

ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES SOSTENIBLES Y CON MANTENIMIENTO EFICIENTE

ELEMENTS FOR THE DESIGN OF SUSTAINABLE INDUSTRIAL CONSTRUCTION WITH EFFICIENT MAINTENANCE

Javier Cárcel-Carrasco

ITM Instituto Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València. Valencia, (España).

E-mail: fracar1@csa.upv.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2776-533X>

Aurora Martínez-Corral

ITM Instituto Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València. Valencia, (España).

E-mail: aumarcor@csa.upv.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8222-0864>

Fabiola Colmenero-Fonseca

ITM Instituto Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València. Valencia, (España).

E-mail: fcolmenerof@outlook.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1901-2725>

Luis Palmero Iglesias

Dept. Construcciones Arquitectónicas. Universitat Politècnica de València. Valencia, (España).

E-mail: lpalmero@csa.upv.es

Recepción: 18/02/2022 **Aceptación:** 09/03/2022 **Publicación:** 14/03/2022

Citación sugerida:

Cárcel-Carrasco, J., Martínez-Corral, A., Colmenero-Fonseca, F., y Palmero, L. (2022). Elementos para el diseño de construcciones industriales sostenibles y con mantenimiento eficiente. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 11(1), 49-69. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2022.v11n1e41.49-69>

RESUMEN

En el diseño de una nueva planta o construcción industrial, afectará de manera crónica las decisiones tomadas en el primer momento (fiabilidad de las instalaciones y equipamiento, reducción tiempos paradas, eficiencia energética, acciones medioambientales). En este artículo se presenta un estudio de caso de una planta industrial donde el diseño está basado en la mejora de la fiabilidad, mantenimiento y explotación eficiente, así como la eficiencia energética y el respeto medio-ambiental, donde los procesos y decisiones.

PALABRAS CLAVE

Construcción industrial, Mantenimiento industrial, Eficiencia energética, Gestión medioambiental.

ABSTRACT

In the design of a new plant or industrial construction, it will chronically affect the decisions made at the outset (reliability of facilities and equipment, reduction of downtime, energy efficiency, environmental actions). This article presents a case study of an industrial plant where the design is based on improving reliability, maintenance and efficient operation, as well as energy efficiency and respect for the environment, where key processes and decisions affect largely to the sustainability of large industrial constructions.

KEYWORDS

Industrial construction, Industrial maintenance, Energy efficiency, Environmental management.

1. INTRODUCCIÓN

El planteamiento de un nuevo proyecto de una construcción o planta industrial, debe tener como fin, marcar las condiciones físicas y económicas para la consecución del producto requerido (Bailey *et al.*, 2008; Chee *et al.*, 2012). Es vital el conseguir un alto componente de disponibilidad, misión que debe ser seguida por las operaciones de mantenimiento (Cárcel *et al.*, 2013, 2013a, 2020). Que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas, es ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o como un “coste económico” a asumir por los órganos de dirección (Cárcel *et al.*, 2021, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d; 2021e).

Toda planta industrial debería ser la fusión perfecta entre el Hombre y la Máquina, trabajando, así como uno, donde la función principal del hombre es la obtención del mayor rendimiento de las Máquinas e instalaciones, y con cultura corporativa hacia el mantenimiento, desarrollando los adecuados planes de mantenimiento, con adecuada eficiencia y reducción de costos (Sols, 2000).

La distribución de la planta se orienta normalmente al proceso o al producto, teniendo además un buen criterio de distribución.

Para la obtención de un buen proceso productivo se deben aplicar métodos de ingeniería, con una evaluación constante para ver la reacción del personal con respecto a la aplicación del mismo (González, 2005; Sánchez *et al.*, 2021).

Las afirmaciones sobre Desarrollo Sustentable hablan de acciones que debemos "tomar en cuenta" (Medio ambiente) como un reto hacia la protección de nuestro entorno, pero de esto surge una pregunta ¿Por qué afirmamos como un nuevo reto algo que debió ser obvio?.

