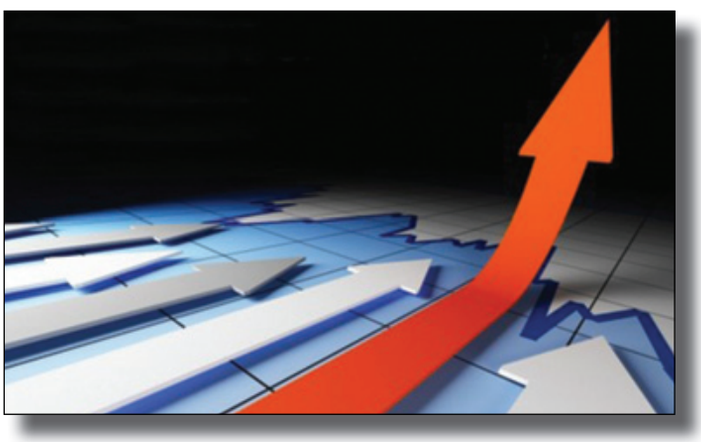
La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento



Diego Galar-Pascual * Dr Ingeniero de Telecomunicación
Luis Fernando Berges-Muro * Dr Ingeniero Industrial
Jesús Royo-Sánchez * ** Dr Ingeniero Industrial

* UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón I3A, Calle Mariano Esquillor, s/n – 50018 Zaragoza. Tfno: +34 976 762707. diegojgp@hotmail.es, bergesl@unizar.es

** ZLC ZARAGOZA LOGISTICS CENTER, Edificio Náyade 5. C/ Bari, 55 - 50197 Zaragoza. Tfno: +34 976 077 600. jaroyo@unizar.es

Recibido: 14/12/09 • Aceptado: 12/04/2010

The issue of performance measurement in the maintenance function

ABSTRACT

• The measurement of maintenance performance comes from a lack of basic concepts in the maintenance department of the company, and consequently, the lack of appropriate objectives emanating from the overall mission and vision towards it. It produces metrics not adapted to the real needs of the company due to the lack of knowledge about them, with a major human factor load and with no roadmap for the amount of data to collect, its processing and its use in decision making. For this purpose we propose a mixed model that combines the qualitative aspects of surveys, with the quantitative aspects of indicators, these ones grouped according to a framework in the form of balanced scorecard, adapted to the user or hierarchical level responsible for them.

• Key words: KPI, indicator, metric, functional safety, human factor.

RESUMEN

La medición del desempeño en mantenimiento parte de un vacío en la concepción del departamento dentro de la organización, y, consecuentemente, de la inexistencia de objetivos adecuadamente emanados de la misión y visión globales hacia éste. Ello produce métricas no adaptadas a las necesidades reales por el desconocimiento de las mismas, con fuerte carga de factor humano y sin una hoja de ruta de la cantidad de datos a recoger, su procesado y su uso en la toma de decisiones. Para ello se propone un modelo mixto que combine los aspectos cualitativos de encuestas con los cuantitativos de indicadores, agrupados estos según un marco de referencia en forma de cuadro de mando y adaptados al usuario o nivel jerárquico responsable de los mismos.

Palabras clave: KPI, indicador, métrica, seguridad funcional, factor humano.

1. INTRODUCCIÓN

La organización de mantenimiento está formada por los recursos: personas, herramientas y repuestos, y es controlada por una función administrativa o de gestión, que dará apoyo a la dirección de la citada organización. Hasta hace poco era frecuente encontrar a las grandes empresas con equipos de mantenimiento dotados de más recursos de los necesarios. Estos equipos sobredimensionados, contrastaban con la existencia en el otro extremo de equipos que apenas podían hacer frente a su carga de trabajo por la escasez de recursos disponibles. Los jefes de mantenimiento, en función de su fortaleza, muchas veces han conseguido todo lo que han pedido o simplemente solo aquellos mínimos que les son dados (Rey, 1996). Sin embargo, ninguno de los escenarios anteriores dice nada acerca de las deficiencias de la alta dirección, que no sea el hecho de que no entendía lo que estaba ocurriendo en sus empresas respecto a la función mantenimiento. Por un lado, si se toma el caso del jefe que consigue todo lo que solicita, el dinero era bien gastado en recursos de mantenimiento, en el otro extremo, se asumían pérdidas de ingresos a través de paros ocasionados en última instancia por un directivo que no supo hacerse entender o que la alta dirección no llegó a visualizar la importancia de esta función dentro de la empresa.

Para evitar esta subjetividad en la asignación de recursos y gestión de los

activos, se impone el uso de métricas que aporten objetividad a la labor de este departamento, como creador de valor añadido y no como un mal necesario en la compañía. Los líderes de los equipos de gestión y dirección de las empresas están cada vez más dispuestos a invertir en programas de mantenimiento, siempre y cuando los beneficios sean demostrables para compensar los costes (Kelly, 1997). Es por ello necesaria la definición de tres conceptos sobre los que se desarrolla la medición del desempeño:

- *Función*: aunque la función de un departamento de mantenimiento es genérica y sintetizada en el control de la fiabilidad y la disponibilidad de la planta, no siempre es así. Esta afirmación se adapta bien a un proceso de manufactura, pero no encaja del todo en un edificio, una empresa de servicios o un equipo aeroespacial. Por tanto, el primer paso en la formulación de una estrategia de medición del rendimiento tiene que ser el esclarecimiento de la "función" del departamento dentro de la empresa (Moubray 1997).
- *Objetivos*: usando información de alto nivel como las cifras comerciales, el equipo de dirección debe definir un conjunto claro de objetivos de mantenimiento. Éstos se basan en lo que la empresa requiere de la función mantenimiento y se presentarán de forma jerárquica para que sean comprensibles a cada nivel de la organización. Mediante el establecimiento de lo que se espera por parte de la empresa, la dirección de este departamento puede construir la estrategia necesaria para cumplir con estos requisitos u objetivos que se le han marcado.
- *Medidas*: la estrategia de mantenimiento generará la carga de trabajo, que, a su vez, formulará las necesidades de recursos y la estructura de gestión necesaria para su control. La eficiencia de los recursos y la eficacia de la estrategia, a su vez, afectan al rendimiento de la empresa. Por tanto, la puesta en práctica de estas medidas tiene por objeto garantizar que los objetivos de mantenimiento se están cumpliendo, con el consiguiente impacto de la función dentro de la organización.

La generación de objetivos raramente se lleva a cabo de un modo razonable. De los tres pasos mencionados anteriormente, el segundo es la base para todo el proceso. El establecimiento y la comunicación de objetivos claros son factores claves y determinantes para una organización con una estrategia basada en la mejora continua.

Por último, hay que considerar las consecuencias de la clarificación de estos tres parámetros para mantenimiento. Una compleja interrelación de departamentos puede emerger en este proceso y afectar a la totalidad de la organización y sus sistemas. Por tanto, las mediciones y los sensores deben ser colocados estratégicamente, de manera que resalten las principales relaciones que afecten a los objetivos de mantenimiento con el resto de estructuras en la organización, pues la información compartida y choques de responsabilidades pueden erosionar la confianza en el sistema.

