



Mantenimiento basado en condición: metodología para su consolidación como catalizador de transformación cultural y técnica orientada hacia la confiabilidad y la excelencia operacional

Camilo Andrés Vásquez Roldán

Juan Camilo Urango Pérez

Carrera 35A # 19-61

cvasquez@idc-confiabilidad.com - jurango@idc-confiabilidad.com

Tuluá, Valle del Cauca - Colombia

Resumen

El artículo propone una metodología estructurada y progresiva para implementar el CBM, adaptable a distintas industrias y niveles de madurez. La propuesta integra rigor técnico con gestión del cambio para alinear el análisis y la toma de decisiones con los objetivos del negocio, asegurar la trazabilidad del hallazgo a la ejecución y fortalecer competencias. Su eje principal es la articulación operativa, táctica y estratégica para consolidar una cultura de confiabilidad.

Introducción

En múltiples industrias, donde la gestión del mantenimiento se basa en la reactividad y en la consumación de actividades preventivas que no responden de forma directa a la necesidad real de las máquinas, el mantenimiento basado en condición (CBM) se ejecuta con frecuencia como una actividad de inspección aislada, orientada al cumplimiento de rutinas o de indicadores, y no como una técnica estratégica para soportar la gestión de activos enfocada a la integridad y a la toma de decisiones basada en condición y riesgo. Esta desconexión se refuerza cuando se asignan expectativas sobredimensionadas al CBM, esperando resultados sin ejecución alguna o con deficiencias que limitan la efectividad de la misma. En consecuencia, los hallazgos no se transforman de forma consistente en decisiones y acciones que aporten valor desde el mantenimiento al cumplimiento de los objetivos de la compañía.

De manera complementaria, la transformación de los hallazgos en decisiones y acciones de impacto a su vez se ve limitada por una brecha organizacional entre los equipos técnicos, las jefaturas tácticas y los liderazgos estratégicos. Cuando no existe articulación y patrocinio para priorizar y autorizar intervenciones relevantes o cambios de práctica, predominan las respuestas visibles de corto plazo, se mantiene la cultura de la inmediatez y las decisiones se aplazan o se diluyen en la operación diaria. Como resultado, el mantenimiento basado en condición permanece en una dinámica recurrente y no logra consolidarse como el pilar central para la gestión del mantenimiento.

En respuesta a la problemática expuesta, este artículo planteará una metodología para la implementación de programas de mantenimiento basado en condición, con un enfoque progresivo y adaptable a diferentes industrias y niveles de madurez, orientada a cerrar las brechas identificadas en la gestión y despliegue de la técnica que restringen su aporte de valor. La propuesta incorporará la rigurosidad técnica necesaria y la articulación de los diferentes niveles de la organización, con el propósito de impulsar una cultura que gire en torno a la confiabilidad y excelencia operacional.

Estado del Arte

El mantenimiento basado en condición se presenta en la literatura como una estrategia que apoya la decisión de intervenir activos a partir

de evidencia de su estado real, obtenida mediante técnicas de monitoreo, pruebas e inspecciones capaces de detectar degradación y anticipar fallas. En esa lógica, la condición puede inferirse desde variables físicas y operacionales, por ejemplo vibración, temperatura, desempeño o indicadores tribológicos [1]. No obstante, los enfoques vigentes coinciden en que el valor del enfoque no surge de aplicar técnicas de forma aislada, sino de consolidar un programa que integre selección de activos, definición de parámetros, adquisición y análisis, criterios de diagnóstico, comunicación del hallazgo y conversión en acciones verificables, de modo que la organización pase de medir a decidir y aprender de manera sistemática [1, 2].

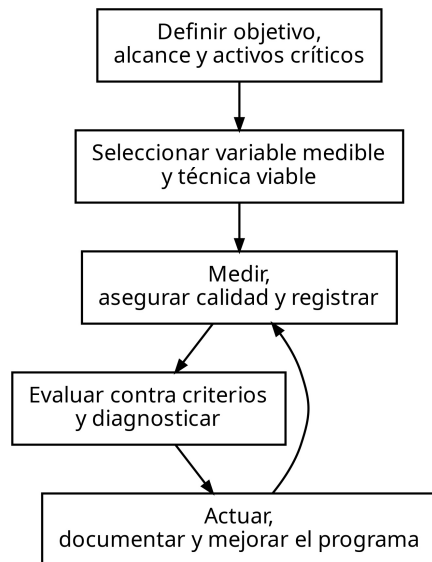


Fig 1. Flujograma generalizado para el despliegue y operación de un programa de mantenimiento basado en condición, adaptado de ISO 17359:2018 [1].