La conciencia ecológica busca establecer un vínculo entre el medio ambiente y el individuo, cuyo propósito es que este último procure el bienestar y equilibrio entre ambas partes, ya que finalmente este

será el más beneficiado, y en el caso de una conciencia medio-ambiental de una empresa, el conseguir la optimización con el respeto ecológico en sus propias plantas industriales.

Es por lo anterior que la tendencia industrial actual se ha esforzado en lograr que las instalaciones de producción sean cada vez más eficientes, con la máxima disponibilidad posible, distribuyendo a los departamentos de tal manera que influyan positivamente en la forma en la que la planta opera.

1.1. ANÁLISIS DE PRINCIPIOS BÁSICOS

Los objetivos comúnmente más relevantes que se buscan con la distribución de planta son:

- Determinación del equipo, instalaciones y las herramientas para llevar a cabo el proceso productivo.
- Diseño del layout de la planta.
- Distribución de departamentos.
- Disposición de Maquinaria e instalaciones.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Estimación de los costos de inversión por conceptos del equipo y materia prima.

La planta puede ser distribuida de acuerdo a las necesidades de la misma integrando la fiabilidad y la disponibilidad requerida, teniendo como resultado diferentes tipos de distribución, como lo son la distribución orientada al producto, al proyecto, al proceso, la distribución para oficinas, almacenes o las híbridas (Cárcel *et al.*, 2022). Sin embargo, las empresas deben implementar distribuciones flexibles, es decir, aquellas que les permitan una adaptación a cambios tecnológico y productivos, capaces de incorporar las características de las distribuciones básicas. Finalmente, lo importante en una distribución es que esta satisfaga las necesidades básicas de una empresa, que son el flujo continuo de información y de materiales, ambos de una manera sencilla y fácil.

Teniendo en cuenta las consideraciones generales para el adecuado proyecto del proceso productivo, y una filosofía de calidad total basada en los círculos de Deming (Figura 1), donde se apuntaron como principios fundamentales del diseño e implantación de sus instalaciones los siguientes:

- Diseño basado en la fiabilidad.
 - Sistemas redundantes para evitar paradas en producción.
 - Posibilidad de actuaciones rápidas ante averías (Sustitución de componentes).
- Diseño basado en la Mantenibilidad.
 - Mantenimiento eficiente y económico.
 - Espacios para mantenimiento adecuados.
 - Mejores técnicas organizativas de mantenimiento (TPM, RCM).
 - Personal de mantenimiento implicado y motivado.
- Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.
- Diseño basado en el respeto medio ambiental.
- Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.

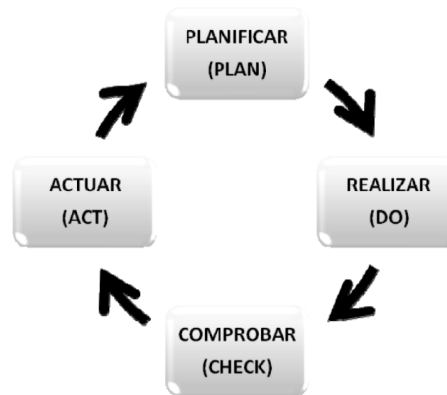


Figura 1. Circulo de mejora continua de Deming.

Fuente: elaboración propia.

2. LAS INSTALACIONES Y LOS PROCESOS EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN

En la industria los parámetros de calidad necesarios son amplios y en continua superación, con continua evaluación de la demanda energética. Es lógico que, en el planteamiento del diseño de una nueva factoría, dichos valores quieran estar implícitos desde un inicio. Una fase del comienzo del éxito es amplificar la sinergia entre los grupos intervinientes: Ingeniería, empresas instaladoras y montadoras, y sobre todo, el propio conocimiento de la organización (que son los que de verdad saben que quieren, necesitan, y cómo operan), y que fomentan la colaboración y optimizan la cadena de suministro en la ejecución, permitiendo una mejora en la comunicación e intercambio de información.

