

# FEVIAC

Feria Virtual del Aire Acondicionado

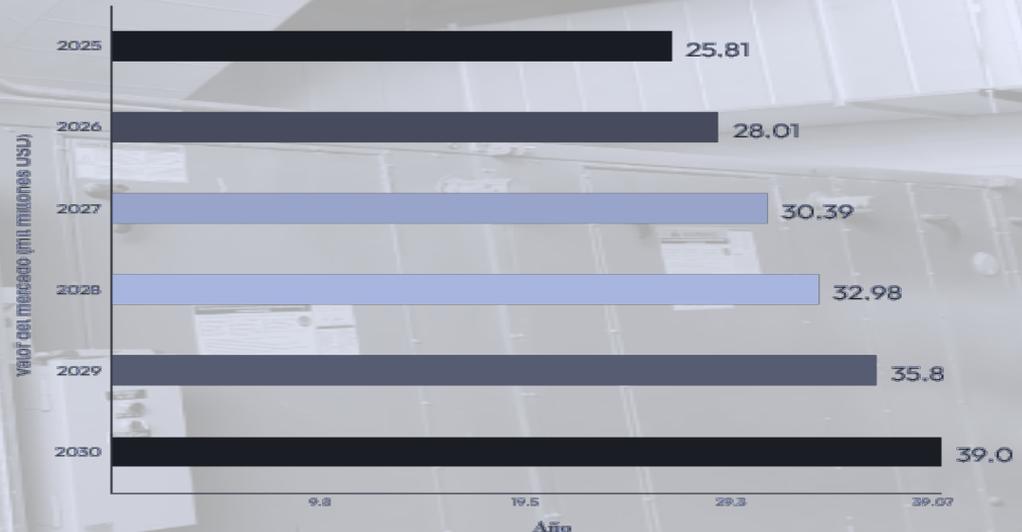


# SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA HVAC

# 1. INTRODUCCIÓN

Controles HVAC lideran con más del 39% del mercado global en 2021 y crecerán hasta superar el 40% en 2025.

El crecimiento esta impulsado por la demanda creciente de edificios inteligentes y la optimización del consumo energético. Esta tendencia abre oportunidades para el desarrollo de soluciones que integren el control, monitoreo y eficiencia energética HVAC.





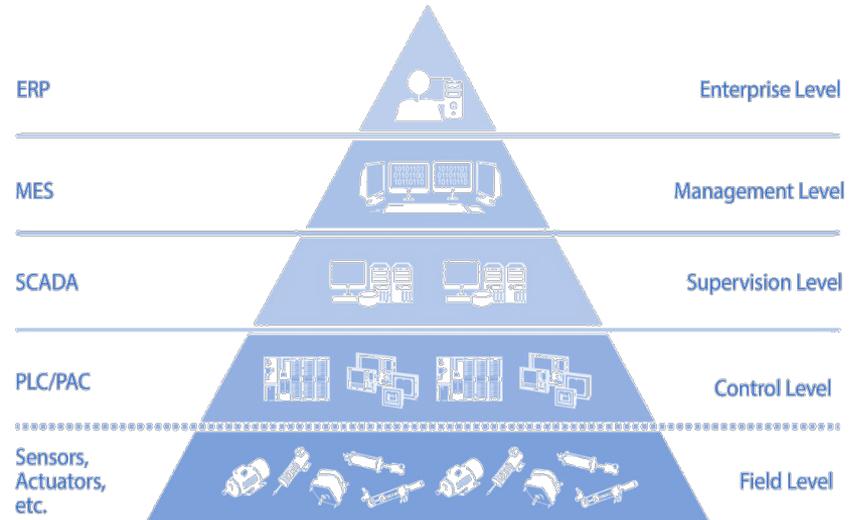
Sector Industrial	Tipo de Control HVAC	Prioridad de Automatización	Objetivo Principal
Alimentaria	Control de temperatura y humedad, ventilación	Alta	Conservación de alimentos, cumplimiento sanitario
Farmacéutica/Biotecnológica	Control preciso de temperatura, humedad, presión y filtración (salas limpias)	Muy alta	Cumplimiento GMP, calidad de producción
Electrónica/Semiconductores	Salas limpias, control de partículas, temperatura y flujo de aire	Muy alta	Evitar defectos en producción sensible
Centros de Datos/Telecom	Control de temperatura, humedad, flujo de aire, monitoreo remoto	Muy alta	Evitar sobrecalentamiento y fallas de servidores
Química/Petroquímica	Ventilación, extracción de gases, temperatura y humedad	Alta	Seguridad industrial, manejo de sustancias peligrosas
Manufactura General	Temperatura, ventilación, flujo de aire	Media	Confort de personal y estabilidad de procesos
Automotriz	Control de temperatura y humedad en plantas y salas de pintura	Alta	Calidad de pintura y procesos de ensamblaje
Hospitales/Salud	Salas limpias, quirófanos, control de presión, temperatura y filtración	Muy alta	Esterilidad, confort y seguridad de pacientes

## 2. PANORAMA GENERAL DE LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Los sistemas HVAC automatizados representan una evolución tecnológica en la gestión del clima interior, integrando calefacción, ventilación y aire acondicionado con sistemas de control inteligentes.



Su aplicación es clave, ya que permiten mejorar la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental y mantener el confort de los ocupantes de forma continua y precisa.



Los principios básicos de control se centran en mantener condiciones ambientales óptimas (como temperatura, humedad y calidad del aire) de forma eficiente, estable y segura, usando sistemas de control automático.

### SEÑALES DISCRETAS

(2 Estados)

- Botones arranque/paro
- Sensores de nivel o presencia.
- Alarma



### SEÑALES ANALÓGICAS

- (Estados continuos dentro de un rango)
- Transmisor de temperatura y humedad.
- Frecuencia de variador
- Apertura de válvulas modulantes.



### ACTUADORES

Pueden tener señal discreta o analógica, dependiendo del tipo de actuador y/o función.



### MOTORES VENTILACIÓN

- Pueden tener señal discreta o analógica, dependiendo del tipo de función.





**EQUIPOS HVAC**  
Incluye unidades de calefacción, UMA ventilación, chillers, calderas, etc.



**INTERFAZ DE USUARIO**  
Permiten a los operadores monitorear, ajustar y programar el funcionamiento del sistema.

**BACnet**

Modbus RTU



**INSTRUMENTOS Y ACTUADORES**  
medir, monitorear y controlar las variables, para lograr un control preciso y eficiente.



**CONTROLADORES**  
Dispositivos programables (como PLC) procesan información y ejecutan órdenes, para mantener las condiciones deseadas.



**PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN**  
Lenguaje entre equipos

PROTOCOLO	APLICACIÓN PRINCIPAL	VENTAJAS PRINCIPALES
Zigbee	Sensores de temperatura, CO <sub>2</sub> , iluminación	Bajo consumo, ideal para redes de sensores
Wi-Fi	Termostatos, interfaces web, monitoreo remoto	Alta velocidad, fácil de integrar con redes existentes
Bluetooth/BLE	Controles locales, sensores portátiles	Muy bajo consumo, rápido emparejamiento
LoRa/LoRaWAN	Grandes edificios, monitoreo ambiental IoT	Gran alcance, ultra bajo consumo
Z-Wave	Automatización del hogar (HVAC, luces)	Alta interoperabilidad en entornos domésticos
Thread	Edificios inteligentes con IoT	Auto-configurable, bajo consumo

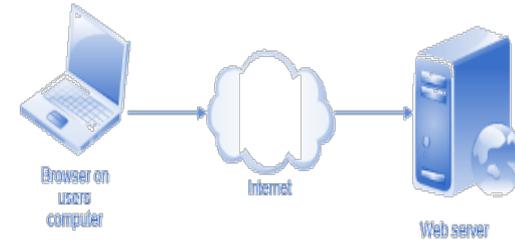


Protocolos de comunicación inalámbricos para instrumentación de sistemas HVAC..



