

SISTEMA CIBER-FÍSICO APLICADO AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL SECTOR HOTELERO

**Samuel Domínguez Cid^{1,*}, Javier Antonio Guerra Coronado², Julio Barbancho Concejero³,
Francisco Javier Molina Cantero⁴, Diego Francisco Larios Marín⁵, Carlos León de Mora⁶**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de
Sevilla;*

E-mail de correspondencia: sdcid@us.es

RESUMEN

El sector turístico es clave para la economía española, por lo que desarrollos e innovaciones en términos de digitalización son necesarios para mejorarlo. Para ello, se plantea la utilización de sistemas ciber-físicos, los cuales parten del concepto de la virtualización de la planta mediante la adquisición de los estados de los equipos físicos. A partir de esta esta información, y mediante algoritmos específicos, se realizan acciones para cerrar los lazos de control, fomentando la digitalización del sector industrial. En este sistema ciber-físico se va a utilizar una aplicación de mantenimiento predictivo de los equipos de clima. Se ha desarrollado una red de adquisición de datos con algoritmos que se encarguen de la gestión y procesado de datos. Estos sistemas tienen conectividad a internet. Por último, cerrando el lazo de control, se actúa sobre el sistema cambiando el estado físico de los equipos. Este sistema se ha desplegado sobre una instalación hotelera específica, pudiendo ser interoperable con tecnologías de terceros.

1. INTRODUCCIÓN

En España el turismo es una de las principales actividades alcanzando en 2019 un 12,4 % [1] del producto interior bruto del país, siendo la cifra de unos 154.487 millones de euros. Además, este sector aportó al empleo un total de 2,72 millones de puestos de trabajos, representando un 12,9% del empleo total del país [1]. Debido a la importancia de este sector, es vital atender a su estructura de costes, donde la energía y mantenimiento pueden suponer entre un 14% hasta un 22% del total. Adicionalmente, los consumos de climatización suponen aproximadamente un 42% de la energía total demandada [2]. En las labores de mantenimiento se ha de cumplir la regulación vigente definida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Como se puede extraer de él, [3] las empresas mantenedoras realizan un exhaustivo mantenimiento preventivo según dicta la Instrucción Técnica 3, lo que supone que estas labores no sean efectivas. El mantenimiento predictivo permite

optimizar los costes económico y cumplir con las necesidades del sector hotelero [4], aunque las inversiones que conlleva su implantación, con los productos comerciales actuales, son elevadas. Por lo que, surge la necesidad de desarrollar un nuevo producto o servicio que permita ofrecer un mantenimiento predictivo de bajo coste, aumentando la eficiencia energética de las instalaciones y reduciendo los consumos energéticos.

2. SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta es un sistema ciber-físico, Figura 1, que parte de la adquisición de los datos mediante una red de sensores. Es decir, se tendrán sensores que van a registrar variables de interés que, mediante un sistema de adquisición de datos, se van a digitalizar y procesar. Adicionalmente, se va a desplegar una aplicación que, a partir de los datos adquiridos y procesados, determina cuándo se ha realizar mantenimiento.

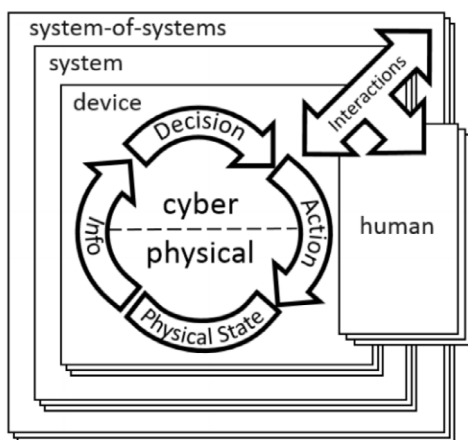


Figura 1. Modelo conceptual de los CPS

Fuente: National Institute of Standard Technology, NIST. [5]

Los sensores utilizados para la adquisición son de temperatura, intensidad y presión, cuyos valores son obtenidos mediante un sistema de adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos se encargará de la adaptación de los valores tomados de los sensores, la digitalización de los datos y su conversión a valores de ingeniería. Concretamente, este sistema se divide en: un sistema de acondicionamiento de señales, un sistema basado en microcontrolador y un sistema basado en microprocesador.

En el sistema de acondicionamiento, la información tomada de los sensores es adaptada y digitalizada para que un sistema digital pueda interpretarla.