2. CONSIDERACIONES PARA MEDIR EL RENDIMIENTO EN MANTENIMIENTO

Woodhouse (2000) sugiere que son seis los principales problemas asociados con el desarrollo y mantenimiento de un conjunto amplio de medidas del rendimiento. Estos deben abordarse por separado si se pretende implantar un sistema de medición robusto, y a ellos se da respuesta con la solución adoptada por Galar et al. (2009b) en la métrica y modelo de auditoría propuesto.

2.1 DEMASIADOS DATOS Y SIN EMBARGO POCA INFORMACIÓN

La implantación e interconexión de software de mantenimiento, tales como GMAO, GPAO, CBM etc., como

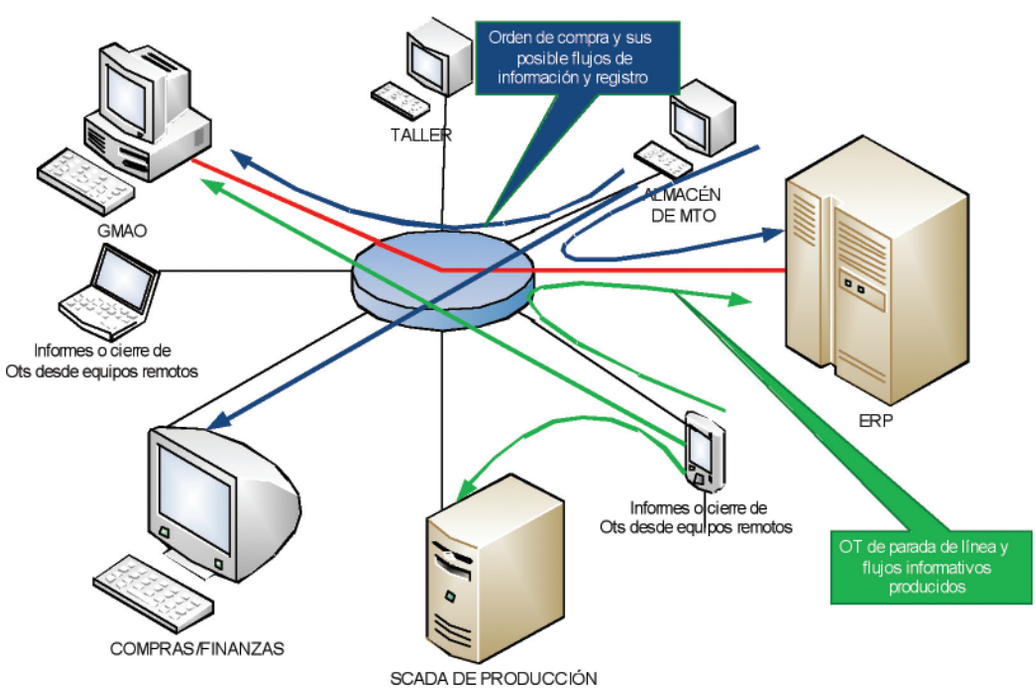


Fig. 1: Integración de sistemas informáticos en mantenimiento

se puede observar en la Figura 1, permite almacenar enormes cantidades de datos pudiendo recuperar la información rápidamente si se sabe qué buscar y dónde. La dificultad muchas veces no es ni la adquisición ni el tratamiento de datos, sino la comprensión y la extracción de los necesarios y adecuados con mayor impacto en el negocio. Existe el riesgo de que la recogida y almacenamiento de información se convierta en un fin en sí mismo y no en un medio para tomar decisiones.

Si recopilar los datos es simple y barato, entonces no hay razón para que no sean recogidos. Todos aquellos datos que se puedan ir incorporando de manera automática al sistema a través de SCADAS, CBM o interfaz con los ERP de planta deben ser integrados, pues el almacenamiento y procesado es poco costoso. Esta información, aunque no tenga una utilidad inmediata, puede servir en un proceso de "Data Mining" para identificar relaciones, tendencias o aportar soluciones a problemas de causa oculta.

Sólo cuando los datos son más difíciles de recoger es necesario decidir si su valor para la empresa lo merece en esfuerzo y coste. Esto se logra estableciendo lo que es importante para la empresa analizando su jerarquía de objetivos. Una vez que éstos son comprendidos, se decidirán las estrategias de mantenimiento en pro del cumplimiento de los mismos. Las medidas asociadas al grado de éxito de esas estrategias son las que marcan los datos que deben recogerse.

2.2 EL NÚMERO DE INDICADORES DE RENDIMIENTO Y SU ÁREA DE INFLUENCIA

Woodhouse (2000) afirma que es ineficiente el uso de grandes conjuntos de indicadores de rendimiento del mantenimiento. Sugiere que no sería razonable para una medición superar un máximo de seis magnitudes por aspecto mensurado.

Mediante la identificación de las características clave o "key factors", se debe limitar la cantidad de indicadores utilizados, debido a la capacidad de asimilación y gestión de los que los administran. Los cuadros de mando con enormes cantidades de indicadores no facilitan - sino que obstaculizan - la labor para la que se confeccionan.

Este es el ejemplo de la recientemente publicada UNE EN 15341:2008 que con sus más de setenta indicadores los clasifica en tres aspectos: técnicos (o de eficacia), económicos y organizacionales (siendo estos dos últimos grupos dedicados a la eficiencia). Los grados que propone la norma no corresponden a niveles jerárquicos de la organización, sino a desgloses de un indicador en sus componentes constitutivas como el coste de mantenimiento en el nivel n será desglosado en sus componentes en el nivel n+1. Se impone en el uso de esta norma la reorganización de esta nutrida batería de índices, tanto en su vertiente jerarquizadas para los usuarios que deben controlar a cada uno de ellos, como relativo a los aspectos de cliente antes mencionados, pues aparecen indicadores de cliente en las tres tipologías que utiliza la norma para segmentar el conjunto citado.

Es importante abordar el tema de los usuarios, es decir, la propiedad y responsabilidad de los datos, y de la necesidad de contar con el resto de la organización para la confección del cuadro de mando. Muchas veces, el departamento de mantenimiento se ve desbordado en sus funciones por la inexistencia de históricos suficientes para promover la creación de determinados indicadores. En una organización multifuncional, es muy posible que otros departamentos estén recopilando algunos datos cruciales para la generación de estos parámetros y puedan compartirlos. Puede ser relativamente simple para el departamento de producción almacenar datos sobre la disponibilidad o la fiabilidad. El de personal y riesgos laborales es ideal para el conocimiento de los índices de accidentes o de vigilancia tan estudiados en UNE EN 15341:2008 y de tanta importancia en los cuadros de mando actuales, compras y finanzas dispondrán de la cuantía de las contratas y los efectivos subcontratados en cada momento, mientras que el personal de recursos humanos está en la mejor posición para conocer datos sobre el absentismo y las horas extras facturadas por el personal del departamento, así como las proporciones exactas de personal directo, indirecto por turnos, en determinadas épocas, antigüedad, formación, etc.