PROTOCOLO	TIPO	MEDIO FISICO	APLICACIÓN COMUN EN HVAC	NIVEL DE INTEGRACIÓN
Modbus RTU / TCP	Abierto	RS-485 / Ethernet	Controladores, variadores, sensores	Medio-Alto
BACnet MS/TP / IP	Estándar abierto	RS-485 / IP	Edificios inteligentes, integración total HVAC	Muy alto
KNX	Abierto	TP (par trenzado) / IP	Automatización de edificios (HVAC, iluminación)	Alto
LonWorks	Abierto	TP / IP	Control descentralizado en edificios	Medio
Zigbee / Z-Wave	Inalámbrico	RF 2.4 GHz / 900 MHz	Sensores inalámbricos, HVAC residencial	Bajo-Medio
MQTT	IoT	TCP/IP (Internet)	HVAC inteligente, monitoreo remoto	Alto (en IoT)
CAN / CANopen	Industrial	CAN bus	Sistemas embebidos en chillers o VFDs	Medio-Alto
PROFIBUS / PROFINET	Industrial	RS-485 / Ethernet	HVAC industrial y fábricas	Alto

Protocolos de comunicación para equipos HVAC.



Un Web Server) en HVAC es un componente integrado (o externo) que permite acceder y controlar el sistema HVAC a través de una interfaz web, usando un navegador como Chrome, Firefox o Safari, sin necesidad de software adicional.

Network 1: ARRANQUE

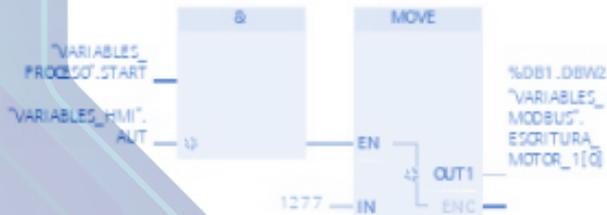
Comment



## 3. BENEFICIOS CLAVE DE LA AUTOMATIZACIÓN EN HVAC

Network 2: ARRANQUE UMA MOTOR 1

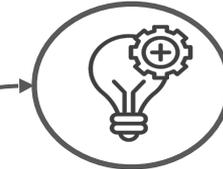
Comment



### MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y REDUCCIÓN DE FALLOS



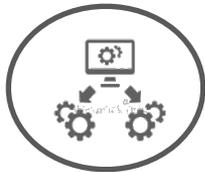
- Permite anticipar fallos antes de que impacten la producción.
- Reducción de paros no planificados, menores costos de reparación y mayor vida útil de los equipos.



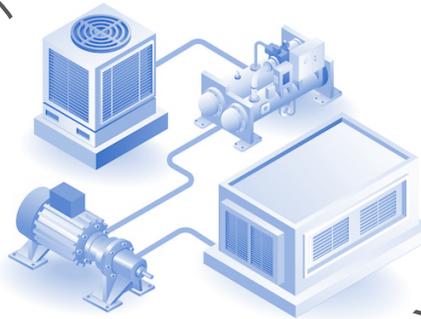
### EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Ajustes dinámicos según la carga térmica real.
- Reducción de pérdidas térmicas y ciclos de trabajo innecesarios

### INTEGRACIÓN CON SISTEMAS INDUSTRIALES



Esto permite una visión global de las operaciones, mayor trazabilidad y control centralizado.



### CONTROL PRECISO DE CONDICIONES

- En muchas industrias, mantener variables no es opcional, sino crítico.
- Consistencia y estabilidad, imposible de lograr con controles manuales.



### SEGURIDAD Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

Mejora la seguridad industrial y facilita auditorías regulatorias.

### CONSUMO ENERGETICO

#### • OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGETICO.

- Los PLC permiten gestionar de manera eficiente el consumo de energía en los sistemas HVAC ajustando los parámetros según las necesidades específicas de cada momento.

### CONTROL PRECISO

#### • CONTROL PRECISO

- Los sistemas PLC pueden realizar ajustes en tiempo real, lo que permite que el sistema solo use la cantidad necesaria de energía, reduciendo el desperdicio.

### AJUSTES AUTOMÁTICOS

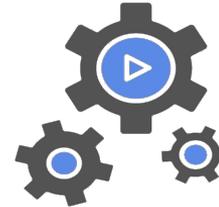
#### • AJUSTES AUTOMÁTICOS

- Los PLC permiten que el sistema HVAC se ajuste automáticamente según los parámetros programados.

### PERSONALIZACIÓN

#### • PERSONALIZACIÓN

- Los usuarios pueden programar y ajustar las condiciones del ambiente a sus necesidades específicas, lo que se traduce en un confort superior.



### PRECISE CONTROL



Un sistema HVAC automatizado puede mantener en todo momento:

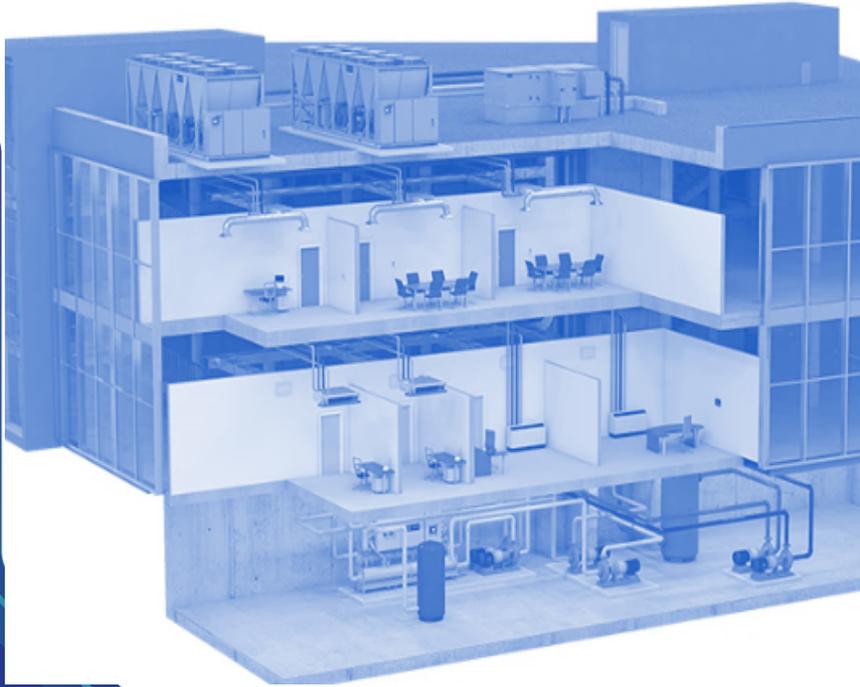
- Niveles adecuados de ventilación.
- Control de humedad relativa.
- Filtrado y renovación de aire según necesidades reales del espacio.

- ✓ **Registrar datos**
- ✓ **Almacenar historial de variables y alarmas.**
- ✓ **Generar reportes automáticos.**

Esto es importante para cumplir normas como: Estándares de ventilación y calidad del aire interior, salud ocupacional. Demostrar el cumplimiento ante autoridades o certificadores en auditorías técnicas o ambientales.



