

La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente.

Un ejemplo de éxito: el caso Martínez Loriente S.A.

F. Javier Cárcel-Carrasco¹, Carlos Roldán-Porta¹ y José Grau-Carrión²

¹ Universidad Politécnica de Valencia

² Director ingeniería grupo Martínez Loriente S.A.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5856>

1. INTRODUCCIÓN

A la hora de planificar nuevas industrias en el sector agroalimentario, en numerosas ocasiones, prima el factor económico (a corto plazo) obviando un punto de vista a más largo plazo, con factores que fomentarían una mejor explotación y mantenibilidad de la industria, un mayor grado de fiabilidad, así como proponer un mayor número de acciones de mejora medioambiental. Este sector industrial, en continua transformación, orientado hacia acciones de calidad, economía en la producción y aceptación del cliente final, plantea retos que pueden ser considerados de mayor incidencia que en otros procesos de otros tipos de industrias manufactureras.

Cuando se planifica un proceso de construcción de nuevas plantas industriales con el fin de aumentar el nivel de producción o servicio, las decisiones tomadas marcan en medio y largo plazo la trayectoria de la empresa. En este artículo se presentan las instalaciones, experiencias y decisiones tomadas por la propia Dirección de ingeniería y mantenimiento de la compañía, y apoyadas por el Presidente y la Dirección general de la empresa *Martínez Loriente S.A.*, con una meta orientada hacia la adecuada explotación y mantenimiento, con un compromiso fundamental en la consecución de la correcta mantenibilidad, eficiencia operativa, energética y respeto medioambiental.

En este estudio se muestran algunas

de las decisiones principales para realizar una planta industrial modélica, que demuestra un avance respecto a las soluciones típicas en este ámbito.

2. ANÁLISIS DE PRINCIPIOS

El diseño de una planta industrial debería estar basado en la mejor operación para la fiabilidad y economía del proceso [1-3], el mantenimiento adecuado para conseguir sus fines y un respeto medio-ambiental [4].

Es por lo anterior que la tendencia industrial actual se ha esforzado en lograr que las instalaciones de producción sean cada vez más eficientes [5], con la máxima disponibilidad posible [6], distribuyendo a los departamentos de tal manera que influyan positivamente en la forma en la que la planta opera [7-8].

Partiendo de la experiencia operativa de Martínez Loriente S.A. (en una planta industrial anteriormente construida en otra población y actualmente en funcionamiento), y teniendo en cuenta las consideraciones generales para el adecuado proyecto del proceso productivo y una filosofía de calidad total, 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.
 - Diseño para utilizar las mejores técnicas organizativas de manteni-

miento (TPM, RCM).

- Personal de mantenimiento implicado y motivado.
- Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.
 - Sistemas térmicos, fluidos y eléctricos con menor necesidad energética.
 - Apoyo mediante energías renovables.
- Diseño basado en el respeto medio ambiental.
 - Materiales de instalaciones degradables y respetuosos con el medio ambiente.
 - Aguas residuales reutilizables.
 - Captación de aguas pluviales para utilización en actividades secundarias.
- Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.
 - Recopilación de experiencias operativas maniobras de instalaciones.
 - Sistema de información técnica Scada de toda la factoría.
 - Gestión del conocimiento tácito de los técnicos operativos de mantenimiento.

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

En la industria cárnica los parámetros de calidad necesarios son amplios y en continua superación, con continua evaluación de la demanda energética [9]. Es lógico que en el planteamiento del diseño de una nueva factoría (Figura 1), 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 [10], permitiendo una mejora en la comunicación e intercambio de información [11].

En base a ello, se participó 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 en la calidad del suministro eléctrico (sistemas redundantes tanto en líneas como en aparata de media tensión, con sistemas teledirigidos).

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.

3.1. EL DISEÑO BASADO EN LA FIABILIDAD

La fiabilidad es el recurso fundamental para maximizar la eficiencia de los equipos productivos e instalaciones y minimizar el número y tipo de fallos que puedan producir el paro en la producción [3].

Se partió, con los criterios siguientes en referencia a la energía eléctrica (con el objeto de aumentar la fiabilidad), que conllevó 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 teledirigidos 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 (Figura 2), con el fin de reducir la proba-



Figura 2: Detalle sistema de canalización electrificada y transformadores secos

bilidad 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 (Figura 3), 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 han ejecutado sistemas anillados en la distribución, con múltiples válvulas de bypass (posibilidad de otras vías de suministro, maniobras y mantenimiento).