Esta visión programática es la que permite diferenciar CBM de alternativas tradicionales y explicar por qué, aunque varias organizaciones declaren hacer predictivo, el impacto real puede ser limitado. Cuando el mantenimiento se gobierna por intervalos fijos, el criterio de intervención es el tiempo o el uso, lo cual puede ser eficaz en modos de falla dominados por desgaste predecible, aunque también puede inducir actividades

que no agregan valor cuando la degradación no sigue un patrón estable o cuando las condiciones de operación cambian. En contraste, el CBM busca intervenir cuando la condición evidencia desviación y cuando el riesgo asociado lo justifica, por lo cual su desempeño depende de la calidad de medición y del rigor analítico con el que se transforme la señal en una conclusión técnica defendible [1, 3]. Esta diferencia es especialmente relevante porque el CBM, bien aplicado, no solo desplaza tareas calendarizadas, también introduce disciplina técnica en la forma en que se observa el activo y se argumentan decisiones.

De manera complementaria, la experiencia documentada advierte que no es equivalente contar con técnicas predictivas y contar con CBM como estrategia de gestión. En la práctica, un conjunto de tecnologías de diagnóstico puede producir reportes, aunque si esos resultados no se integran al sistema de gestión del trabajo, no existe trazabilidad hacia órdenes, recursos, ventanas de intervención y verificación posterior, y por tanto el aprendizaje se rompe. En esa línea, las mejores prácticas resaltan la necesidad de diferenciar el trabajo originado por CBM dentro del sistema de órdenes para poder gestionarlo, medirlo y evaluar su efectividad frente a otras categorías de trabajo, ya que sin esa clasificación se pierde visibilidad del aporte y se perpetúan dinámicas reactivas [4]. Así, la comparación entre enfoques conduce de forma natural a la pregunta clave del despliegue, que es por qué, aun existiendo técnicas maduras y marcos de referencia, los programas en industria suelen quedar por debajo de su potencial.

Una primera respuesta se encuentra en brechas técnico científicas que afectan la credibilidad del diagnóstico y, por extensión, la confianza organizacional en el enfoque. La normativa resalta que el monitoreo de condición exige control sobre condiciones de adquisición y contexto operativo, además de criterios de repetibilidad para sostener tendencias, por lo cual errores de medi-



ción o inconsistencias en el método degradan la interpretabilidad del dato y elevan la probabilidad de conclusiones frágiles [1]. Cuando existe incertidumbre, se recomienda fortalecer la confianza diagnóstica mediante verificación, repetición de mediciones, correlación con históricos, reducción temporal de intervalos y uso de técnicas alternativas, lo cual evidencia que el rigor no es accesorio, sino condición habilitante para decisiones proporcionales al riesgo [1]. De manera coherente, las guías de interpretación y diagnóstico formalizan la necesidad de procedimientos que reduzcan variabilidad entre analistas y momentos, especialmente cuando el diagnóstico debe soportar decisiones de mantenimiento con impacto operativo [5].

Sin embargo, incluso cuando la capacidad técnica existe, una brecha frecuente aparece en la integración del flujo hallazgo, decisión y ejecución, que es donde el CBM se valida como programa y no solo como reporte. Si los resultados no se convierten en trabajo planificado y ejecutado, el monitoreo pierde efecto, y la organización no construye memoria técnica para cerrar el ciclo mediante verificación posterior a la intervención y retroalimentación al modelo diagnóstico. En este punto, la gestión de datos y su gobernanza se vuelven críticas, debido a que la toma de decisiones depende de que la información sea adecuada, trazable, interoperable y disponible a través de la organización, no solo en repositorios individuales o reportes aislados [6]. Este argumento permite ver que el problema no se limita a tener más datos, también implica lograr que esos datos se transformen en información confiable que soporte decisiones repetibles y escalables.

La evidencia converge en que las brechas culturales y organizacionales suelen ser las más determinantes, debido a que condicionan la adopción del CBM y su capacidad de ganar protagonismo en niveles superiores de decisión. Una cultura reactiva tiende a priorizar urgencias del corto

plazo y a tratar el monitoreo como responsabilidad de especialistas, lo cual reduce apropiación transversal, debilita la disciplina de ejecución y limita el uso de la evidencia para redefinir estrategia. Desde la perspectiva de gestión de activos, la cultura influye directamente el comportamiento organizacional y, por tanto, el desempeño, especialmente en fronteras entre áreas y niveles jerárquicos, donde los silos dificultan la integración del conocimiento técnico con la decisión operativa y directiva [7]. En consecuencia, el vacío no reside en la ausencia de técnicas o de marcos de referencia, sino en la falta de un despliegue que articule rigor técnico, gestión del trabajo, gobernanza de información y adopción cultural, de modo que el CBM evolucione progresivamente desde decisiones tácticas de intervención hacia decisiones estratégicas que orienten el programa de mantenimiento a través de los niveles organizacionales [1, 2].