Los sistemas "se hablan" entre sí para tomar decisiones basadas en condiciones reales.



### **Mayor eficiencia operativa**

Alineación entre necesidades de climatización y procesos productivos.

### **Monitoreo y control centralizado**

Todos los sistemas se gestionan desde una plataforma común (BMS, SCADA).

### **Mayor seguridad industrial**

El HVAC responde a eventos detectados por sistemas de seguridad o emergencia.

### **Escalabilidad y adaptabilidad futura**

Sistemas integrados son más fáciles de expandir o adaptar a nuevas tecnologías



### MONITOREO CONTINUO DE VARIABLES EN TIEMPO REAL.

- \*Temperatura
- \*Humedad
- \*Presión del aire
- \*Flujo de refrigerante



### ALARMAS, HISTORIAL DE FUNCIONAMIENTO.

- \*Genera alertas cuando alguna variable sale de su rango normal.
- \*Registrar eventos, tendencias y condiciones de funcionamiento a lo largo del tiempo.



### MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIONES

- En lugar de hacer mantenimientos en intervalos fijos (por tiempo), se pueden hacer cuando realmente son necesarios, según el estado real del equipo.



CONDENSADORA\_01

OFF

CONDENSADORA\_02

OFF

HTT\_01

72.69%HR

HTT\_01

2.89 °C

HTT\_02

61.15%HR

HTT\_02

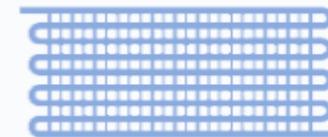
5.44 °C

# 4. TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS ACTUALES



EVAPORADOR\_01

OFF



EVAPORADOR\_02

OFF

HTT\_H\_PROMEDIO

67.14%HR

HTT\_T\_PROMEDIO

4.07 °C

MODOS: AUTOMATICO

## Tendencias Tecnológicas Clave en HVAC

Innovaciones que impulsan sistemas HVAC inteligentes, sostenibles y seguros



Integración de **IoT** para sensores conectados que permiten monitoreo en tiempo real y control dinámico



Gestión de edificios inteligentes mediante **Sistemas de Gestión de Edificios (EMS)** para optimizar operaciones



Impulso a la **sostenibilidad** mediante análisis avanzados y automatización para eficiencia energética



Uso de **protocolos abiertos** que facilitan la escalabilidad e interoperabilidad entre dispositivos HVAC



Garantía de **seguridad y acceso remoto** para operaciones confiables y protegidas en infraestructuras HVAC



Mantto



Idioma: Castilian



11:5

22.06.20

CONDENSADORA\_01

# \*\*\*\* CONECTIVIDAD \*\*\*\*

CONDENSADORA\_02

HTT\_H\_01

72.69%HR



HTT\_T\_01

2.69 °C

HTT\_H\_02

61.15%HR



HTT\_T\_02

5.44 °C

# OPC UA

EVAPORADOR\_01

OFF

HTT\_H\_PROMEDIO

67.14%HR

HTT\_T\_PROMEDIO

4.07 °C

EVAPORADOR\_02

OFF

MODULO: AUTOMATICO

**El protocolo OPC UA (Open Platform communications- Unified Architecture) Se ha convertido en un estándar muy utilizado en automatización industrial y sistemas HVAC.**



Es un protocolo de comunicación industrial orientado a objetos



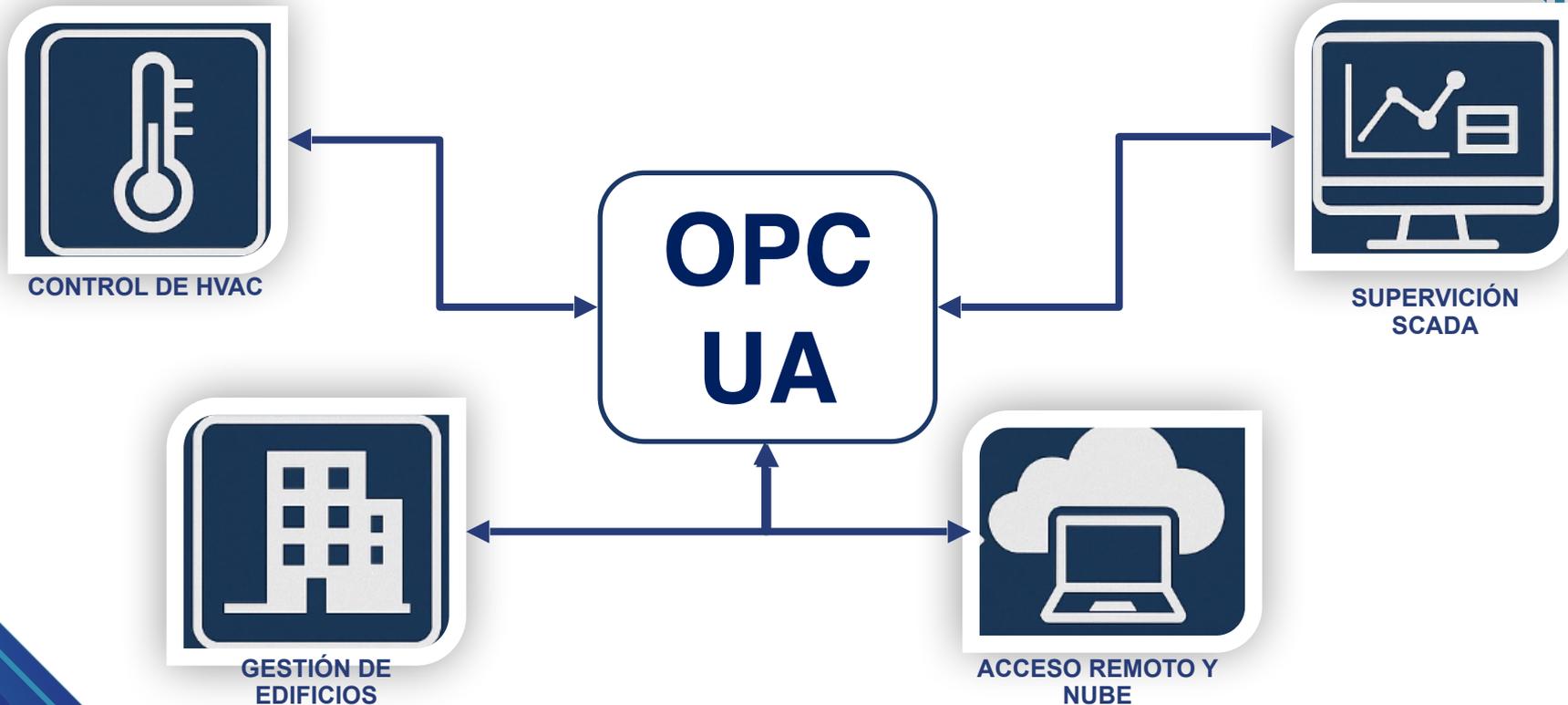
Funciona sobre ethernet/TCP/IP y puede usarse también en entornos IoT y cloud



A diferencia de Modbus o BACnet, no solo transmite datos crudos, si no también información semantica (Tags con nombre , tipo de variable , jerarquía).



Está diseñado para ser seguro (Cifrado, autenticación, control de acceso) y abierto (No depende de un fabricante).





