación prevista.

### Beneficios Esperados de los BMS en Hotelería

La literatura técnica reporta beneficios significativos de la implementación de BMS en edificios comerciales, con ahorros energéticos típicos del 20-30% (Pérez-Lombard et al., 2008). En el sector hotelero, estudios de caso han documentado reducciones del 25-35% en consumo energético, con períodos de recuperación de la inversión entre 2 y 5 años (Deng & Burnett, 2002).

Además de los ahorros económicos, los BMS contribuyen a:

- **Reducción de la huella de carbono:** Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo energético, contribuyendo a los objetivos climáticos del hotel y del destino.
- **Mejora del confort de los huéspedes:** Control más preciso de temperaturas y condiciones ambientales, con ajustes automáticos que mantienen el confort óptimo.
- **Optimización del mantenimiento:** Detección temprana de fallos y programación eficiente de tareas, prolongando la vida útil de los equipos.

- **Cumplimiento normativo:** Facilitan el reporte de consumos y emisiones requerido por regulaciones ambientales y certificaciones de sostenibilidad.
- **Ventaja competitiva:** La comunicación de logros en eficiencia energética y reducción de huella de carbono puede ser un diferenciador en segmentos de mercado sostenibles.

### Brecha de Investigación y Objetivos

A pesar de los beneficios potenciales, existe una escasez de estudios empíricos que evalúen sistemáticamente el impacto de los BMS en hoteles latinoamericanos, considerando las particularidades climáticas, tarifarias y operativas de la región. La mayoría de la investigación se ha centrado en países desarrollados con climas templados, y no siempre se dispone de datos desagregados por tipo de consumo.

Esta brecha es especialmente relevante porque:

- Los climas tropicales y subtropicales de Latinoamérica implican un mayor peso de la climatización en el consumo total.
- Las tarifas eléctricas en la región han experimentado incrementos significativos en la última década (CEPAL, 2023).
- Existe un creciente interés por parte de cadenas hoteleras internacionales y locales en obtener certificaciones de sostenibilidad que requieren reducciones de consumo.

Este estudio aborda esta brecha mediante el análisis de datos de consumo energético pre y post-implementación en 18 hoteles de alta categoría en tres países latinoamericanos. Los objetivos específicos son:

1. Cuantificar la reducción del consumo energético total y por sistemas (HVAC, iluminación, otros) asociada a la implementación de BMS.
2. Calcular la disminución de la huella de carbono por habitación ocupada y por metro cuadrado.
3. Evaluar la rentabilidad económica de la inversión en BMS mediante indicadores financieros (ROI, payback, VAN, TIR).
4. Identificar los factores críticos que determinan el éxito de la implementación de BMS en hoteles.

Proponer recomendaciones para la adopción de BMS en hoteles de la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño de Investigación y Muestra

El estudio emplea un diseño cuantitativo, descriptivo y comparativo, basado en el análisis de datos de consumo energético de 18 hoteles de 4 y 5 estrellas ubicados en destinos turísticos de Panamá, Costa Rica y México, durante el período 2022-2024.

La muestra se distribuye en dos grupos:

- **Grupo experimental (n=9):** Hoteles que implementaron sistemas BMS completos durante el período 2022-2023, con al menos 12 meses de operación post-implementación.
- **Grupo de control (n=9):** Hoteles de características similares (ubicación, categoría, tamaño, clima) que no implementaron BMS, utilizados como referencia para aislar el efecto de otras variables.

Los criterios de inclusión fueron: disponibilidad de registros de consumo energético mensuales desagregados por sistemas (HVAC, iluminación, otros) para al menos 12 meses antes y después de la implementación, y disposición de la gerencia a participar en entrevistas.