2.3 LOS CONFLICTOS ENTRE LOS OBJETIVOS Y LAS MEDIDAS

La fijación de cualquier objetivo y métrica que evalúe el mantenimiento debe estar pactada y apoyada por las distintas áreas de la empresa que tienen relación con la función mantenimiento, y sobre todo con aquella a la que da servicio en calidad de cliente, esto es, a la función producción como asegura **Williamson** (2001).

El propósito de los objetivos es garantizar que los esfuerzos de un departamento estén alineados con las necesidades de la empresa. Deben presentarse en forma de metas tangibles y carecer de ambigüedad. Existen problemas cuando los miembros de la dirección de una empresa dejan de fijar objetivos al más alto nivel o no se aseguran de que estos objetivos, de existir, sean correctamente traducidos en sub-objetivos en niveles inferiores.

No dejar a la libre interpretación de los mandos intermedios los objetivos corporativos hace desaparecer las ambigüedades que dan lugar a estos conflictos y fricciones interdepartamentales por interpretaciones erróneas.

Los objetivos deben ser transmitidos en cascada de manera descendente, interiorizándolos cada departamento y tomando posteriormente las medidas adecuadas conforme a la métrica adoptada a través de los sensores seleccionados, garantizando así que todo el mundo vaya en la misma dirección con especial cuidado en que algunas veces lo que mejora los resultados de un departamento puede ser en detrimento de otro. Si éste es el caso, entonces el impacto global de las acciones individuales puede ser perjudicial para la situación general. El compromiso de ideales comunes entre los departamentos y la búsqueda de objetivos claros y debidamente alineados es vital en el éxito de una compañía.

2.4 TIEMPO QUE TRANSCURRE ENTRE LAS ACCIONES Y SEGUIMIENTO O MONITORIZADO DE RESULTADOS

En ocasiones existe un retraso entre un cambio de política y la aparición de resultados claros, aparentes y evidentes, asociados a ese cambio. Una segunda demora se puede encontrar entre la aparición de los resultados y el momento en que se toma la medición. Hay dos puntos claves asociados a este problema. En primer lugar, mediante la supervisión de un proceso, se conoce lo que está pasando en ese momento. Se recolecta información sobre una situación según está ocurriendo en un momento dado, o justo después. Por lo tanto, sólo es posible tomar decisiones adecuadas de gestión si la frecuencia de control es lo suficientemente alta para detectar cambios en el proceso, se trata de un problema de muestreo en el que no se desea que haya pérdida de información.

En segundo lugar, muchas acciones que se llevan a cabo en una estrategia de mantenimiento no se manifiestan hasta un tiempo posterior. En estrategias como TPM se suele tardar aproximadamente seis semanas - después de iniciar el plan - en tener resultados visibles. Este retraso en la acción para la medición debe de ser cuidadosamente considerado, especialmente si la tasa de fallos es baja, es decir, procesos con ratio reducido de coste de impacto versus implantación por encontrarse el equipo en la parte inferior de la curva de la bañera.

Estas cuestiones, deben ser tratadas de forma individual contra cada objetivo. No es realista sugerir una respuesta general a esta situación. Una vez que para una meta se ha identificado una medida y es puesta en práctica, el método de recopilación de datos y la frecuencia tienen que ser específicamente adaptados en función de los factores que intervengan: magnitudes físicas, factores humanos, financieros u organizacionales.

2.5 ESCASA CORRELACIÓN ENTRE LOS SÍNTOMAS OBSERVABLES Y LOS RIESGOS SUBYACENTES

La evaluación de los riesgos que conlleva hacer un trabajo específico respecto a la cantidad real de los accidentes es una buena muestra de este factor. No es aceptable comprobar si el sistema de seguridad de una máquina es robusto esperando a contar cuántas personas se accidentan con ella cada año. Se deben realizar estudios proactivos, que acumulen datos suficientes para la evaluación global, para prevenir y predecir aquellos puntos cuyas medidas están asociadas a inseguridades para el proceso o los individuos. La aplicación de estas contramedidas es previa al uso de algunos indicadores como los propuestos por la UNE EN 15341:2008 o **Wireman** (1998) sobre accidentabilidad. No se puede situar el sensor y esperar a contabilizar el número de siniestros ocurridos en un plazo. Este indicador, si bien útil y contemplado por todos los cuadros de mando, lleva implícito el uso de contramedidas desde el primer momento y previas a la puesta en funcionamiento del mismo.

Cuando el fallo de equipo es costoso o peligroso, es posible identificar las contramedidas a través de RAC (análisis de causa raíz) o mediante AMFE. En caso de que la avería del equipo no sea un problema importante para la empresa, es necesario evaluar la seguridad que implica para los empleados. Todas las tareas y situaciones que suponen un cierto riesgo, deben ser identificadas a través de una evaluación de los mismos. Esto exige por parte de las empresas actitudes proactivas ante situaciones que entrañan riesgos. No se puede simplemente colocar los sensores y medir para que - en función de estas medidas- se corrijan las acciones, redirigiendo el departamento hacia los objetivos. Si hay riesgos asociados al proceso, deberán ser colocadas las salvaguardas de antemano. Es lo que se conoce en *Condition Based Monitoring* (o CBM) como la diferencia entre monitorizado de condición o vigilancia. Cuando por criticidad del proceso interesa monitorizar una máquina, se hace para detectar las averías previas a su aparición y no tener costosas paradas por fallos no detectados.

Otra situación diferente se tiene cuando interesa monitorizar una máquina por seguridad del medio ambiente o de los empleados, que si no, podría desencadenar una catástrofe. Muchas de estas máquinas previamente a ser contempladas para un CBM, ya disponen, incluso de fábrica, de medidas proactivas como sistemas de vigilancia.

2.6 EL COSTE Y LA MOTIVACIÓN DE LOS RECOLECTORES DE DATOS

Aparte de la recogida de los datos erróneos, ésta es la razón más probable del fracaso de cualquier métrica. Suele ser difícil convencer al personal de taller que la recolección de datos de buena calidad es sumamente importante. Esto es aún más delicado si está instaurada una "cultura de la culpa" dentro de una empresa. Es poco probable que un ingeniero de mantenimiento suministre información si sabe que se utilizará contra él o sus colegas en fechas posteriores. Se puede garantizar que en situaciones como ésta todos los datos devueltos son insuficientes o distorsionados, por lo que la verdadera causa del problema a corregir permanece oculta. Asimismo, debe tenerse en cuenta el compromiso entre el costo elevado de algunas formas de adquisición y los beneficios de su empleo.