En base a ello, se partió con el diseño del propio polígono industrial donde estarían ubicadas las factorías, el entorno de respeto medio-ambiental requerido, y las pautas de suministro energético y de fluidos, basado en la fiabilidad total en la calidad del suministro.

La segunda fase consistió en el propio diseño de las factorías y sus instalaciones con los criterios basados en el apartado anterior; en un entorno de fiabilidad total, mantenibilidad y operación ágil y estructurada,

respeto medio-ambiental y máxima eficiencia energética, así como la consideración de los mecanismos para la captación de la información útil y con ello la adecuada gestión del conocimiento.

2.1. EL DISEÑO BASADO EN LA FIABILIDAD

La fiabilidad es el recurso fundamental para conseguir la optimización de los equipos productivos e instalaciones y minimizar el número y tipo de fallos que puedan producir el paro en la producción.

Se partió, con los criterios siguientes en referencia a la energía eléctrica, que conllevo al desarrollo de los proyectos de distribución eléctrica:

- Suministros redundantes desde la propia subestación, con disponibilidad de potencia hasta 35.000 kW.
- Posibilidad de suministro alternativo desde distintas subestaciones, evaluando el costo y la fiabilidad, con un modelo optimizado optimo a las exigencias del servicio.
- Centros de entrega redundantes en la propia urbanización.
- Sistemas telemandados remotos de control y conmutación de redes, automáticos, para la utilización ante acciones críticas.

De igual manera dentro de la propia distribución interior de la factoría, algunas de las decisiones importantes para el aumento de dicha fiabilidad en el conjunto de las instalaciones y servicios fueron las siguientes:

a) Aumento de la fiabilidad eléctrica:

Con una potencia instalada superior a los 25000 Kw, la distribución interior está formada por 16 transformadores secos de 1250 kVA cada uno, centralizados en tres centros de transformación

independientes, con un diseño basado en los centros de gravedad de las cargas. Algunas de las características generales tomadas son:

- Sistemas redundantes en las instalaciones eléctricas de media tensión (20 kV), tanto a nivel de líneas como transformadores de potencia, como la redundancia en las redes principales de BT (400/230V).
- Sustitución de los cables de potencia de BT por canalizaciones electrificadas prefabricadas, con el fin de reducir la probabilidad de fallo por dichos componentes y capacidad de carga en un momento dado.
- Cuadros eléctricos de potencia tipo OKKEN, con interruptores de potencia extraíbles, con el fin de prever de una manera rápida y eficaz, posibles sustituciones sin afectar a la producción.
- Sistemas de alimentación ininterrumpida mediante SAIs dinámicos (Volantes de inercia).
- Sistema de monitorizado y control de la distribución eléctrica. Control de las instalaciones de iluminación.

b) Aumento de la fiabilidad térmica, frío industrial y distribución de agua:

- Sistemas térmicos (agua y vapor)

Con una potencia térmica instalada para servicio de agua cliente y producción de vapor de 15200 kW, formada por 4 calderas con regulación de necesidades térmicas, da servicio a las necesidades de agua caliente y vapor para las actividades de producción, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales.

- Sistemas redundantes distribución de agua

Sistemas de impulsión de agua sanitaria, de limpieza, osmotizada, formada por 2 plantas de ósmosis, con control informatizado centralizado, y sistemas con regulador por variador para conseguir presiones

constante y alto nivel de eficiencia energética. Además de la redundancia en los sistemas de bombeo, se ha ejecutado sistemas anillados en la distribución, con múltiples válvulas de bypass (posibilidad de otras vías de suministro, maniobras y mantenimiento).