Propuesta Metodológica

En coherencia con la problemática planteada y con las brechas identificadas en la literatura, se propone una metodología de implementación de CBM estructurada en cuatro fases progresivas. Su propósito es asegurar que el mantenimiento basado en condición evolucione desde las rutinas de inspección aisladas, hacia la toma de decisiones y ejecución acciones estratégicas para la compañía, manteniendo adaptabilidad y escalabilidad según el nivel de madurez de cada departamento de mantenimiento.

La metodología se concibe como transversal a diferentes industrias, por lo que su despliegue se plantea por etapas. En consecuencia, cada fase define un conjunto de resultados mínimos que habilitan la transición a la siguiente, al tiempo que conserva flexibilidad para ajustar cobertura, exigencias técnicas y ritmo de implementación en función de capacidades reales, restricciones operativas y objetivos estratégicos.



Fase 1. Alineación y preparación del programa CBM para su adaptabilidad y escalabilidad

La fase inicial establece las condiciones para que el programa sea viable, progresivo y coherente con el contexto organizacional. Para ello, se realiza una evaluación de madurez mediante entrevistas con actores clave, observación en campo y verificación sistemática, apoyada en un checklist que revisa el estado del proceso de mantenimiento, la gestión documental, la administración de repuestos y el uso de los sistemas de información, incluyendo CMMS. Este diagnóstico no se limita a describir brechas, sino que permite definir principios de progresividad, adaptabilidad y escalabilidad, de modo que el programa ajuste su alcance y sus exigencias a la capacidad instalada, evitando imponer estándares que no puedan sostenerse en la ejecución.

A partir de esa lectura, se desarrolla la alineación con objetivos estratégicos del área de mantenimiento y de la organización. En esta etapa se reconoce que los objetivos pueden variar entre compañías, sin embargo, el principio se mantiene, dado que el programa debe priorizar aquello que contribuya de forma tangible al rumbo del negocio, ya sea disponibilidad, seguridad, calidad, control de costos u objetivos de expansión. Posteriormente, se ejecuta una preselección corporativa de activos, la cual antecede la selección técnica y se orienta por criterios globales como proyectos de mejora y crecimiento, relevancia en costo y condicionantes de inversión u obsolescencia. Finalmente, se incorpora una revisión de factibilidad y costo benefi-

cio con el fin de justificar recursos, definir expectativas realistas y dejar establecidos indicadores de éxito desde el arranque, lo cual reduce el riesgo de convertir el CBM en una rutina de inspección sin trazabilidad hacia la generación de valor y transformación cultural.

Fase 2. Diseño del componente técnico del programa

Esta fase consolida el diseño técnico del programa a partir de una selección de activos guiada por criticidad y por consecuencia. Para ello se plantea el uso de una matriz que integre el riesgo de detención de la operación, la dificultad de reparación medida en costo y tiempo perdido, y la configuración del proceso, como redundancias o arreglos en paralelo, puesto que son aquellos factores los que determinan el impacto real de la falla, obsérvese la tabla 1. Con esa priorización se definen las condiciones iniciales de monitoreo y el alcance técnico; posteriormente se seleccionan variables, tecnologías y frecuencias de medición según modos de falla relevantes y eficacia esperada de cada técnica, con el fin de evitar sobredimensionamiento y concentrar recursos en inspecciones capaces de derivar en decisiones de impacto. [1, 6]

A partir de lo anterior se establece la línea base y los criterios iniciales de evaluación, apoyándose primero en históricos disponibles y en referencias normativas aplicables, evolucionando progresivamente hacia líneas base propias conforme se consolida el conocimiento del activo

Tabla 1. Ejemplo de matriz para el establecimiento de la frecuencia de monitoreo basada en la criticidad