Los factores humanos, como afirma EASA 2003, son la piedra angular del rendimiento de una organización y de la medición del mismo. Se sugiere que sean la gestión de la actitud hacia la comunicación y un buen liderazgo, los factores que catalicen la buena implementación de una métrica. En el caso de mantenimiento, como afirma **Jones & Rosenthal** (1997), esta métrica se basa en la recolección de datos para los indicadores y en las encuestas realizadas. Por ello, el personal sólo recogerá datos si cree que vale la pena y los resultados se ponen a su disposición para libre consulta y uso. Si existe algún riesgo de que se utilice en su contra, entonces es casi seguro que no se tomarán de la manera adecuada. Del mismo modo, si después de un tiempo el uso de la información recolectada no ha servido para nada, ha caído

en el olvido y no se ha transmitido el feedback producido por ella a través de una buena comunicación, será inevitable que el personal lo tome como una pérdida de tiempo.

3. MODELO PARA MEDIR EL RENDIMIENTO DE LA FUNCIÓN

La información y referencias sobre la medición del rendimiento de mantenimiento son a menudo contradictorias y casi siempre específicas de la industria en la que fueron creadas. **Bivona** & **Montemaggiore** (2005) sostienen que existe una falta de vinculación entre los objetivos del mantenimiento general y la estrategia empresarial adoptada, debido a la medición del rendimiento de los sistemas. Por ello se ha definido un procedimiento genérico para alinear los esfuerzos de un departamento de mantenimiento con los objetivos de su empresa como se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 2. Se ha demostrado que las medidas de rendimiento pueden ser concebidas y deben serlo con el fin de confirmar lo acertado de esta alineación entre objetivos globales y departamentales.

Este modelo está deliberadamente no especificado para una industria o un sector: se asegura así su carácter global y su uso puede ser más amplio. Siguiendo este proceso, una empresa debería ser capaz de reflexionar sobre la mejor forma de asegurar la integración de la función mantenimiento en sus necesidades de negocio. La fijación de objetivos en un orden jerárquico está llamada a asegurar que todas las funciones dentro de la empresa trabajan juntas. **Williamson** (2001) describe cómo el mantenimiento no es un departamento, sino una responsabilidad compartida. Este concepto, sin duda, llegará a ser cada vez más común. Esta concepción del mantenimiento refuerza la idea de que todas las funciones dentro de la compañía, debidamente alineadas y trabajando juntas, se sustentan en cuadros de mando jerarquizados. El fin último del trabajo cooperativo de estas funciones será mejorar el rendimiento y reducir los costes, es decir, una mejora cuantitativa de eficacia y eficiencia.

La metodología propuesta demuestra que existe un vínculo entre la eficacia del mantenimiento y la eficiencia

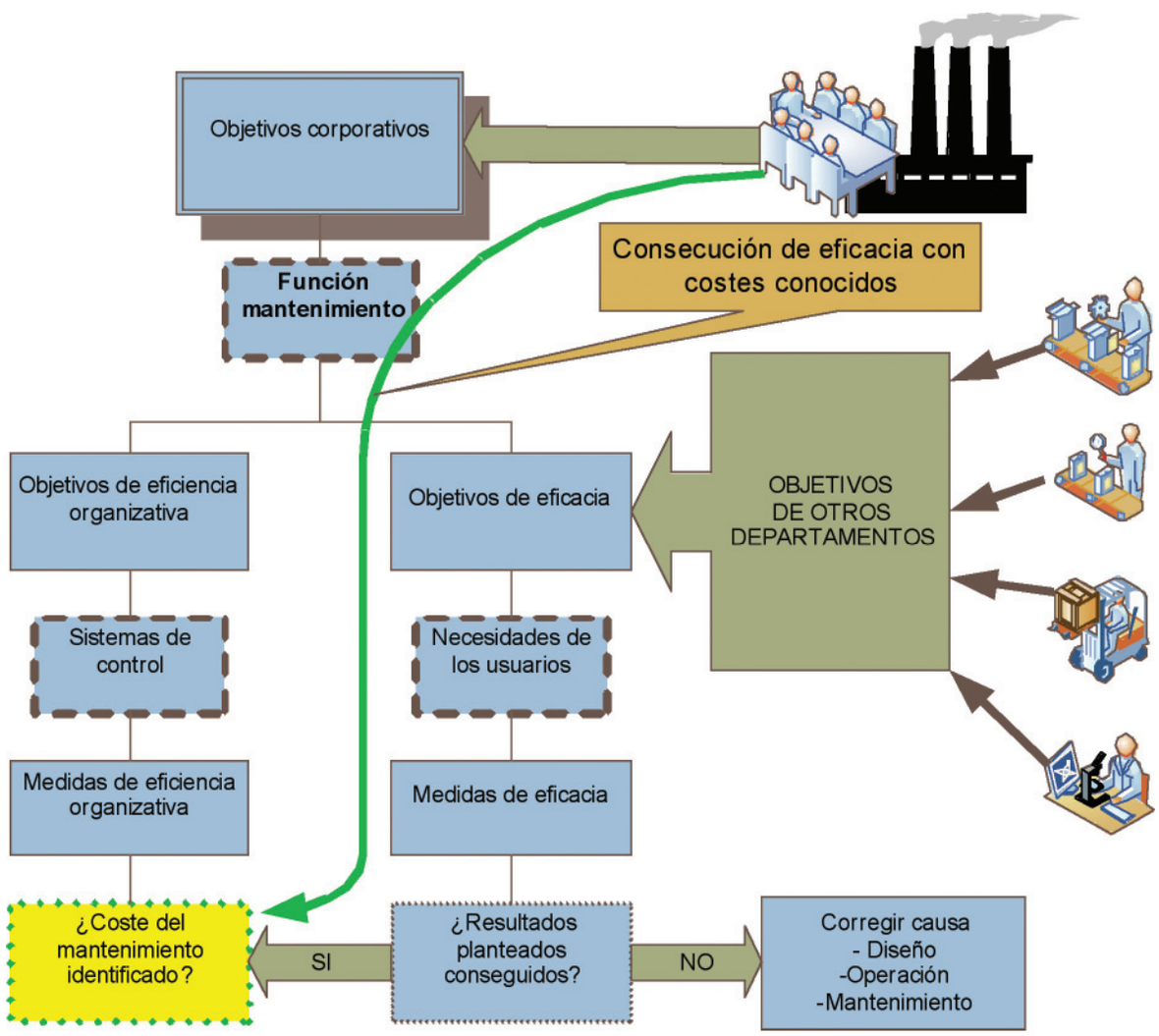


Fig. 2: Modelo para medir el rendimiento de mantenimiento

organizativa. Los costes globales son una combinación de los dos conjuntos de objetivos: eficacia y eficiencia. Esto demuestra que el coste total de mantenimiento es, de hecho, la suma de la eficacia de mantenimiento y los costes ocasionados por la ineficiencia. Por tanto, el coste es un enlace vital que conlleva los dos objetivos juntos.

Se puede intuir que el objetivo y la medida de nivel más alto que debe ser guía en un departamento de mantenimiento es la reducción al mínimo del coste total asociado a la función. O, para ser más específicos, el cumplimiento de todos los objetivos y metas a un costo mínimo, según expone **Mitchell** (1998), con el fin de maximizar la productividad.