El sistema basado en microcontrolador toma los datos digitalizados de la etapa de acondicionamiento y los convertirá a valores de ingeniería, adaptándolo a un protocolo de comunicaciones propio. Se ha utilizado una tarjeta de desarrollo comercial, Arduino Mega, como sistema basado en microcontrolador.

El sistema basado en procesador se comunicará con el microcontrolador, decodificando el protocolo, procesando la información y teniendo la posibilidad de comunicación con una nube para funcionalidades específicas, como almacenamiento de la información. Para este sistema se ha utilizado una raspberry pi 3. Se han desplegado servicios mediante contenedores software utilizando Docker, permitiendo un rápido despliegue. Los servicios desplegados son MariaDB y Grafana. MariaDB es un sistema de almacenamiento estructurado y persistente de la información. Grafana es un sistema de visualización de datos que permite crear interfaces personalizados, tanto para los datos históricos, como los valores actuales. En la Figura 2 se puede observar un diagrama en el que se resume la estructura creada.

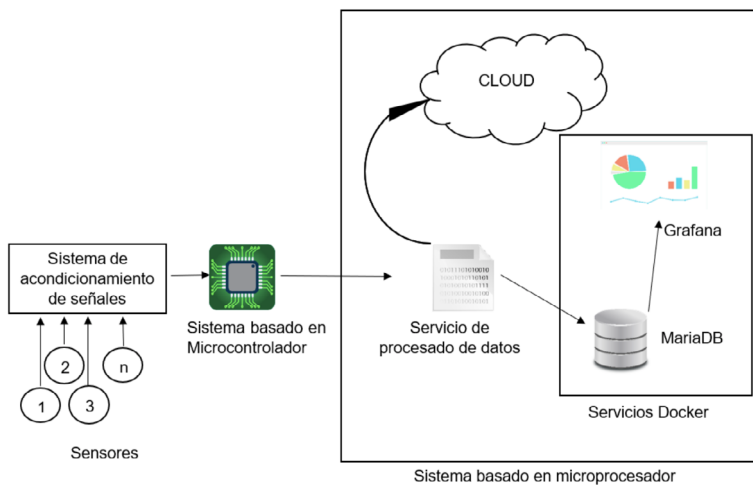


Figura 2. Infraestructura creada para la obtención de datos.

Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todo el sistema anteriormente descrito se implementa como un sistema ciber-físico, el cual ha sido probado tanto en condiciones controladas en laboratorio como en campo. Concretamente, las pruebas han sido realizadas en un hotel de Sevilla, el

Hotel Barceló Renacimiento. Mediante la adquisición de los datos, se han podido observar las dinámicas de los sistemas, digitalizando y almacenando los estados de los equipos. Se ha creado una aplicación que, a partir de los datos obtenidos, determina la existencia de una probabilidad de que la máquina falle y por lo tanto sea necesario realizar un mantenimiento antes del fallo. Estos resultados son comunicados a la empresa mantenedora de la instalación mediante una interfaz gráfica, a partir de alertas. Con la notificación al técnico mantenedor se cierra el lazo de control del sistema ciber-físico, como se puede ver en la Figura 1. Sus actuaciones pueden cambiar el estado de la máquina, obteniéndose nuevos valores de sus variables. De esta manera se tiene un sistema ciber-físico en el que el lazo de control es el humano.

4. CONCLUSIONES

A partir del paradigma de los sistemas ciber-físicos se ha creado una estructura que permite la adquisición del estado de los equipos de una instalación térmica en el sector hotelero, que digitaliza y procesa los datos en tiempo real en la planta. A partir de la ejecución de una aplicación, se envían alertas al equipo mantenedor para la ayuda a la toma de decisiones en cuestiones de mantenimiento, pudiendo evitar que se detenga el equipo debido a un mantenimiento correctivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Instituto Nacional de Estadística (INE)**. Aportación del turismo a la economía española – Año 2019 [Online]. Dispone: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736169169&menu=ultiDatos&idp=1254735576863. Último acceso: 26 de octubre de 2021.
- [2] **C. y E. J. de A. Agencia Andaluza de la Energía**. Consejería de Innovación, “Guía de eficiencia energética en el sector hotelero andaluz.” 2008
- [3] **Ministerio de la Presidencia**. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. 29 de agosto de 2007. [Online] Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820>. Último acceso: 26 de octubre de 2021.
- [4] **Coandă P., Avram M., and Constantin V.**, “A state of the art of predictive maintenance techniques,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 997, p. 012039, Dec. 2020

- [5] **Griffor E. R., Greer C., Wollman D. A., and Burns M. J.**, “Framework for cyber-physical systems: volume 1, overview,” National Institute of Standards and Technology, Jun. 2017.