Activo	Impacto	Dificultad de reparación	Configuración del proceso	Factor por configuración	Índice de criticidad	Nivel	Frecuencia de monitoreo
Bomba	5	3	1+0	1,6	12,8	Alta	3 / mes
Ventilador	5	5	1+0	1,6	16,0	Alta	4 / mes
Centrífuga	3	3	1+1	1,0	6,0	Media	2 / mes
Compresor	1	1	2+1	1,0	2,0	Baja	1 / mes

y la repetibilidad de la medición. En paralelo se estandariza el procesamiento, el análisis y la trazabilidad de hallazgos, de modo que la interpretación sea repetible y auditable, y se incorpora un mecanismo explícito para fortalecer confianza diagnóstica cuando exista incertidumbre, por ejemplo, mediante repetición de mediciones, reducción temporal de intervalos, mediciones complementarias y verificación cruzada. Finalmente se debe establecer la retroalimentación técnica como condición del diseño, debido a que la efectividad de las intervenciones debe realimentar umbrales, frecuencias y reglas de interpretación, cerrando el ciclo diagnóstico sobre evidencia. [1, 6]

Fase 3. Gestión del CBM, ejecución y gestión del cambio hacia una cultura de confiabilidad

La fase de gestión define el proceso que convierte los hallazgos del CBM en decisiones estratégicas, trabajo ejecutable y en nuevas bases culturales. La figura 2, representa mediante un diagrama de flujo el ciclo completo desde la recepción del hallazgo hasta el cierre, in-

cluyendo recirculaciones por brecha de capacidad, estancamiento de acciones y verificación de efectividad. Sobre esa base, la metodología establece una gobernanza por niveles de decisión, en la que los roles operativos, tácticos y estratégicos reciben y gestionan la información según criticidad, severidad, urgencia y confianza diagnóstica, lo cual evita escalamiento arbitrario y asegura que el hallazgo llegue al nivel con capacidad real de asignar recursos y ventana de intervención. [1, 4]

Una vez definido el nivel de decisión, se institucionaliza la traducción técnica del hallazgo mediante sesiones de socialización, con el propósito de transformar el diagnóstico a términos gestionables, que incluyan riesgo, consecuencia y recomendación. Posteriormente, el hallazgo se integra al sistema de gestión del trabajo mediante su registro y trazabilidad en CMMS, y se gestiona como trabajo originado por CBM para proteger su visibilidad y su priorización dentro del backlog, manteniendo disciplina de planeación, programación y seguimiento. El control de ejecución se soporta en QA y QC, y cuando la intervención no cumple buenas prác-