3.1 LOS OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO Y LAS MEDIDAS DE RENDIMIENTO ASOCIADA: LA NECESIDAD DE UNA PERCEPCIÓN COMÚN

La industria y los círculos académicos son unánimes en plantear que los objetivos son vitales para las organizaciones de mantenimiento de hoy en día. Éstos deben estar directamente relacionados con los objetivos corporativos y tienen que ser comprensibles y creíbles en el nivel al que se destinan. Incluso con este planteamiento, es difícil encontrar una compañía que sienta que ha logrado sobresalir en este ámbito de la fijación de objetivos para mantenimiento y la visualización común por el conjunto de la plantilla. Esto es debido a que como refleja **Goti Elordi** et al. (2009) sobre la base de varias encuestas existe un distanciamiento entre los investigadores y los profesionales del mantenimiento en la implantación de metodologías y tecnologías que ayudan en la toma de decisiones. En este conjunto de métodos van las métricas de mantenimiento y todo lo asociado a la medición del desempeño de esta función.

Se puede observar en la Figura 3 los resultados medios de encuestas realizadas por **Galar** et al. (2010) en diferentes organizaciones sobre el conocimiento de la función, objetivos y métricas de mantenimiento. El nivel 1 corresponde a la dirección general o gerencia, el nivel 2 cubre las direcciones de producción, operaciones o ingeniería tradicionalmente por encima de la función mantenimiento, y, por último, el nivel 3 corresponde a la jefatura del departamento de referencia.

El cuestionario de conocimiento y compromiso se compone de las siguientes diez preguntas. La evaluación de los cuestionarios se realiza adoptando una escala del 1 al 5, siendo 1 la situación más desfavorable que supone la negación de la cuestión enunciada hasta el 5 que supone la afirmación rotunda de lo planteado:

1. ¿Está "mantenimiento" integrado en el plan de negocio de la compañía?
2. ¿Hay objetivos específicos medibles para mantenimiento?
3. ¿Existen indicadores consensuados sobre el rendimiento del mantenimiento?
4. ¿Existe un organigrama de mantenimiento con un directivo, mandos medios perfectamente definido y ubicado en el organigrama general?
5. ¿Están estos objetivos específicamente integrados en los objetivos generales del negocio?
6. ¿Entiende todo el personal los objetivos establecidos así como la necesidad de su involucración para la consecución de los mismos?
7. ¿Se verifica los resultados obtenidos versus objetivos establecidos regularmente?
8. ¿Se toman e implementan acciones de mejora para mejorar la eficiencia del mantenimiento?
9. ¿Se mide la efectividad de estas acciones?
10. ¿Existe una coherencia en la estrategia de mantenimiento entre las diferentes plantas o áreas productivas de la compañía?

El índice de compromiso con la función mantenimiento emanado de las encuestas ICOMPDIR, se calcula según diferentes niveles jerárquicos obteniendo un valor del uno al cinco referido a impresiones subjetivas sobre la necesidad y aplicación de las métricas de mantenimiento en la propia organización.

$$ICOMPDIR_{NIVEL\ i\text{-}esimo} = \frac{\sum_{j=1}^{10} Respuesta\ a\ la\ pregunta\ j\text{-}ésima}{10}$$

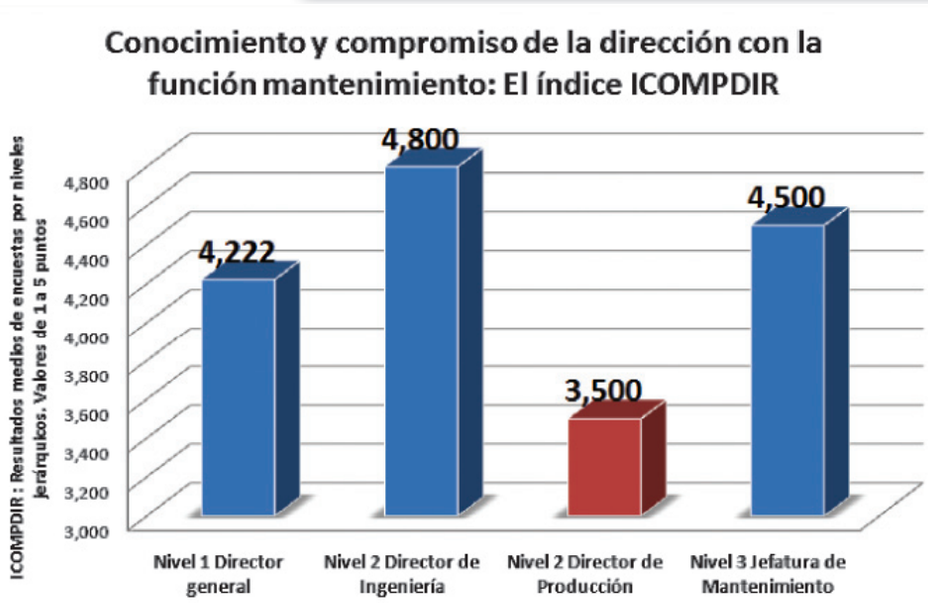


Fig. 3: Indicadores de compromiso y conocimiento de la función mantenimiento por parte de la dirección

Esta encuesta constituye el primer indicador para acometer la medición del rendimiento del departamento de mantenimiento, y, pese a la tendencia de respuestas positivas que se produce en este tipo de cuestionarios, se puede apreciar con claridad como los resultados de la función producción, principal cliente del departamento de mantenimiento, desconoce los objetivos de éste, y la implicación en la estrategia global de la empresa y en la creación de valor.