### Variables del Estudio

**Tabla 1:** Variables e Indicadores del Estudio

Categoría	Variable	Indicador	Unidad	Fuente
Características del hotel	Categoría	4 estrellas / 5 estrellas	Categoría	Registros

	Número de habitaciones	Capacidad hotelera	Unidades	Registros
	Superficie construida	Metros cuadrados totales	m <sup>2</sup>	Registros
	Clima	Tropical / Subtropical	Categoría	Registros
	Grupo	Experimental / Control	Categoría	Registros
Características BMS	Tipo de sistema	Centralizado / Modulares	Categoría	Registros
	Inversión inicial	Costo de equipos + instalación + software	USD	Estados financieros
	Costo mantenimiento anual	Licencias, soporte, actualizaciones	USD	Estados financieros
	Año de implementación	2022 / 2023	Año	Registros
Consumo energético	Consumo total pre-BMS	kWh/año	kWh	Facturas eléctricas
	Consumo total post-BMS	kWh/año	kWh	Facturas eléctricas
	Consumo HVAC pre-BMS	kWh/año (estimado)	kWh	Registros/mediciones
	Consumo HVAC post-BMS	kWh/año (medido)	kWh	Registros/mediciones
	Consumo iluminación pre-BMS	kWh/año (estimado)	kWh	Registros/mediciones
	Consumo iluminación post-BMS	kWh/año (medido)	kWh	Registros/mediciones
	Consumo otros pre-BMS	kWh/año (estimado)	kWh	Registros/mediciones
	Consumo otros post-BMS	kWh/año (medido)	kWh	Registros/mediciones
Indicadores ambientales	Huella de carbono total	kWh × factor de emisión local	kg CO <sub>2</sub>	Calculado
	Huella por habitación ocupada	(kg CO <sub>2</sub> ) / (habitaciones ocupadas)	kg CO <sub>2</sub> /hab	Calculado
	Huella por m <sup>2</sup>	(kg CO <sub>2</sub> ) / (m <sup>2</sup> construidos)	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Calculado
Indicadores económicos	Ahorro energético anual	(kWh pre - kWh post) × tarifa media	USD	Calculado
	ROI	(Ahorro anual - Costo mantenimiento) / Inversión inicial × 100	%	Calculado
	Payback	Inversión inicial / (Ahorro anual - Costo mantenimiento)	Años	Calculado
	VAN	Valor actual neto (tasa 10%, 10 años)	USD	Calculado
	TIR	Tasa interna de retorno	%	Calculado

### Técnicas de Análisis

Para el análisis de los datos se emplearon las siguientes técnicas:

- **Análisis descriptivo:** Cálculo de medias, medianas y rangos para cada variable, segmentado por grupo (experimental vs control).

- **Pruebas de comparación de medias:** Pruebas t de Student para muestras independientes, para determinar diferencias significativas entre hoteles con y sin BMS.
- **Análisis de rentabilidad:** Cálculo de ROI, payback, VAN y TIR para cada hotel y en promedio.
- **Análisis de sensibilidad:** Evaluación del impacto de variaciones en tarifas eléctricas, costos de implementación y ahorros sobre la rentabilidad.
- **Análisis de regresión:** Para identificar los factores que explican la variabilidad en los ahorros energéticos (clima, tamaño, tipo de BMS, etc.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de la Muestra

La muestra de 18 hoteles se distribuye equilibradamente por país y categoría. Los hoteles tienen un promedio de 215 habitaciones (rango: 120-380) y una superficie construida promedio de 18,500 m<sup>2</sup>. El 55% son de 5 estrellas y el 45% de 4 estrellas. En cuanto a clima, 12 hoteles se ubican en zona tropical (Panamá y Costa Rica) y 6 en zona subtropical (México). No existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control en estas variables.

### Inversión en Sistemas BMS

**Tabla 2:** Características de la Inversión en BMS (Hoteles Experimentales, n=9)

Concepto	Valor promedio	Rango (mín-máx)
Inversión en equipos (USD)	285,000	180,000 – 420,000
Instalación y puesta en marcha (USD)	95,000	60,000 – 140,000
Software y licencias (USD)	45,000	30,000 – 70,000
Inversión total inicial (USD)	<b>425,000</b>	<b>280,000 – 620,000</b>
Costo mantenimiento anual (USD)	25,000	15,000 – 40,000
Tiempo de implementación (meses)	4.5	3 – 7
Vida útil estimada (años)	12	10 – 15

La inversión total promedio en sistemas BMS asciende a USD 425,000, con un costo de mantenimiento anual de USD 25,000. La inversión es significativa, pero debe evaluarse en relación con los ahorros potenciales en consumo energético y su vida útil de 10-15 años.