## Interoperabilidad

Permite que equipos de distintos fabricantes se comuniquen sin necesidad de gateways propietarios



## Seguridad integrada

Incluye encriptación TLS, certificados digitales y autenticación de usuarios



## Datos estructurados

No solo se leen registros (como en Modbus), se tiene una jerarquía de información



## Conexión con sistemas superiores

Facilita la integración con SCADA / BMS, plataformas en la nube y Big Data / IA



## SEGURIDAD INTEGRADA

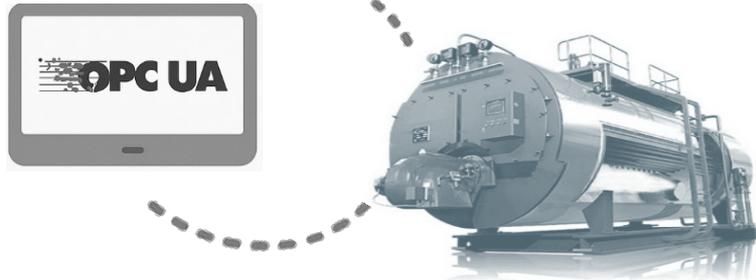


Cifrado TLS, certificados digitales, autenticación de usuarios

Control de acceso por roles (RBAC)

Ideal para redes HVAC con acceso remoto y nube

- Un chiller expone sus datos vía OPC UA:
- Temperaturas (entrada/salida agua)
- Presiones (Evaporador/condensador)
- Estado de compresores
- Alarmas



- Una caldera
- Temperatura de salida
- Nivel de agua
- Temperatura de salida
- Una unidad manejadora de aire (AHU) expone:
- Velocidades de ventilador
- Posición de compuertas
- Temperaturas y humedades

**El BMS/SCADA los integra en una misma plataforma OPC UA, sin necesidad de gateway adicionales.**

## Comparación rápida

Protocolo	Enfoque	Nivel de detalle	Seguridad	Uso en HVAC
Modbus	Lectura/escritura de registros	Bajo	Baja	Chillers, calderas, equipos legacy
BACnet	Orientado a edificios	Medio	Medio	AHUs, BMS, HVAC general
OPC UA	Modelo de datos + comunicación	Alto (jerarquía y semántica)	Alta (TLS certificados)	Integración avanzada, IoT, nube

BMS, que se refiere a "Building Management System" (Sistema de Gestión de Edificios), puede tener varias secciones dependiendo de su diseño y funcionalidad específica. Generalmente, un BMS incluye las siguientes secciones principales:

**Control de HVAC:** Gestión de calefacción, ventilación y aire acondicionado, lo que permite ajustar las condiciones de confort en el edificio.

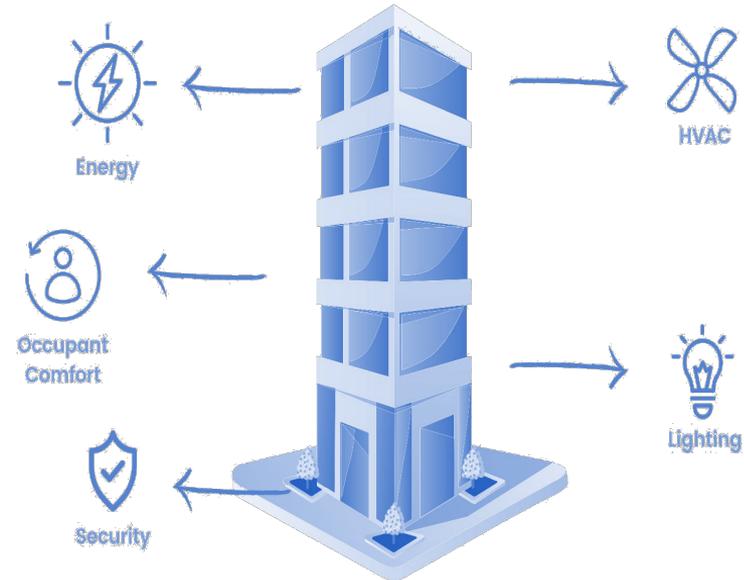
**Iluminación.**

**Seguridad:**

**Energía:**

**Sistemas de Incendio**

**Monitoreo Ambiental:**



Protocolo privado

## Controles locales



- termostatos alámbricos e inalámbricos
- controles centralizados
- medidores de consumo eléctrico.

Protocolo privado

## Controles remotos



- Utilizan infraestructura de internet
- Utilizan aplicaciones móviles
- Se pueden monitorear a través de computadoras

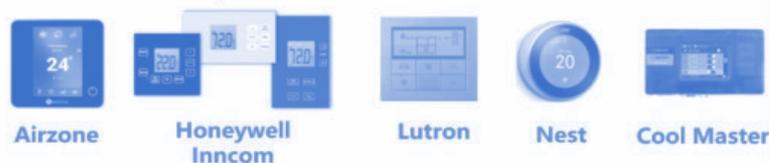
protocolo abierto

## Controles integradores



- Protocolos estándar, mas comunes
- Son integradores
- Se usan como enlace

## Compatibilidad de controles



- Enlace de interfaz entre controles de diferentes marcas.
- Enfocados en diseño

### Integración con IoT (Internet de las Cosas)



Sensores inteligentes conectados a internet permiten monitoreo en tiempo real.

Análisis de datos en la nube para ajustar el rendimiento de forma remota.



### EJEMPLO

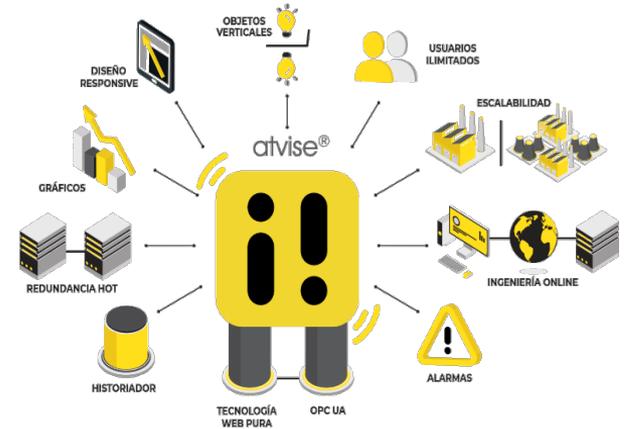
Un sensor IoT de temperatura detecta un aumento inesperado en una zona del edificio

- Envía datos al controlador
- El sistema ajusta automáticamente el flujo de aire y activa la ventilación
- Se evita el sobrecalentamiento y se mantiene el confort sin intervención humana.