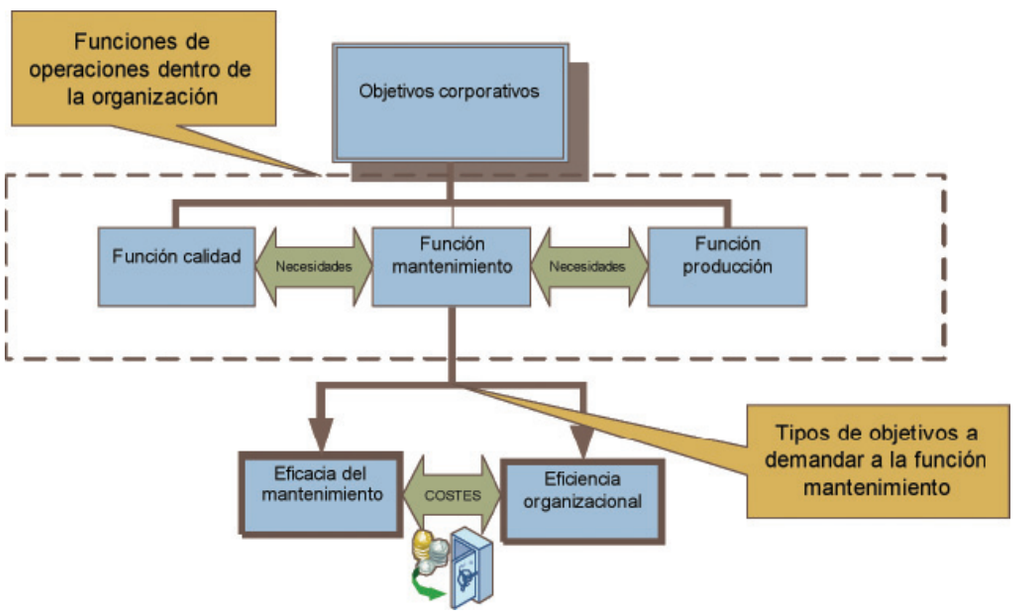


Fig. 4: Estructura general de objetivos

De hecho, los niveles superiores, incluida la dirección general, mantienen un conocimiento superior al del cliente, consistente con frecuencia en aspectos financieros y de recursos humanos, vinculados con otras perspectivas del cuadro integral de mando. Este desconocimiento implica que las métricas aplicadas son aun más ignoradas, pues responden a la medición de objetivos desconocidos, por lo que la recolección de datos, su procesado y toma de decisiones se complican en el momento que colisionan con los intereses o recursos de los departamentos desconocedores del rol de mantenimiento, en la misión y visión de la organización.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO

Hay dos tipos principales de objetivos de mantenimiento: "Eficacia del mantenimiento" y "Eficiencia organizativa". La eficacia de mantenimiento se refiere a la forma en que la planta cumple los requisitos de los usuarios, es decir, la selección adecuada de la estrategia, mientras que la eficiencia organizacional se refiere a lo optimizados que están los recursos para cumplir con la estrategia. La forma en que ambas encajan en una estructura empresarial se muestra en la Fig. 4. La gestión de muchas empresas comparte estos conceptos, en el sector automoción se utilizan los términos de efectividad de servicios y gestión de recursos, **Rover Group** (1997). Los planes estratégicos y de acción, así como los documentos derivados de los mismos, suelen hacer referencia a estos dos tipos de objetivos.

Ambos pueden ser discutidos por separado, pero en realidad están interrelacionados y constantemente colisionan entre sí. La comprensión de esta relación es importante, especialmente en lo que contribuye directamente a los costes de mantenimiento.

3.3 LA FIJACIÓN DE OBJETIVOS DE EFICACIA DEL MANTENIMIENTO

Se ha indicado la importancia de comprender la función del departamento de mantenimiento dentro de la empresa. Esta declaración, aislada en sí misma, será de poca utilidad pero indicará lo que se espera de la gestión del mismo. Podría ser por ejemplo: *"garantizar y controlar la disponibilidad de los equipos productivos y la calidad de producto terminado a un costo mínimo"*.

La mayoría de las veces debe aplicarse una estrategia de mantenimiento que asegure que se cumplan estos requisitos. La función más frecuente de esta estrategia es satisfacer las necesidades de los usuarios, es decir, factores de la producción de plantas, los niveles de seguridad, la longevidad de los equipos, la calidad, los residuos, el consumo de energía… a un coste mínimo, **Mitchell** (1998). La importancia que cada uno de los usuarios le concede a los requerimientos mencionados varía en las distintas industrias. En la industria química la seguridad será el "*key factor*", mientras que en una papelera puede ser la fiabilidad; en cualquier caso las necesidades del usuario en lo que a eficacia se refiere, se concentran en torno a los parámetros RAMS y a la seguridad funcional del sistema como afirman Galar et al. (2009a). Sería imposible generar una lista genérica de necesidades de las compañías. Éstas son tan singulares como la propia empresa. Un enfoque adoptado recientemente por Galar et al. (2009b) es el de la adaptación del BSC o *Balanced Scorecard* de **Kaplan & Norton** (1996), como cuadro de mando integral. En la Figura 5 se observa como el modelo traslada objetivos corporativos y estrategias de diferentes niveles jerárquicos al cuadro de mando que proporciona las distintas perspectivas no solo funcionales o técnicas sino de valor añadido que ofrece la función mantenimiento.

El modelo de BSC jerarquizado consigue la concreción del equilibrio entre eficacia y eficiencia que propugna el esquema de la Figura 2, haciendo especial hincapié en la

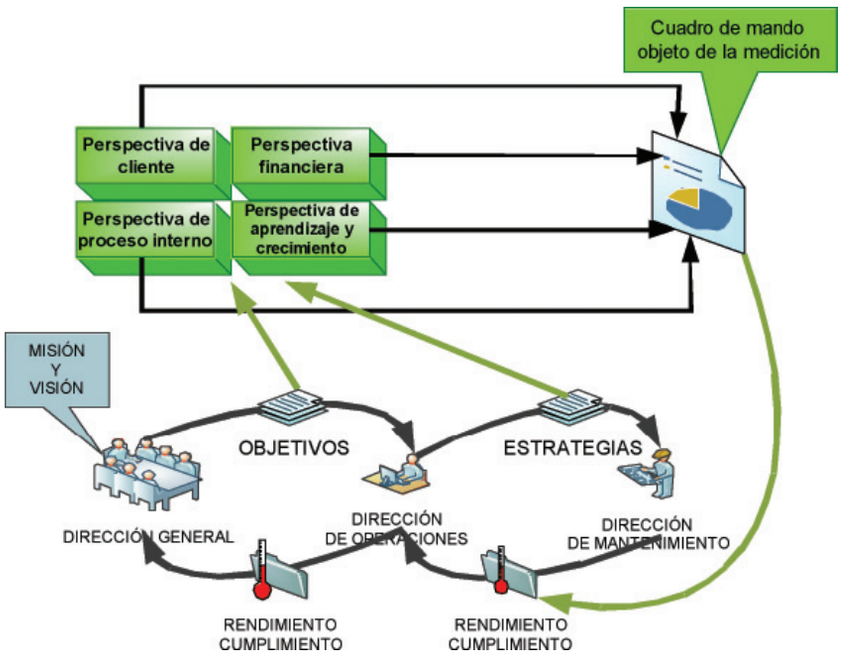


Figura 5: Modelo adoptado por Galar et al. de traslación de objetivos y estrategias al cuadro de mando objeto de la medición

perspectiva del cliente, esto es, los activos productivos y el departamento de producción, la cual es desarrollada por cuatro objetivos:

- Objetivo 1: Mejora de las políticas de mantenimiento
- Objetivo 2: Mejora de la calidad
- Objetivo 3: Mejora de la respuesta de mantenimiento
- Objetivo 4: Mejora de la seguridad.

El cumplimiento de cada uno de estos objetivos se mide con indicadores adaptados al tipo de industria, lo que permite que según la casuística de ésta, se desarrolle o potencie más uno u otro en función de la orientación que se quiera fomentar en la perspectiva citada, marcada por las necesidades de los usuarios.