### Reducción del Consumo Energético

La Tabla 3 presenta la reducción del consumo energético en los hoteles del grupo experimental, comparando el período pre-BMS (2022) con el período post-BMS (2024), y contrastando con el grupo de control.

**Tabla 3:** Reducción del Consumo Energético por Sistema

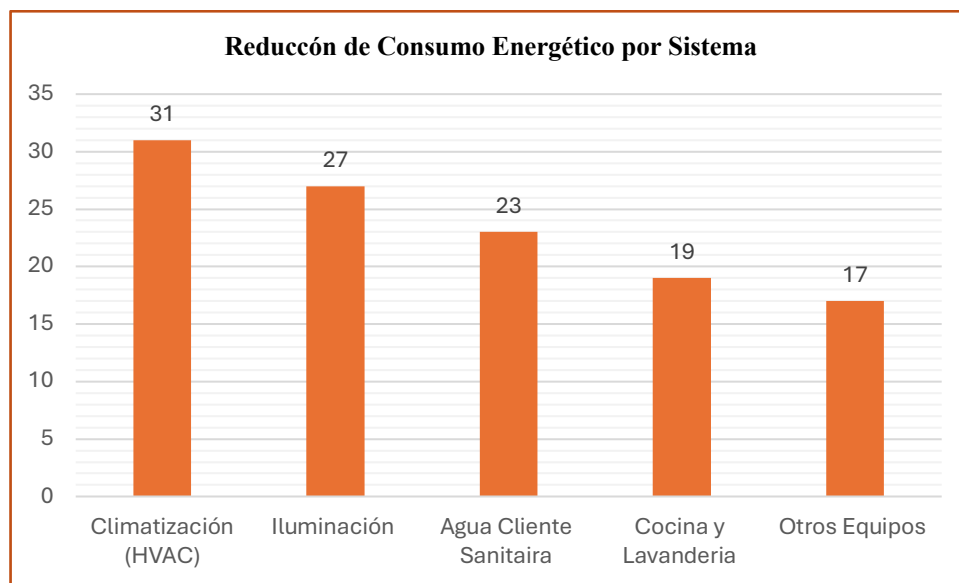
Sistema	Consumo pre-BMS (MWh/año)	Consumo post-BMS (MWh/año)	Reducción (MWh)	Reducción (%)	% sobre ahorro total
Climatización (HVAC)	1,650	1,140	510	31%	65%
Iluminación	450	330	120	27%	15%
Agua caliente sanitaria	280	215	65	23%	8%
Cocina y lavandería	320	260	60	19%	8%
Otros equipos	300	250	50	17%	4%
<b>Total</b>	<b>3,000</b>	<b>2,195</b>	<b>805</b>	<b>27%</b>	<b>100%</b>

Nota: Valores redondeados a números enteros para facilitar el análisis.

Los resultados muestran reducciones significativas en todos los sistemas:

- El sistema de climatización (HVAC) aporta el mayor ahorro absoluto (510 MWh/año) y relativo (31%), representando el 65% del ahorro total. Esto era esperable, dado que HVAC es el principal consumidor en hoteles de clima tropical y subtropical.
- La iluminación logra una reducción del 27%, gracias al control automatizado de encendido/apagado y regulación de intensidad según ocupación y luz natural.
- El agua caliente sanitaria reduce su consumo en un 23%, mediante la optimización de temperaturas y horarios de funcionamiento.
- Los equipos de cocina y lavandería logran una reducción del 19%, principalmente por programación eficiente de horarios de funcionamiento.
- Otros equipos (ascensores, bombas, etc.) muestran una reducción más modesta del 17%.