# FEVIAC Sistema SCADA CONECTIVIDAD

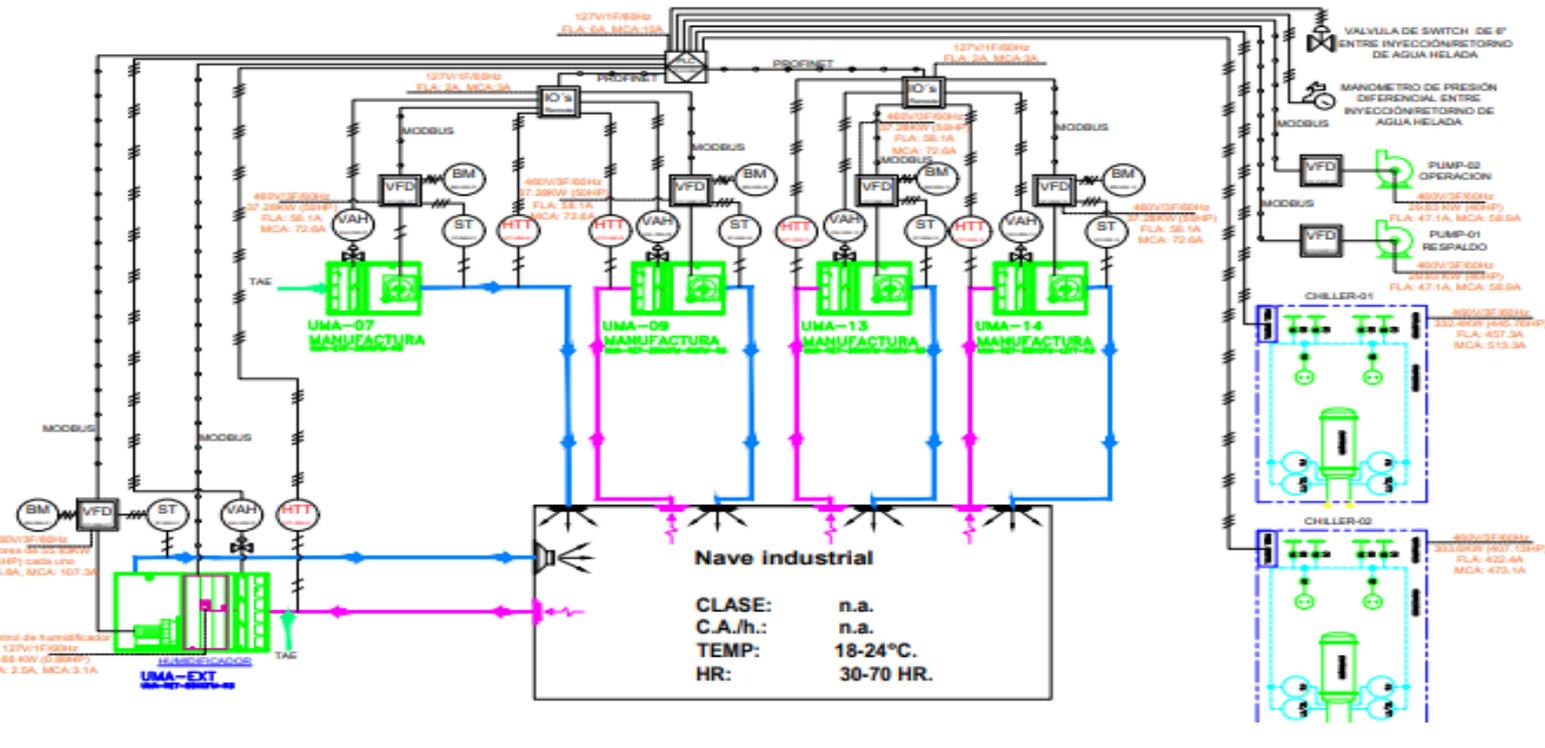
Feria Virtual del Aire Acondicionado

Un sistema SCADA es una solución tecnológica que permite la **supervisión, control y adquisición de datos** en tiempo real de procesos industriales a distancia.

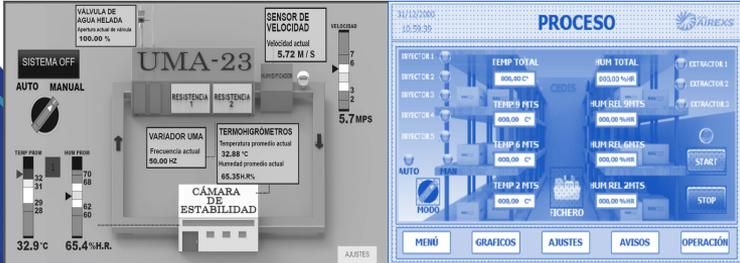


En un sistema HVAC automatizado, el SCADA actúa como la plataforma central de supervisión, facilitando la eficiencia, seguridad y operación continua del sistema

## 5. CASOS PRÁCTICOS Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN



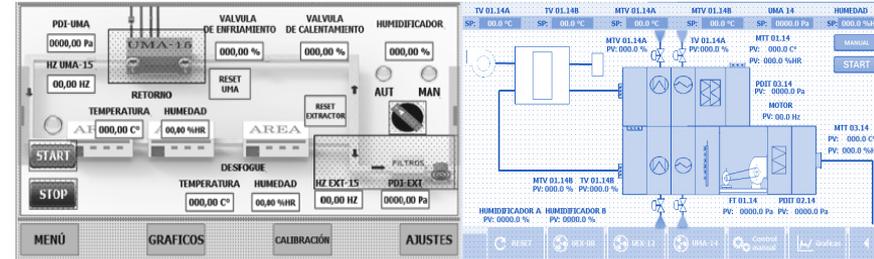
## UMA CON CONTROL DE TEMPERATURA



La finalidad es regular la salida de aire de la UMA para que el ambiente:

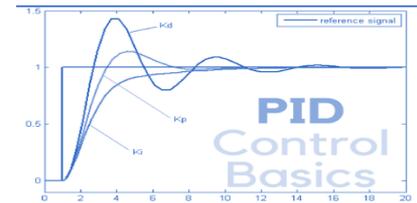
- ✓ Mantenga la temperatura deseada (setpoint)
- ✓ Mantenga la humedad relativa adecuada (setpoint)
- ✓ Asegure eficiencia energética
- ✓ Responda a cambios en el ambiente (personas, clima, procesos).

## UMA CON CONTROL PID



Objetivo del control PID en una UMA

- ✓ Regular automáticamente la temperatura del aire de suministro o del ambiente comparando:
    - ✓ Setpoint (Variable deseada)
    - ✓ Variable medida (Variable actual)
- Ajustando la salida (válvula, ventilador, compuerta, etc.)



# UMA CON INTERACCIÓN VÍA COMUNICACIÓN MODBUS Y MAS EQUIPOS

### MODBUS EN CHILLERS

A través de Modbus, exponen registros que permiten:

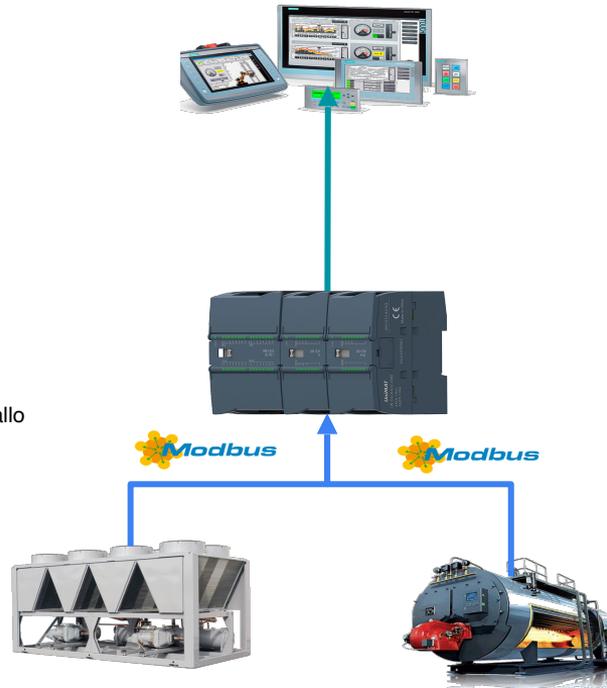
- Lectura de variables operativas:
- Temperatura de entrada/salida de agua fría.
- Presiones de refrigerante.
- Velocidad de compresores y ventiladores.

#### Consumo energético.

- Lectura de estados:
- En marcha/parada.
- Modos de operación (enfriamiento, standby, alarma).
- Alarmas activas (alta presión, baja presión, fallo de bomba, etc.).

#### Comandos de control:

- Arranque/paro del equipo.
- Ajuste del setpoint de temperatura del agua helada.
- Reset de alarmas.