- Sistemas de frío industrial

Sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO₂, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con una potencia frigorífica instalada de 17660 kW, formada por 11 compresores con regulación automática de necesidades frigoríficas, da servicio a las necesidades de producción y almacenamiento de cámaras frigoríficas, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales. Con capacidad de reserva para sustituciones, paradas y acciones de mantenimiento.

2.2. EL DISEÑO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD

Uno de los pilares básicos de la disponibilidad es la mantenibilidad. Es por ello que fue uno de los criterios fundamentales en el diseño de la planta industrial: Conseguir los requerimientos necesarios para un mantenimiento eficiente, ágil, y económico para la máxima disponibilidad operacional, con los mejores modelos y herramientas para la evaluación de su costo.

Las opciones para ello fueron:

- La normalización y homogenización del mayor número de equipos y componentes utilizados en las instalaciones industriales.
- La aplicación de tácticas de mantenimiento, basadas desde la base con un TPM (Mantenimiento productivo total) en los niveles de producción, con la incorporación de mecánicos productivos, hasta los requisitos de un mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) utilizado en los equipos e instalaciones más avanzadas y críticas, con incorporación de técnicas de gestión del conocimiento

como elementos de auto-aprendizaje y decisión, para la reducción de tiempos de actuación ante averías o fallos cíclicos y no cíclicos (Figura 2).



Figura 2. Principios de mantenimiento de factorías eficientes.

Fuente: elaboración propia.

- El diseño de las salas técnicas, patinillos y posibles zonas de actuación de mantenimiento, con criterios de espacio suficiente, y acceso practicable en cualquier momento, que posibilite con facilidad y agilidad posibles sustituciones y maniobras comunes de mantenimiento. Este aspecto, normalmente olvidado en los diseños, es vital para la futura operación, rentabilidad en operación y eficiencia en las actividades ante fallos o mantenimientos rutinarios.

2.3. EL DISEÑO BASADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Una determinación fundamental del presidente de la compañía y apoyada por la dirección general de la empresa y el director de ingeniería, fue el diseño basado en la máxima eficiencia energética y el uso de energías alternativas, uno de los aspectos tácticos y económicos que deben estar presente en todas las organizaciones de mantenimiento.

De entre los muchos criterios utilizados y ejecutados, se podrían destacar:

- Control centralizado e informatizado, de la instalación eléctrica y control instantáneo de consumos generales y locales, con implantación de sistemas de medición en todas las líneas generales en los cuadros diseñados.
- Control informatizado de los sistemas de iluminación de toda la factoría y su sectorización a distancia, y de manera local mediante sectorizaciones parciales (sólo en marcha con tarjeta acceso). Todo el sistema de iluminación interior fluorescente dispone de sistema de regulación de flujo, para mayor optimización en uso y mayor vida operativa de las lámparas.
- Implantación en diseño y ejecución de variadores de velocidad con control electrónico en sistemas de bombeo y distribución de fluidos, con el fin de optimizar la eficiencia energética, regulación fina de presiones y caudales, menor desgaste del equipamiento y por consiguiente reducción de los costes de mantenimiento y aumento de la vida útil.
- En los sistemas de refrigeración industrial, uno de los recursos principales de la factoría, con el fin de aumentar la eficiencia energética y fiabilidad del sistema, se instaló un sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO₂, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con la recuperación de calor se consigue aprovechar la descarga de los compresores de amoníaco que es de 70°C y pasarla por un intercambiador de amoníaco/agua, que por seguridad se vuelve a pasar por otro intercambiador agua/agua, consiguiendo que esa energía residual sea aprovechada para que el agua que nos llega de la

red de distribución a 15° (por ejemplo) se caliente a unos 30°, este aumento de 15°, además de conseguir ahorro energético, ayuda a la condensación del amoniaco ahorrando energía en las torres de condensación. Así mismo todos los compresores están dotados de variadores electrónicos de velocidad para optimizar sus prestaciones y maximizar la eficiencia energética.