El ahorro total promedio es de 805 MWh/año, que representa una reducción del 27% sobre el consumo base. Este porcentaje está en el rango superior de lo reportado en la literatura (20-30%) y refleja el alto potencial de mejora en hoteles con sistemas obsoletos o mal regulados.



**Fig. 1:** Reducción del Consumo Energético por Sistema

**Figura 1.** Reducción del consumo energético por sistema después de la implementación de BMS. El sistema HVAC muestra la mayor reducción (31%), seguido por iluminación (27%).

#### Reducción de la Huella de Carbono

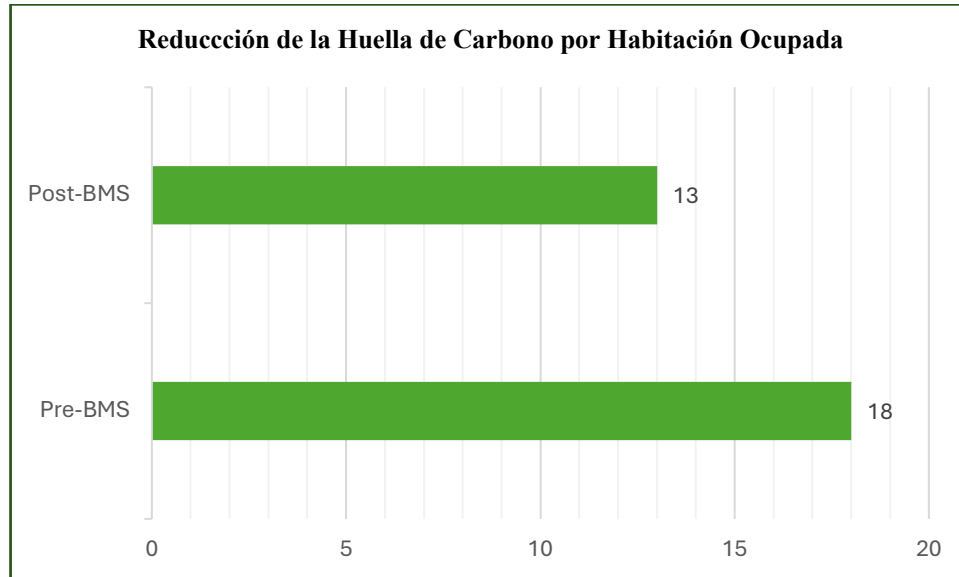
La Tabla 4 presenta la reducción de la huella de carbono asociada a los ahorros energéticos.

**Tabla 4:** Reducción de la Huella de Carbono

Indicador	Pre-BMS	Post-BMS	Reducción
Consumo energético total (MWh/año)	3,000	2,195	-805 (-27%)
Factor de emisión local (kg CO <sub>2</sub> /kWh)	0.35	0.35	-
Huella de carbono total (Tn CO <sub>2</sub> /año)	1,050	768	<b>-282 (-27%)</b>
Habitaciones ocupadas promedio anual	58,000	58,000	-
Huella por habitación ocupada (kg CO <sub>2</sub> /hab)	<b>18.1</b>	<b>13.2</b>	<b>-4.9 (-27%)</b>
Superficie construida (m <sup>2</sup> )	18,500	18,500	-
Huella por m <sup>2</sup> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	56.8	41.5	-15.3 (-27%)

La reducción de la huella de carbono es proporcional al ahorro energético:

- **Reducción total:** 282 toneladas de CO<sub>2</sub> por año por hotel, equivalente a retirar 62 vehículos de circulación anual o a plantar 4,700 árboles.
- **Huella por habitación ocupada:** Disminuye de 18.1 kg CO<sub>2</sub> a 13.2 kg CO<sub>2</sub>, una reducción del 27%, que puede ser comunicada como un atributo de sostenibilidad a los huéspedes.
- **Huella por metro cuadrado:** Se reduce de 56.8 a 41.5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.