### MODBUS EN CALDERAS

En las calderas, Modbus permite:

#### Lectura de parámetros clave:

- Temperatura del agua de entrada/salida.
- Presión de vapor o agua.
- Estado del quemador.
- Nivel de modulación de llama.

#### Monitoreo de condiciones de seguridad:

- Presostatos de seguridad.
- Termostatos de sobre temperatura.
- Alarmas (falta de gas, fallo de encendido, baja presión de agua).

#### Comandos remotos:

- Encendido/apagado de la caldera.
- Ajuste de temperatura de consigna.
- Selección de modos (manual, automático).

## 6. RETOS COMUNES Y MEJORES PRÁCTICAS

## MEJORES PRACTICAS

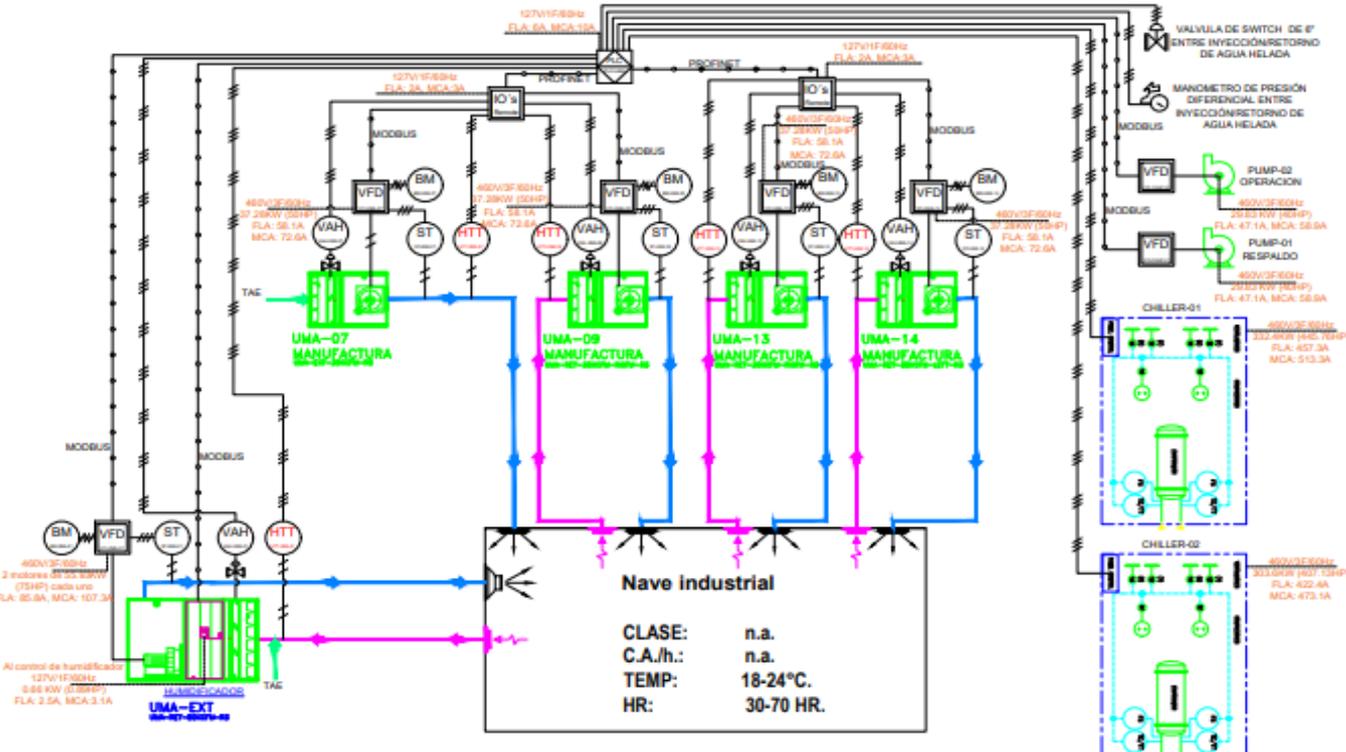


**RETOS  
TÉCNICOS**

**RETOS OPERATIVOS**

**INVERSIÓN INICIAL Y  
JUSTIFICACIÓN DEL ROI**

## DISEÑO DESDE CERO LEVANTAMIENTO EN CAMPO



## RESUMEN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

- 8 Variadores de velocidad para motores UMA's y bombas, comunicación Modbus.
- 5 Transmisores de temperatura y humedad.
- 5 Transmisores de velocidad
- 5 Válvulas modulantes
- 2 Chiller comunicación Modbus.



**Chillers y calderas:** registra ubicación, marca, modelo y número de serie



**Bombas de agua helada y caliente:** identifica todas las bombas principales con sus datos técnicos



**Unidades manejadoras de aire (AHU):** anota modelo, ubicación exacta y serie



**Fan Coil Units (FCU):** registra detalles completos para cada unidad



**Válvulas motorizadas y dampers:** identifica su tipo y datos técnicos clave



**Sistemas de ventilación y extracción:** documenta ubicación y características



**Sensores instalados:** temperatura, presión, flujo, CO<sub>2</sub>, humedad, etc., con ubicación y tipo específico

## Datos eléctricos y protocolos clave para control

Medición precisa y compatibilidad para sistemas de control eficaces

Medición de **voltaje** y **corriente** de alimentación en cada equipo

Identificación de señales de control: **analógicas** (0-10 V, 4-20 mA)

Señales **digitales** de tipo on/off para control básico

Protocolos de comunicación: **Modbus RTU/TCP, EACnet, OPC UA**

Presencia de sistemas de control: **PLCs, controladores DDC y EMS**

Información esencial para definir arquitectura de control y garantizar compatibilidad futura

Equipo	Variable	Tipo de señal	Descripción
AHU	Sensor de temperatura de suministro	AI, 0-10 V	 <p>Mide la temperatura del aire que suministra el equipo</p>
AHU	Actuador válvula de agua fría	AO, 0-10 V	 <p>Controla el flujo de agua fría para enfriamiento</p>
AHU	Detector de filtro sucio	DI, contacto seco	 <p>Indica obstrucción o necesidad de limpieza del filtro</p>
AHU	Señal encendido/apagado ventilador	DO, relé ON/OFF	 <p>Estado operativo del ventilador (activo o detenido)</p>

## Análisis y planificación para integración HVAC

Pasos clave para evaluar redes de comunicación y espacio físico en sistemas HVAC



Identificar redes existentes: Modbus RTU/TCP, BACnet IP, LON, OPC UA para garantizar



Medir longitudes aproximadas de cableado y ductos para planificar infraestructura y evitar pérdidas de señal



Verificar necesidad de convertidores de protocolo o gateways para integrar sistemas heterogéneos



Revisar disponibilidad de espacio en tableros eléctricos o gabinetes para nuevos dispositivos



Evaluar la infraestructura para facilitar el diseño y la expansión futura del sistema de control HVAC

## Documentación completa del levantamiento

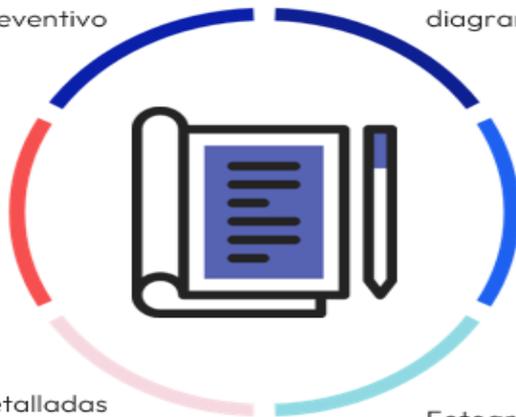
Elementos clave para asegurar claridad y utilidad técnica

Base clara para diseño de paneles, programación del sistema y mantenimiento preventivo

Planos o esquemas del sistema, incluyendo P&ID y diagramas de control

Recomendaciones específicas sobre sensores dañados, falta de espacio o condiciones que afectan el desempeño

Tablas completas de entradas y salidas (I/O) con referencias claras



Resúmenes técnicos de equipos y observaciones detalladas del sistema

Fotografías con etiquetas precisas y referencias

# PROTOCOLO DE PRUEBAS FAT Y SAT

### FAT

- Verificar la **funcionalidad** completa de los equipos HVAC y su sistema de control
- Confirmar la **operatividad** efectiva del sistema en condiciones reales de uso
- Validar la correcta **integración** entre el sistema de control y los equipos HVAC
- Revisar la documentación técnica y manuales asociados para asegurar que estén completos y actualizados

### SAT



La SAT se realiza directamente en el lugar de instalación para validar el sistema.