Figura 3: Detalle de sala técnica térmica de calderas, diseñada para las correctas funciones de mantenimiento



Figura 1: Implantación de nuevas factorías de Martinez Loriente S.A.

- 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.

3.2. 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.

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, con técnicas 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 autoaprendizaje y decisión (base de datos con las mejores experiencias de los operarios, las actuaciones realizadas, y los criterios para las diferentes maniobras), para la reducción de tiempos de actuación ante averías (Figura 4).
- 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.

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

Una determinación fundamental de la empresa, fue el diseño basado en la máxima eficiencia energética y el uso de energías alternativas.

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 (Figura 5).
- 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 (Figura 6), con el fin de optimizar la eficiencia energética, regulación fina de presiones y caudales, menor desgaste del equipamiento y por consiguiente reducción de los coste de mantenimiento y aumento de la vida útil.
- En los sistemas de refrigeración industrial (Figura 7), 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/



Figura 4: Principios de mantenimiento en las factorías de Martínez Lorient S.A.

agua, consiguiendo que esa energía residual sea aprovechada para que el agua que nos llega de la red de distribución a 15°C se caliente a unos 30°C, este aumento de 15°C, 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



Figura 5: Detalle de sistemas de control y seguimiento en cuadros generales



Figura 6: Detalle de salas fluidos, con sistemas de regulación mediante variadores electrónicos



Figura 7: Detalle de sala técnica de refrigeración industrial, diseñada para las óptimas condiciones de eficiencia energética

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) (Figura 8). Esto confiere un aporte fundamental de energía solar, además de conseguir otros aspectos tales como uniformidad en la autonomía de la energía eléctrica suministrada, en concreto estabiliza las caídas de tensión y la calidad de la energía eléctrica proveniente de las subestaciones).

3.4. EL DISEÑO BASADO EN EL RESPETO MEDIO AMBIENTAL

Otros de los principios fundamentales, fue el respeto medio-ambiental, no sólo en lo realmente obligatorio por normativas sectoriales, sino el adoptar las mayores medidas adicionales, que hicieran del proyecto una factoría totalmente respetuosa con el medio-ambiente. Algunas de las medidas adoptadas:

- Conseguir una Autorización Ambiental Integrada del complejo industrial de Martínez Loriente S.A., construyendo una depuradora de última generación, con capacidad de tratamiento de 2000m³/día y una carga de 66.700 habitantes equivalentes (h.e.).



Figura 8: Detalle de sistemas fotovoltaicos instalados en suelo y sobre techo



Figura 9: Detalle de lago artificial: misión mejora depuración, ornamental y aprovechamiento para riego



Figura 10: Detalle de depósitos de almacenamiento de aguas pluviales

Para mayor aprovechamiento de las aguas residuales, el agua, una vez depurada en óptimas condiciones, subida mediante unas estaciones de bombeo a un lago artificial ubicado en la zona de entrada al polígono (Fig. 9); esa agua,

además de ejercer una función ornamental, se emplea para el riego de toda la jardinería del complejo industrial.

- Aprovechamiento aguas pluviales, del interior de la factoría, con

autorización de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Para ello se construyó una red de recogida de aguas pluviales, habilitándose un pozo de bombeo y tres depósitos de 1000 m³ (Figura 10). 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 bañeros y limpieza de exteriores, y riego de la jardinería interior de la parcela.
 3. Limpieza de placas solares.
 4. Abastecimiento de 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.

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

La información es 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, control y operación de instalaciones y seguimiento de paradas o fallos.

Desde la propia definición del proyecto, en las actividades de mantenimiento se ha hecho una mayor incidencia para la adaptación de los procesos de gestión del conocimiento, propiciando la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento. Dicha actividad táctica puede considerarse bajo un enfoque kantiano donde interactúan personas, instalaciones y entorno (Figura 11) y todas las variables en conjunto tienen que ser examinadas.

Fundamental será captación adecuada de información, para un posterior procesamiento y tratamiento, generador del conocimiento propio en la organi-