- En la apuesta por la utilización de energías alternativas, se procedió al diseño de una instalación fotovoltaica integrada en la zona industrial con potencia dentro de la factoría de 1.200 KW (400 kW en suelo y 800 kW sobre techos). Esto confiere un aporte fundamental de energía solar, además de conseguir otros aspectos tales como uniformidad en la autonomía de la energía eléctrica suministrada (Estabiliza las caídas de tensión y la calidad de la energía eléctrica proveniente de las subestaciones).

2.4. EL DISEÑO BASADO EN EL RESPETO MEDIO AMBIENTAL

Otros de los principios fundamentales, marcados por la dirección de ingeniería, fue el respeto medio-ambiental (Cárcel *et al.*, 2021e), no sólo en lo realmente obligatorio por normativas sectoriales, sino el adoptar las mayores medidas adicionales (Martínez Corral *et al.*, 2022), que hicieran del proyecto una factoría totalmente respetuosa con el medio-ambiente. Algunas de las medidas adoptadas:

- Una primera fase fue el conseguir una Autorización Ambiental Integrada del complejo industrial, construyendo una depuradora de última generación, con capacidad de tratamiento de 2000m³/día y una carga de 66.700 habitantes equivalentes (h.e.).

Para mayor aprovechamiento de las aguas residuales, esta una vez depurada en óptimas condiciones, es subida mediante unas estaciones de bombeo a un lago artificial que se tiene en la zona de la entrada al polígono, desde esa agua, además de hacer una función ornamental, es utilizada para la utilización de riego de toda la jardinería del complejo industrial.

- Aprovechamiento aguas pluviales, del interior de la factoría, con autorización de Confederación Hidrográfica del Júcar. Para ello se construyó una red de recogida de pluviales, habilitándose un pozo de bombeo y tres depósitos de 1000m³ cada uno para almacenar el agua de lluvia. Dichos depósitos tienen un sistema de control y ajuste de hipoclorito para mantener el agua en condiciones óptimas. Los usos fundamentales de esa agua son:
 1. Producción de agua descalcificada para la refrigeración de los condensadores evaporativos (torres de refrigeración)
 2. Suministro de agua para baldeos y limpieza de exteriores, y riego de la jardinería interior de la parcela
 3. Limpieza de placas solares.
 4. Abastecimiento a la fuente ornamental existente en la parcela
- Instalación industrial, libre de baterías para los sistemas de alimentación ininterrumpida, que son del tipo dinámico con volantes de inercia.
- Todos los transformadores se han considerado de tipo seco, para evitar el tratamiento y toxicidad de los aceites.

2.5. EL DISEÑO BASADO EN LA INFORMACIÓN Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

La información y datos es esencia vital para la funcionalidad óptima de los servicios de mantenimiento. En instalaciones complejas, se precisa la recolección de datos, con el fin de adecuar los programas de mantenimiento (Figura 3), control y operación de instalaciones y seguimiento de paradas o fallos.