Verifica que el sistema funcione correctamente en su entorno operativo real.



Busca confirmar la adecuada integración del sistema según especificaciones técnicas.



Garantiza el desempeño eficaz bajo condiciones reales de uso y operación.

## NORMATIVAS CLAVE Y BENEFICIOS DE FAT Y SAT.

Garantizan calidad,  
seguridad y eficiencia  
operativa en todas las  
industrias



Ambos protocolos están regulados por normativas específicas según industria y tipo de equipo



FAT y SAT aseguran la calidad y seguridad en la verificación y puesta en marcha de equipos



La adopción de FAT y SAT minimiza riesgos técnicos y operativos durante la instalación



Mejoran la satisfacción del cliente al garantizar que los sistemas funcionan según lo esperado



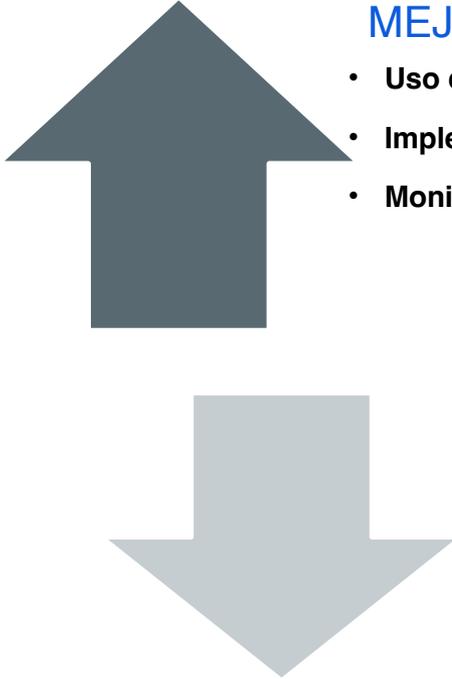
Optimización de la operación y mantenimiento, aumentando la eficiencia y calidad del servicio

**Pruebas clave aprobadas:**  
Red, HMI, alarmas, PLC y rendimiento

ID	Descripción	Resultado	Observaciones
FAT-01	Conexión de red	Aprobado	Red estable y sin pérdidas durante prueba
FAT-02	Funcionalidad HMI	Aprobado	Interfaz operativa con respuesta inmediata
FAT-03	Alarmas	Aprobado	Todas las alarmas configuradas activan correctamente
FAT-04	Integración PLC	Aprobado	Comunicación PLC sin errores y señales correctas
FAT-05	Rendimiento del sistema	Aprobado	Cumple tiempos de respuesta y carga especificados

Resumen detallado de pruebas aprobadas en instalación, funcionalidad, capacitación, rendimiento y recuperación ante fallos

ID	Descripción	Resultado	Observaciones
SAT-001	Verificación de instalación eléctrica	Aprobado	Cumple con especificaciones técnicas
SAT-002	Prueba de funcionalidad del sistema	Aprobado	Operación estable sin fallos
SAT-003	Capacitación al personal operativo	Aprobado	Personal certificado y evaluado
SAT-004	Evaluación de rendimiento bajo carga	Aprobado	Rendimiento dentro de parámetros esperados
SAT-005	Prueba de recuperación ante fallos	Aprobado	Recuperación inmediata y segura



### MEJORA CON AUTOMATIZACIÓN

- **Uso de protocolos abiertos y estándares**
- **Implementación de control inteligente.**
- **Monitoreo continuo y analítico.**



### RETOS TÉCNICOS

- **Integración con sistemas inteligentes (IoT, BMS, etc).**
- **Complejidad en el control**



### CIBERSEGURIDAD



**Vulnerabilidades en sistemas conectados a internet.**

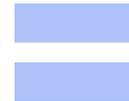


**Posibles accesos no autorizados a los sistemas de control automático.**

Implementa firewalls, autenticación y segmentación de red para evitar intrusiones.



Considera el acceso remoto seguro para diagnóstico y mantenimiento.



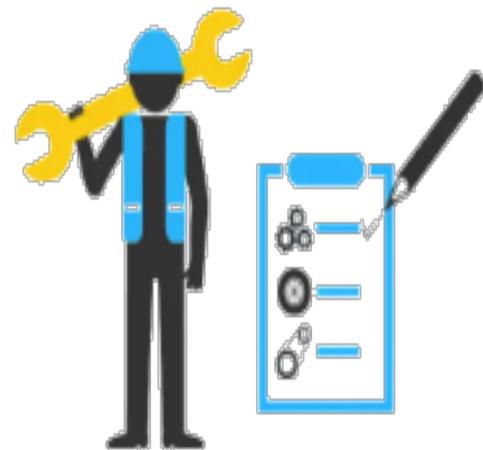
RETOS DE IMPLEMENTACIÓN

Falta de personal capacitado.

**Asegurar que los técnicos comprendan el sistema automatizado.**

- \*Reduce errores humanos y mejora la operación diaria.
- \*Manuales personalizados y documentación clara.
- \*Capacitación personalizada en campo.
- \*Acompañamiento post-implementación (soporte).

MEJORA CON AUTOMATIZACIÓN



RETOS DE MANTENIMIENTO

### MANTENIMIENTO

El mantenimiento se realiza de forma reactiva o programada, lo cual puede generar fallos inesperados o costos innecesarios.

- \*Supervisión en tiempo real del estado de los equipos.
- \*Alertas automáticas
- \*Interfaces gráficas
- \*Generación automática de reportes e históricos.