Esta información debe ser trasmitida en cascada, de manera descendente, garantizando que cada empleado entienda lo que son las necesidades de la empresa. Para que esto realmente se lleve a cabo, la dirección de mantenimiento debe establecer y comunicar un conjunto completo de objetivos. A continuación, se decide lo que estos parámetros significan en realidad para cada uno de los ámbitos organizativos. Una vez que los objetivos se han definido para cada área, se debe decidir si el siguiente nivel en la jerarquía requiere sub-objetivos o metas aplicados a ese nivel. El carácter propietario o responsable de los indicadores hace necesaria la jerarquización de los mismos, como se puede observar en la Figura 6, de manera que solo aquellos niveles que tienen posibilidad de cambio, mejora o necesidad de observación sean partícipes de algunos índices y sus correspondientes estrategias y objetivos asociados.

Es adecuado utilizar algún tipo de evaluación de la criticidad en este punto para resaltar donde se debe poner especial atención. Sería complejo definir objetivos para cada

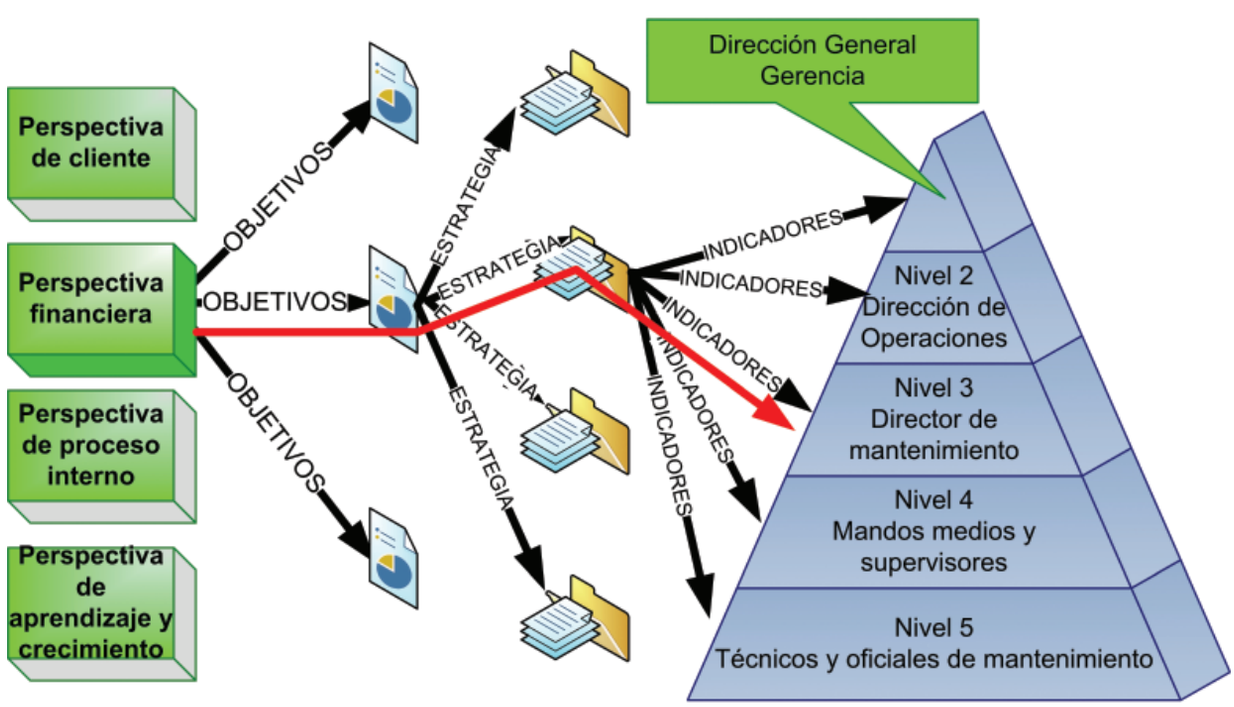


Fig.6: Proyección de indicadores según niveles jerárquicos

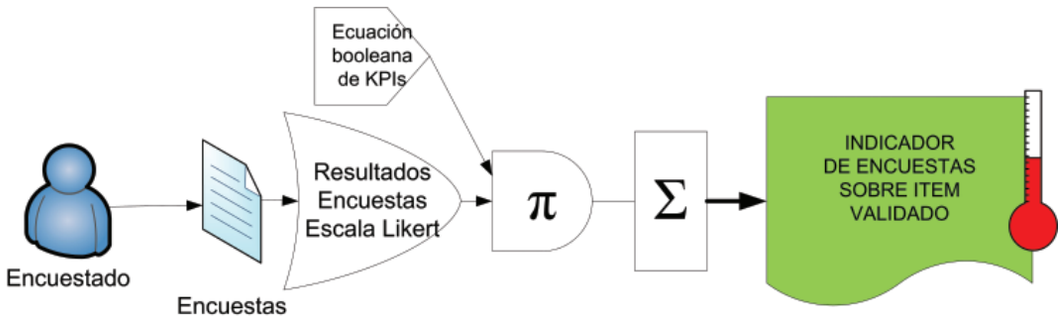


Fig. 7: Modelo de validación de encuestas por KPIs de eficiencia

unidad en una planta de gran número de recursos humanos y materiales.

3.4 LA EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS

La necesidad de realizar baterías de encuestas y calcular un elevado número de indicadores ligados al cumplimiento de los objetivos exige un cronograma de realización de la medición o auditoría en sentido más amplio. Este procedimiento debe asegurar la repetitividad de las medidas de rendimiento de manera que se pueda realizar una adecuado *benchmarking* en la propia organización, entre diferentes plantas o en la misma en distintos instantes temporales para visualizar la mejora o empeoramiento en la evaluación del desempeño como afirman **Dunn** (1999). Cada uno de los objetivos, así como sus estrategias asociadas, tienen una cantidad de información mixta proveniente de indicadores calculados a través de información extraída de GMAO, ERP etc.… con datos de encuestas a diferentes niveles jerárquicos que adolecen de una carga de factor humano importante pero cuya información refleja la percepción de los usuarios multinivel respecto al funcionamiento del departamento de mantenimiento.

El modelo propuesto combina por tanto los resultados de las encuestas con indicadores de mantenimiento previamente seleccionados, con fuerte correlación con el bloque de encuestas respectivo. Se asociarán por tanto KPIs que tengan una relación univoca con las respuestas de las encuestas, reflejando éstos puntuaciones altas cuando las encuestas debieran ser positivas y bajas en caso contrario. El modelo resultante será el de la Figura 7.

Por ello, el modelo propuesto combina los aspectos cualitativos y cuantitativos en la medición de la calidad del trabajo efectuado. Se realiza una mixtura entre el tradicional método de encuestas y entrevistas en profundidad a diferentes niveles jerárquicos con la búsqueda de KPIs asociados directamente al resultado positivo o negativo de esos cuestionarios; su resultado está avalado por la calidad de los sistemas de información de la organización, y modula, refrendando o penalizando, el resultado de los cuestionarios que son una sensación jerarquizada o la proyección de un deseo más que el estado real de una situación. Esta asociación se materializa en la ponderación de los resultados de la encuesta por el KPI o ecuación de KPIs inequívocamente correlacionados con el resultado a perseguir.