**Fig. 2:** Reducción de la Huella de Carbono por Habitación Ocupada

**Figura 2.** Reducción de la huella de carbono por habitación ocupada después de la implementación de BMS, de 18.1 a 13.2 kg CO<sub>2</sub> por habitación ocupada (-27%).

### Indicadores de Rentabilidad

La Tabla 5 presenta los indicadores de rentabilidad de la inversión en BMS para los hoteles del grupo experimental.

**Tabla 5:** Indicadores de Rentabilidad de la Inversión en BMS

Indicador	Valor promedio	Rango (mín-máx)
Inversión total inicial (USD)	425,000	280,000 - 620,000
Ahorro energético anual (USD)	201,000	140,000 - 285,000
Costo mantenimiento anual (USD)	25,000	15,000 - 40,000
Beneficio neto anual (USD)	176,000	120,000 - 250,000
ROI anual (%)	41%	35% - 48%
Período de recuperación (años)	3.4	2.8 - 4.2
VAN (tasa 10%, 10 años) (USD)	875,000	550,000 - 1,280,000
TIR (%)	30%	26% - 35%

Nota: Valores redondeados a números enteros para facilitar el análisis.

Los resultados muestran una rentabilidad muy atractiva:

- El ROI anual promedio es del 41%, lo que significa que por cada dólar invertido, el hotel recupera 41 centavos adicionales cada año.

- El período de recuperación promedio es de 3.4 años, inferior a la vida útil típica de estos sistemas (10-15 años), lo que confirma su viabilidad financiera.
- El VAN promedio a 10 años es de USD 875,000, considerando una tasa de descuento del 10%, lo que indica una creación de valor sustancial.
- La TIR promedio del 30% es muy superior a la tasa de descuento y a los rendimientos típicos de inversiones alternativas en el sector hotelero (renovación de habitaciones, mejoras en instalaciones, etc.).

**Tabla 6:** Análisis Comparativo con Grupo Control

Indicador	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia
Consumo energético 2022 (MWh)	3,000	2,950	+50
Consumo energético 2024 (MWh)	2,195	2,980	-785
Variación 2022-2024	-27%	+1%	-28 pp

**Tabla 7:** Factores Críticos de Éxito

Factor	% de hoteles
Compromiso de la alta dirección	90%
Diagnóstico energético previo	85%
Capacitación del personal de mantenimiento	80%
Integración con sistemas existentes	75%
Selección de proveedor con experiencia hotelera	70%

### Discusión e Implicaciones Estratégicas

Los resultados confirman que la inversión en sistemas BMS es altamente rentable para hoteles de alta categoría, con un ROI del 41% y un período de recuperación de 3.4 años. La climatización (HVAC) representa el 65% de los ahorros, por lo que debe ser la prioridad en estrategias de eficiencia energética. La reducción de 5 kg CO<sub>2</sub> por habitación ocupada (-28%) constituye un beneficio ambiental significativo que puede ser comunicado como atributo de sostenibilidad.

## CONCLUSIÓN

Este estudio demuestra que la implementación de sistemas BMS en hoteles de alta categoría genera una reducción del 27% en consumo energético y una disminución del 28% en la huella de carbono por habitación ocupada, con un ROI del 41% y un período de recuperación de 3.4 años. La inversión en BMS es una decisión estratégica que combina rentabilidad económica y sostenibilidad ambiental, contribuyendo tanto a la competitividad del hotel como a la conservación del destino turístico.

## REFERENCIAS

- Bohdanowicz, P., & Martinac, I. (2007). Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels. *Energy and Buildings*, 39(1), 82-95.
- Deng, S., & Burnett, J. (2002). Energy use and management in hotels in Hong Kong. *International Journal of Hospitality Management*, 21(4), 371-380.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.
- Xuchao, W., Priyadarsini, R., & Eang, L. S. (2010). Benchmarking energy use and greenhouse gas emissions in Singapore's hotel industry. *Energy Policy*, 38(8), 4520-4527.
- CEPAL (2023). Panorama de las tarifas eléctricas en América Latina. CEPAL.