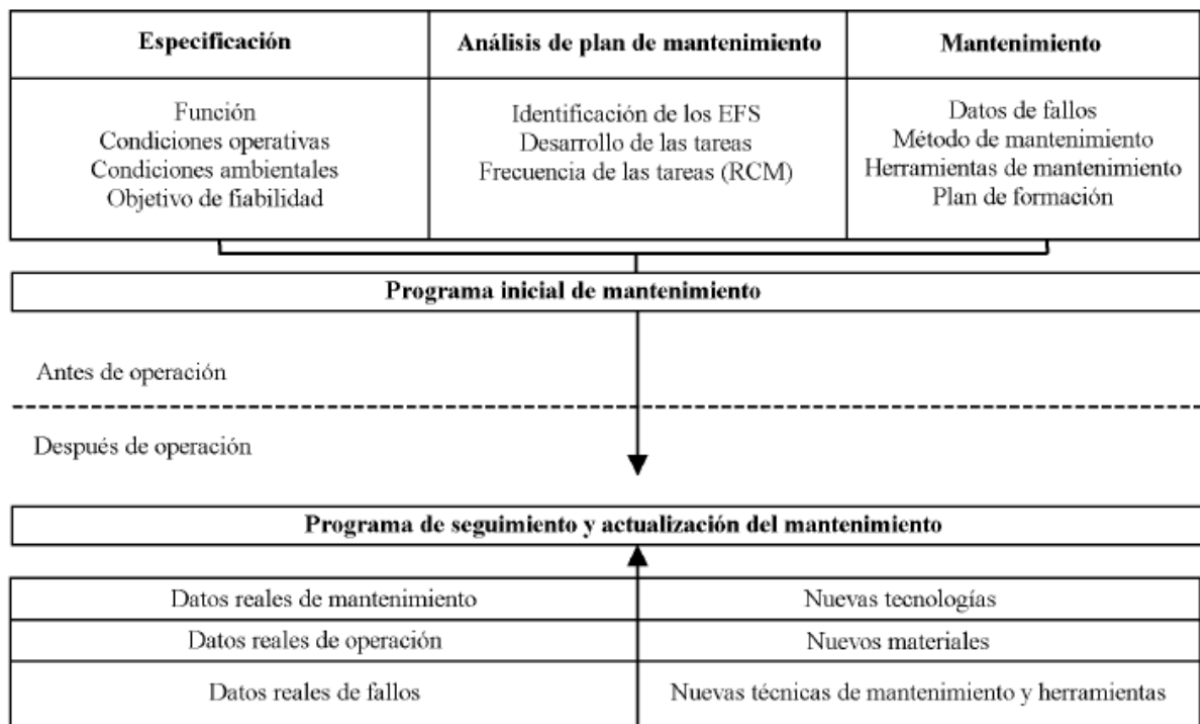


Figura 3. Evolución de un programa dinámico de mantenimiento RCM, e información requerida.

Fuente: UNE-EN200001-3-11, 2003.

Es por ello incidir, desde la propia definición del proyecto, una tendencia en las actividades de mantenimiento para la adaptación de los procesos de gestión del conocimiento, integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento, dado que por el propio desempeño de dicha actividad táctica, puede considerarse este, en un enfoque kantiano en el cual interactúan personas, instalaciones y entorno (figura 4), en el cual deben ser estudiadas todas las variables en conjunto.

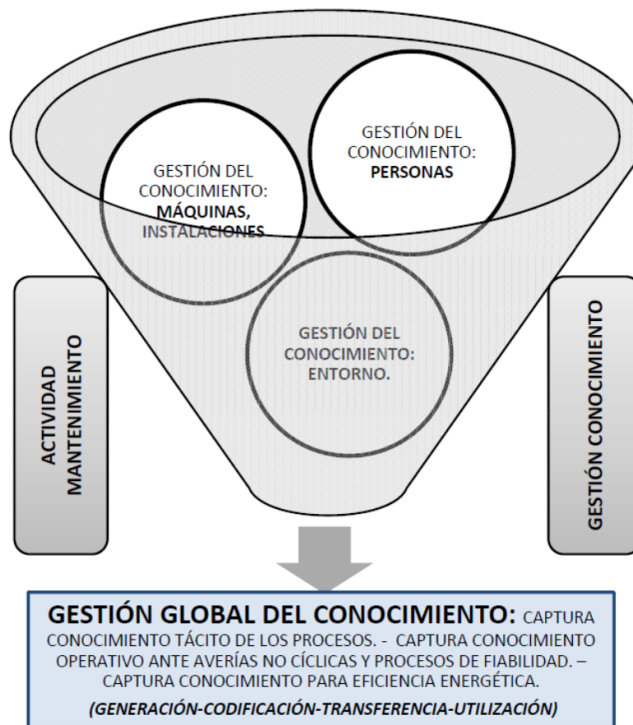


Figura 4. Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

Consecuencia de ello y como fase fundamental es la captación adecuada de información, para un posterior procesamiento y tratamiento, generador del conocimiento propio en la organización y herramienta fundamental de mantenimiento, integrando la información útil y estratégica del servicio, mejorando la cadena del servicio a prestar.

Se ha desarrollado e implementado un modelo de gestión del conocimiento para la actividad de mantenimiento, con la captación del conocimiento tácito estratégico de los técnicos y operarios, así como la captura y gestión de información técnica de las instalaciones y equipamiento, para el control, visualización, obtención de datos operativos y registro de fallos, que permite tener controlado todos los

parámetros fundamentales de las instalaciones y equipos, que optimizan el control de la fiabilidad de las instalaciones, la previsión de los programas de mantenimiento, así como un control y optimización de la eficiencia energética, demostrando que la aplicación de modelos de gestión del conocimiento dentro de los departamento de mantenimiento de la empresa, permite optimizar los procesos y mejorar la disponibilidad del servicio y mejores resultados económicos para la empresa.

Dentro de las actividades internas de la empresa industrial, el mantenimiento necesita conocimientos técnicos profundos, alta experiencia en su personal y tradicionalmente ha sido la estructura dentro de la empresa donde existe mayor componente de conocimiento tácito. Dado que sus funciones afectan directamente a la fiabilidad de los sistemas e instalaciones, eliminación de paradas no deseadas y actuación ante procesos críticos, se ve la necesidad de la adecuada gestión de dicha información/conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa.

3. CONCLUSIONES

Se han descrito los principios generales de una implantación de nueva planta industrial, donde decisiones y consideraciones tomadas en un primer momento por la concienciación y decisión de una dirección general, con criterios de calidad, eficiencia y miras a medio plazo, han conseguido una implantación industrial que marca un referente en la industria alimentaria.

Basados en unos principios fundamentales tales como Diseño basado en la fiabilidad, Mantenibilidad, eficiencia energética y energías alternativas, el respeto medio ambiental y el diseño basado en la información y la gestión del conocimiento, se ha conseguido, una industria, que cumpliendo todas las expectativas de producción (requisito fundamental en cualquier planta industrial), ha ido un paso más, cumpliendo las condiciones de mantenibilidad eficaz en el futuro, junto con un respeto ecológico.

La sinergia con los órganos intervinientes en la ejecución de la planta industrial unido a la determinación y el compromiso de la dirección de ingeniería de la propia empresa, han sido determinantes para

conseguir, a un nivel de inversión y costes adecuados, conseguir una planta con capacidad de mejora y rentabilidad económica, control de la información y el conocimiento, para las funciones futuras de explotación y mantenimiento que se deben cumplir.

Dado que el conocimiento es la base de la competitividad de la industria en el siglo XXI, se tiene un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento (algo poco común en la industria en general).