En la Figura 7 se puede observar como, una vez obtenidos los resultados derivados de las encuestas, éstos son multiplicados por los obtenidos en la ecuación de eficiencia propuesta como combinación de uno o más KPIs, que se consideran necesarios garantes de la buena marcha del proceso y de la calidad del ítem evaluado. Hay ítems a considerar como pueden ser las órdenes de trabajo o el almacén, en el que se imponen ecuaciones de eficiencia más complejas que combinen varios indicadores, por la necesidad implícita de cubrir otros aspectos, como pueden ser órdenes de trabajo atrasadas, la inexistencia de órdenes de trabajo permanentes o la exactitud en la previsión de recursos del sistema de OTs.

4. CONCLUSIONES

- Los problemas de medición del rendimiento de mantenimiento son comunes y parecidos en todas las organizaciones, aunque la solución a cada una de ellos inevitablemente varía de una planta a otra.
- Las cuestiones relativas a los "*factores humanos*" juegan un papel relevante en el rendimiento de una organización. Si se introducen en un sistema datos escasos o erróneos, se generarán informes de escaso interés y utilidad. Del mismo modo, los recolectores de datos deben estar lo suficientemente motivados para asegurarse de que aporten solamente información válida.
- La función mantenimiento debe tener clara su entidad dentro de la organización. Este conocimiento, ayudará en la identificación de la planta como usuario de la función mantenimiento, y en la adecuada descripción de las necesidades que la empresa requiere al departamento.
- Los objetivos y las medidas deben ser evaluados y revisados periódicamente para controlar y prevenir desviaciones respecto a los corporativos. La adaptación de estos a los propios de cada departamento debe contar con el apoyo de todos los niveles en la organización. Cada departamento y cada persona deben tener la oportunidad de participar en la determinación de las estrategias encaminadas a la consecución de los objetivos, pero no en la interpretación de los mismos, cuya variedad indiscriminada puede dar lugar a conflictos entre departamentos que piensan equivocadamente que trabajan en la misma dirección.
- Es importante alinear las medidas con cada uno de los objetivos principales. No tiene sentido fijar un

objetivo para mejorar el rendimiento, si no va a ser adecuadamente controlado o medido. Los indicadores relacionados con la eficiencia organizacional tienden a ser difíciles de medir y de carácter subjetivo.

El modelo propuesto pretende ser una integración multidimensional de una serie de aspectos incontrolados en la función mantenimiento y que se han analizado escasas veces y de forma aislada. Otros muchos factores tenidos en cuenta en el modelo propuesto suponen la inclusión en la función mantenimiento de herramientas metodológicas o tecnológicas de éxito contrastado en otras áreas empresariales y no implantadas en la gestión de activos.

Por ello, este modelo integra los siguientes aspectos:

- Cualitativos de encuestas y percepciones de clima y actitudes, a la par que incluye indicadores de diversa naturaleza cuantificables, y objetivos cuya fidelidad reside en la naturaleza de los datos de explotación.
- Contempla la métrica del mantenimiento a diferente niveles organizativos, tanto verticales como horizontales, ofreciendo a cada nivel el cuadro de mando para su toma de decisiones, y marcando la responsabilidad de aportación de datos para generar algunos de los indicadores. Define por tanto quién es el propietario del indicador, quién aporta la información, lo calcula, y quién lo usa en los procesos de toma de decisiones.

5. ANEXO: TABLA DE DENOMINACIONES Y ACRÓNIMOS

GLOSARIO	
KPI	Key Performance Indicator (Indicador Clave de Rendimiento)
GMAO	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador
GPAO	Gestión de Producción Asistida por Ordenador
CBM	Condition Based Maintenance (Mantenimiento Basado en la Condición)
SCADA	Supervisory Control And Data Adquisition (Adquisición de Datos y Control de Supervisión
ERP	Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)
TPM	Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total)
RCA	Root Cause Analysis (Análisis de Causa Raiz)
AMFE	Análisis de los Modos de Fallos y sus Efectos
RAMS	Reliability Availability Maintainability and Safety (Fiabilidad Disponibilidad Mantenibilidad y Seguridad)
BSC	Balanced Scorecard (Cuadro de Mando Integral)
OT	Orden de Trabajo

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Bivona E. & Montemaggiore G. 2005. Evaluating Fleet and Maintenance Management Strategies through System.
- Dynamics Model in a City Bus Company. International System Dynamics Conference - July 17 - 21, 2005 Boston.
- Dunn R. 1999. Basic guide to maintenance benchmarking. Plant Engineering.http://www.plantengineering.com.
- EASA / JAR145 2003. Aviation Maintenance Human Factors. Aircraft Maintenance Standards. Department.
- Galar D., Berges L. & Royo J. 2009a. RAMS modeling for maintenance audit. ESREL 2009. Praga.
- Galar D, Berges L & Royo J. 2009b. Construcción de KPIs de mantenimiento en base a los parámetros RAMS: La necesidad de un cuadro de mando. II Jornadas internacionales de Asset Management. XI Jornadas de Confiabilidad. Valencia.
- Galar D, Berges L & Royo J. 2010. Tesis doctoral. Métricas y auditorías de mantenimiento: Un modelo jerarquizado de cuadro de mando integral. Universidad de Zaragoza.
- Goti-Elordi A, Egaña-Errasti M, Iturritxa-Perez de Albeniz A. 2009. El estado del mantenimiento industrial en España. encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial y la aplicación de herramientas de apoyo a la decisión en el ambito. DYNA Ingeniería e Industria Vol.84-3 p.225-230.
- Jones & Rosenthal. (1997). Assessing Maintenance Performance. Maintenance Technology Magazine.
- Kaplan, R, & Norton, D. 1996. The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action. Harvard Business School Press. Boston, MA.
- Kelly, A. 1997. Maintenance Strategy. Butterworth-Heinemann.
- Mitchell J. 1998. Dollars: The only real measure of equipment effectiveness. http://www.mt-online.com.
- Moubray JM. 1997. RCMII Reliability-Centered Maintenance. 2nd Ed., Industrial Press.
- Rey F. 1996. Hacia la excelencia en mantenimiento. TGP Hoshin: Madrid.
- RGP Rover Group. 1997. Effective Maintenance Management Manual.
- Safety Regulation Group, Civil Aviation Authority. West Sussex.
- UNE-EN 15341:2008 Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. AENOR: Madrid.
- Williamson R. 2001. Maintenance is NOT a department. http://www.mt-online.com. January.
- Wireman T. 1998. Developing performance indicators for managing maintenance. Industrial Press (First edition): New York. USA.
- Woodhouse, J. 2000. Key Performance Indicators in Asset Management. The Woodhouse Partnership Ltd.