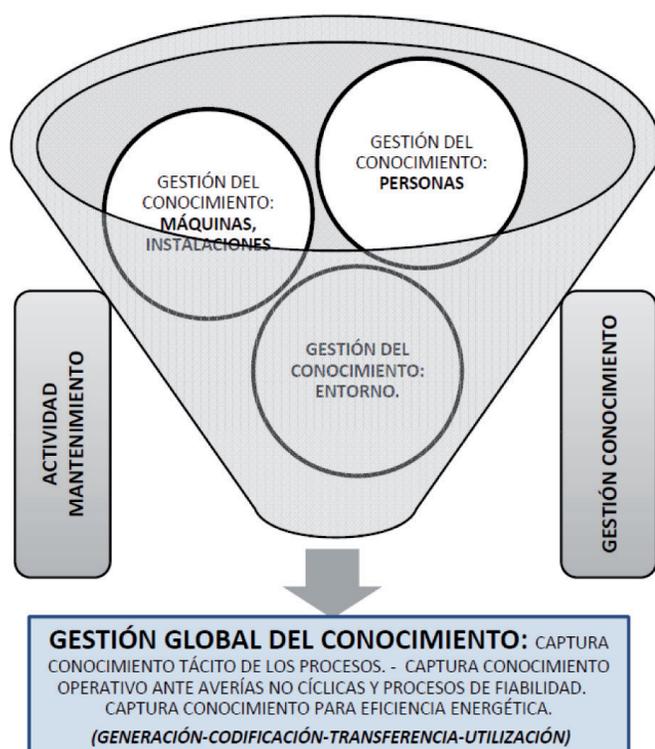


Figura 11: Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento

zación 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 actividad de mantenimiento, con la captación del conocimiento tácito estratégico de los técnicos y operarios [12], así como la recolección y gestión de información técnica de instalaciones y equipamiento, para el control, visualización, obtención de datos operativos y registro de fallos.

Todo ello permite tener controlado los parámetros fundamentales de 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.

Aunque según las encuestas sectoriales [13], los servicios técnicos de mantenimiento de la mayoría de las empresas, dedican poca inversión al conocimiento y desarrollo de dicha actividad, en el caso de Martínez Oriente S.A., se ha realizado una apuesta con un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento, firmando un convenio con la Universidad Politécnica de Valencia para el desarrollo y mejora de los servicios de explotación y mantenimiento, buscando de esta manera, una profundización y mejora en dichas actividades.

4. CONCLUSIONES

Se han descrito los principios generales de instalación de una 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.

Partiendo de unos principios fundamentales que buscan la máxima eficiencia (con un diseño basado en fiabilidad,

mantenibilidad, eficiencia energética y energías alternativas, respeto medio ambiental y diseño basado en la información y 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, respetando 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 al 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.

La empresa industrial tratada en el presente caso ha recibido numerosos premios a la excelencia, destacando el reconocimiento a la excelencia a la mejor industria española y segunda europea, durante el año 2009.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo, quieren mostrar su agradecimiento al editor y los revisores anónimos del presente artículo, por sus excelentes recomendaciones y consideraciones, que sin duda han ayudado a sintetizar y mejorar la exposición de una manera sustancial.

PARA SABER MÁS

[1] González, F.J. "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado". Fundación confemetal. Madrid. 2005
 [2] Tavares L. "Administración moderna de Mantenimiento". Editorial Interamericana S.A. 2004
 [3] Sols, A. "Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico". Comillas. 2000. Madrid.
 [4] Corral A., Isusi, I., Peinado E. y Pérez, T. "La responsabilidad Social y medio ambiental en la empresa Latinoamericana". México: Banco Internacional de Desarrollo. 2007
 [5] Amorós, E. "Diseño del lugar de trabajo". Lima: USAT. 2003

[6] Ogaji, S.; Sampath, S.; Singh, R.; Probert, D. "Novel approach for improving power-plant availability using advanced engine diagnostics". *Applied Energy* 72 (2002). pp. 389-407. [http://dx.doi.org/10.1016/S0306-2619\(02\)00018-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-2619(02)00018-1)
 [7] Sule, D. "Instalaciones de manufactura: Ubicación, planeación y diseño". México: Thomson Learning. 2001
 [8] Arnoletto, E. "Administración de la producción como ventaja competitiva". Argentina: Eumed. 2007
 [9] Alcázar, M; Álvarez, C.; Escrivá, G.; Domijan, A. "Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry". *Applied Energy* 92 (2012). pp 84-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.10.040>
 [10] Whipple, J.; Russell, D. "Building supply chain collaboration: a typology of collaborative approaches". *The International Journal of Logistics Management*. (2007). Vol. 18 No. 2, pp. 174-96. DOI: 10.1108/09574090710816922
 [11] Carr, A.; Kaynak, H. "Communication methods, information sharing, supplier development and performance: an empirical study of their relationships". *International Journal of Operations & Production Management*. (2007). Vol. 27 No. 4, pp. 346-70. DOI: 10.1108/01443570710736958
 [12] Cárcel, F.J; Roldán, C. "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*. (2013), 9 (1):91-125. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.341>.
 [13] AEM, Asociación española de mantenimiento. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.