En el caso argumentado, se ha conseguido una planta industrial donde los sistemas técnicos de gestión de mantenimiento buscan superar metas de productividad, mejorando la implantación y las políticas basadas en los cálculos de la fiabilidad de diseño, buscando la eficacia global atendiendo a la operativa, desarrollando una filosofía de la utilidad y la necesidad, tanto a nivel de procesos (de gestión u operativos) como de conocimiento sustantivo, presente en el comportamiento humano. Se unen los principios del mantenimiento, con el factor energético (tanto de equipamiento e infraestructuras como del conjunto del sistema), con el fin de monitorizar el ratio de eficiencia energética, reducir los costes de mantenimiento, incrementar la fiabilidad técnica en los sistemas estratégicos de la industria y aumentar el ciclo de vida del equipamiento, con el respeto medio-ambiental. La construcción industrial tratada en el presente caso ha recibido numerosos premios a la excelencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del proyecto CONDAP "Habilidades digitales para mentores en el lugar de trabajo en aprendizajes del sector de la construcción" financiado por la Comisión Europea dentro de la Acción Clave 2: Cooperación para la innovación e intercambio de buenas prácticas, número de referencia 2018-1-UK01-KA202-048122. Así mismo, este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del grupo de investigación PREDILAB, dentro de la investigación realizada en la Universidad de Castilla La Mancha y titulada "Metodología y sistemas para la mejora del mantenimiento y la eficiencia energética en la rehabilitación y reutilización del patrimonio industrial. Fase 1 y 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailey, K., & Francis, M.** (2008). Managing information flows for improved value chain performance. *International Journal of Production Economics*, 111(1), 2-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.017>
- Chee, A., & Bañares, R.** (2012). A knowledge representation model for the optimisation of electricity generation mixes. *Applied Energy*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.077>
- Cárcel-Carrasco, J., Pascual-Guillamón, M., & Salas-Vicente, F.** (2022). Composition of some metallic fragments found in food that are undetectable by magnetic or eddy currents equipment: A case study. *LWT*, 153, 112358.
- Cárcel, F.J., & Roldán, C.** (2013). Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo. *Intangible capital*, 9(1), 91-125. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.341>
- Cárcel-Carrasco, J., & Gómez-Gómez, C.** (2021). Qualitative analysis of the perception of company managers in knowledge management in the maintenance activity in the era of industry 4.0. *Processes*, 9(1), 121.
- Cárcel-Carrasco, J., & Cárcel-Carrasco, J. A.** (2021a). Analysis for the Knowledge Management Application in Maintenance Engineering: Perception from Maintenance Technicians. *Applied Sciences*, 11(2), 703.
- Cárcel-Carrasco, J., Pascual-Guillamón, M., & Langa-Sanchis, J.** (2021b). Analysis of the effect of COVID-19 on air pollution: perspective of the Spanish case. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 36880-36893.
- Cárcel-Carrasco, J., Cárcel-Carrasco, J. A., & Peñalvo-López, E.** (2020). Factors in the relationship between maintenance engineering and knowledge management. *Applied Sciences*, 10(8), 2810.

- Cárcel-Carrasco, J., Pascual-Guillamón, M., & Salas-Vicente, F.** (2021c). Analysis on the Effect of the Mobility of Combustion Vehicles in the Environment of Cities and the Improvement in Air Pollution in Europe: A Vision for the Awareness of Citizens and Policy Makers. *Land*, 10(2), 184.
- Cárcel-Carrasco, J., Peñalvo-López, E., Pascual-Guillamón, M., & Salas-Vicente, F.** (2021d). An Overview about the Current Situation on C&D Waste Management in Italy: Achievements and Challenges. *Buildings*, 11(7), 284.
- Cárcel-Carrasco, J., Peñalvo-López, E., Pascual-Guillamón, M., & Salas-Vicente, F.** (2021e). An Overview about the Current Situation on C&D Waste Management in Italy: Achievements and Challenges. *Buildings*, 11(7), 284.
- Cárcel-Carrasco, F. J., Roldán-Porta, C., & Grau-Carrión, J.** (2013a). La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Loriente SA. *DYNA: Ingeniería e Industria*, 88(6), 286-291.
- Eti, M.C., Ogaji, S., & Probert, S.** (2006). Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric-power industry. *Applied Energy*, 83, 299–310.
- González, F.J.** (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Fundación confemetal. Madrid.
- Martínez-Corral, A., Cárcel-Carrasco, J., Carnero, M. C., & Aparicio-Fernández, C.** (2022). Analysis for the Heritage Consideration of Historic Spanish Railway Stations (1848–1929). *Buildings*, 12(2), 206.
- Sánchez-Rodríguez, J. M., Cárcel-Carrasco, J., & Pascual-Guillamón, M.** (2021). Análisis del avance de la corrosión en redes de tierra de protección eléctrica. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 96(5).
- Sols, A.** (2006). *Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico*. Comillas. 2000. Madrid.