MEJORA CON AUTOMATIZACIÓN

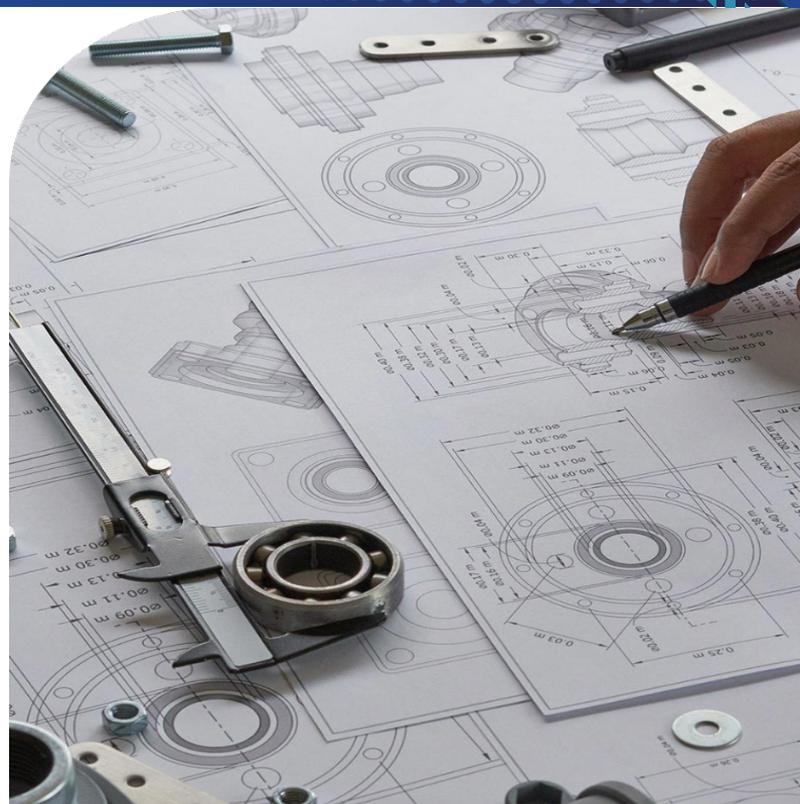


## 7. INGENIERIA AL DETALLE (RETORNO DE INVERSION)

## INGENIERÍA DE DETALLE: PRECISIÓN PARA EL ÉXITO

### TECNOLÓGICO

*Transforma diseños preliminares en documentos técnicos claros que aseguran ejecución eficiente y sin retrabajos.*



## ¿Qué es la Ingeniería de Detalle? Definición y Alcance

Precisión en planos, procesos y normativas para asegurar calidad y funcionalidad



### Definición de Ingeniería de Detalle

- Desarrollo de planos, cálculos, especificaciones técnicas y documentación con alto nivel de precisión
- Parte del proceso que sigue al diseño conceptual o básico



### Alcance principal

- Selección de materiales adecuados para la fabricación y construcción
- Definición detallada de procesos y procedimientos técnicos
- Identificación y gestión de interfaces entre sistemas y equipos
- Garantía de cumplimiento normativo y estándares de seguridad



### Importancia en tecnología

- Incluye diseño de hardware y software embebido
- Integra sistemas complejos asegurando funcionalidad y calidad final

### Tendencias Actuales y Futuro de la Ingeniería de Detalle

Mantener una comunicación constante entre equipos de diseño y ejecución

Implementar revisiones multidisciplinarias para detectar errores tempranos

Usar estándares y plantillas uniformes para garantizar coherencia

Realizar validaciones y simulaciones antes de la producción

Mantener la documentación actualizada en sistemas centralizados

Estas prácticas reducen retrabajos y aseguran entregables precisos y confiables



#### Automatización y simulación avanzada

- Uso de inteligencia artificial para automatizar revisiones y reducir errores humanos.
- Implementación de gemelos digitales para simulaciones en tiempo real que optimizan diseños y procesos.



#### Colaboración y estándares internacionales

- Plataformas colaborativas basadas en la nube que mejoran la integración y comunicación global de equipos.
- Adopción de estándares internacionales estrictos que elevan la calidad y seguridad en los proyectos.



#### Impacto estratégico en proyectos modernos

- Estas tendencias aceleran el ciclo de desarrollo y aumentan la precisión en la ingeniería.
- La Ingeniería de Detalle se consolida como un pilar esencial en el éxito de proyectos tecnológicos actuales.

Mantenerse actualizado en tendencias tecnológicas para maximizar el valor del proyecto.

Optimizar la comunicación interequipos para garantizar alineación y eficiencia.

Fomentar la capacitación continua para mantener y mejorar competencias profesionales.



Implementar mejores prácticas para asegurar precisión, calidad y cumplimiento normativo.

Aprovechar herramientas digitales para optimizar la planificación y ejecución de proyectos.

Gestionar adecuadamente los desafíos técnicos para fortalecer la ejecución y resultados.

El Retorno de Inversión (ROI) es una métrica que mide ¿cuánto? y ¿en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial realizada en un sistema HVAC automatizado?.

- ❖ Ahorros operativos
- ❖ Eficiencia energética
- ❖ Reducción de mantenimiento.





**De acuerdo con un estudio realizado por “McKinsey & Company” en 2019 se encontraron diversos beneficios al automatizar las líneas de producción y los procesos.**

Disponibilidad: +5 –15% de disponibilidad en líneas por sensórica y analítica.

Paros: –30% a –50% de paros no programados.

Rendimiento: +10% a +30% sin ampliar turnos ni área

Productividad laboral: +15% a +30% por estandarización y asistencia digital.

Energía: casos verificados de –40% de consumo al instrumentar y optimizar; variadores (VFD) en bombas/ventiladores/compresores logran ahorros significativos.



## Beneficios Técnicos

- Control documental integral del proyecto con trazabilidad y versiones: planos, catálogos de conceptos, especificaciones, memorias de cálculo y cronograma, con revisión/aprobación.
- Cuantificación y catálogo de conceptos validados para CAPEX/OPEX, comparativas de proveedores y compras (CAPEX)
- Revisión por parte de interesados: operación, mantenimiento, EHS, gerencia.
- Coordinación de ingeniería multidisciplinaria con detección de interferencias (clash detection), reduciendo retrabajos desde el diseño.
- Revisión de puntos de interconexión previo a ejecución (Tie-in)

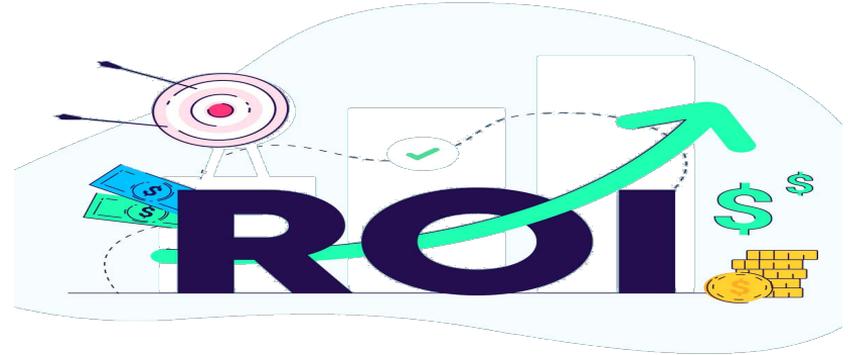
## Beneficios Económicos

- Bajo costo: aproximadamente del 1.5 al 5% del presupuesto del proyecto. (Gibson, 2018)
- Ahorro del 6 al 25% en costo y del 6 al 39% en tiempo. (West & Gibson, 2018)
- Con un buen PRDI los sobrecostos son de aproximadamente el 1% del y el retraso del 2% del tiempo. (NASA, 2000)
- Las órdenes de cambio disminuyen del 11% al 7%. (NASA, 2000).
- Mayor “readiness” genera 20% menos incremento de costo, 22% menos crecimiento de plazo y mas de 29% de productividad. (Valency Inc. resumiendo investigación CII, 2020)

De acuerdo con un estudio realizado por “**McKinsey & Company**” en 2019 se encontraron Payback típico actual: 1–3 años (vs 5–8 años en décadas previas) gracias a costos de a la baja e integración más ágil.

Ahorro macro estimado (EE. UU.) por infraestructura “smart”: 57.4 bn USD/año. Indica la magnitud de valor desbloqueable por estandarizar datos/sensores/automatización  
Payback 2

$$ROI (\%) = \frac{\text{Ahorro anual} + \text{Margen Disponibilidad} + \text{Ahorro energetico} - \text{OPEX nuevo}}{\text{Capex}} * 100$$



## 8. SESIÓN DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS