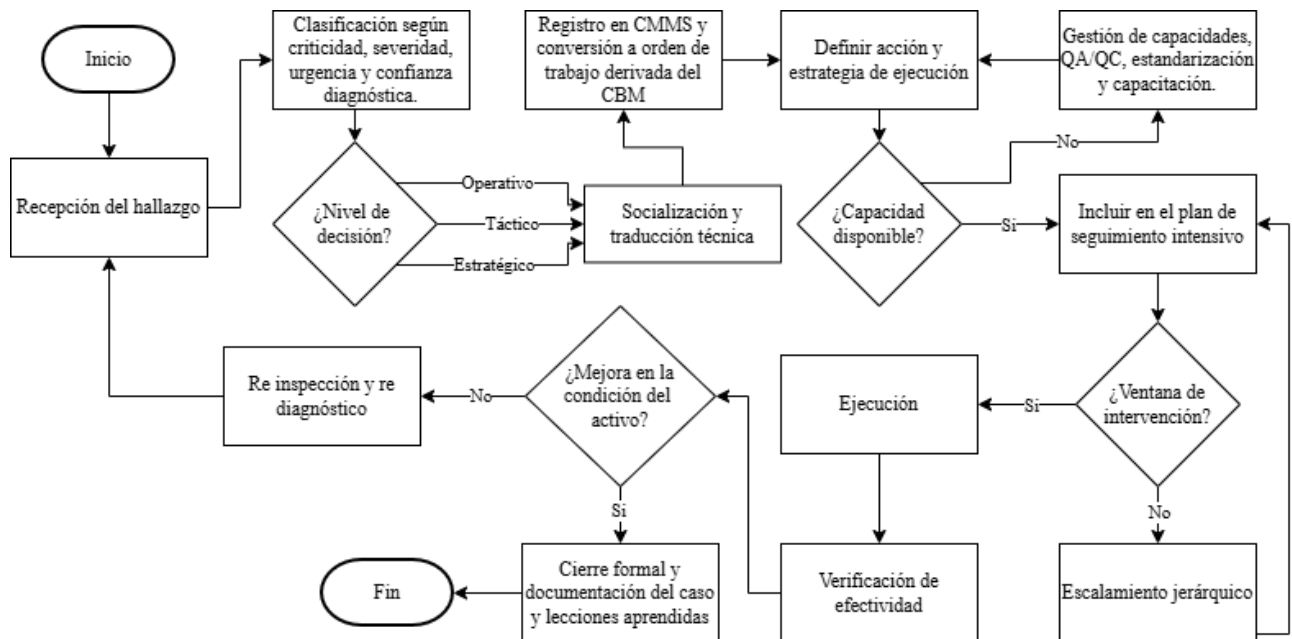


Fig 2. Ciclo de gestión del CBM



ticas se activa la capacitación y estandarización, de forma que la mejora no dependa de individuos sino de un método sostenido por competencias y control. [4, 6] La eficacia de la gestión dependerá de la implementación de un plan de seguimiento intensivo para las actividades derivadas del CBM, orientado a evitar estancamientos mediante registro riguroso, formulación de planes de mejora por parte del responsable y reglas de escalamiento, lo cual es coherente con prácticas de gestión del trabajo y control del backlog, establecidas en las literaturas que guían el correcto desempeño de la gestión del mantenimiento. El cierre se condiciona a una verificación de efectividad, apoyada en reinspección y control de calidad, y se complementa con la documentación del caso y las lecciones aprendidas, de modo que el conocimiento circule y contribuya a consolidar hábitos de la cultura de la confiabilidad.

Fase 4. Revisión y mejora continua como componente de sostenibilidad del programa

La fase final asegura permanencia y evolución del programa mediante medición, auditoría, aprendizaje y fortalecimiento de capacidades. En primer lugar, se evalúa el desempeño del proceso CBM a través de indicadores que reflejan cobertura del programa, cumplimiento de rutas, agilidad del flujo de datos y eficacia de

la integración entre hallazgos y planificación, obsérvese la tabla 2. En paralelo, se incorporan indicadores de resultados RAM, entre las que se incluyen MTBF, MTTF, disponibilidad y confiabilidad, y cuando sea pertinente MTTR, tasa de fallas no planificadas y cumplimiento de ventanas de intervención, etc. Esta separación permite distinguir disciplina del proceso y efectos en desempeño del activo, evitando que el programa sea juzgado solo por volumen de inspecciones o por resultados que dependen de múltiples factores que influyen en la ejecución.

En segundo lugar, se propone desarrollar auditorías internas y reflexionar sobre lecciones aprendidas orientadas a verificar integridad del flujo desde medición hasta cierre, calidad del análisis, trazabilidad en CMMS, disciplina de ejecución y cumplimiento de estándares técnicos. En la etapa de despliegue o consolidación, una periodicidad mensual de revisión interna resulta coherente con la necesidad de corrección temprana de desviaciones del programa, mientras que revisiones externas periódicas con menor frecuencia contribuyen a validar independencia técnica y reducir los sesgos que se creen en el camino. Finalmente, se integran estrategias de continuidad e independencia técnica mediante un plan de competencias, estandarización de procesos, transferencia de conocimiento y documentación sistemática de casos e inspecciones, de modo que el desempeño del programa

Tabla 2. Indicadores recomendados para la gestión (fase 3) y mejora (fase 4) del programa de CBM

#	Indicador (fórmula resumida)	Qué demuestra	Fuente / benchmark típico*
1	Cobertura CBM = Equipos con CBM activo / equipos críticos	Alcance real del programa sobre la criticidad	ISO 17359 [1], SMRP [4]; $\geq 90\%$
2	Compliance de Rutas PdM = Rondas completadas / Rondas programadas	Disciplina operativa	SMRP [4]; $> 95\%$
3	Retraso medio de análisis = Días entre medición y diagnóstico validado	Agilidad del flujo de datos	Gulati [3]; $< 3-5$ d
4	% Hallazgos convertidos en OT planificada	Integración CBM $\rightarrow$ Planificación	SMRP [4]; $> 85\%$
5	Tasa de Detección Temprana = Hallazgos antes de fallo del activo / Hallazgos totales	Efectividad predictiva	ISO 17359 [1, 6]; $> 80\%$

no dependa de individuos y pueda sostenerse ante cambios de personal o de condiciones operativas.

Con estas cuatro fases, la metodología propone un ciclo cerrado en el que la alineación organizacional habilita el diseño técnico, el diseño técnico alimenta una gestión disciplinada del trabajo y del cambio, y dicha gestión retroalimenta la mejora continua mediante evidencia, auditoría y fortalecimiento de competencias. De esta forma, el CBM se consolida como un programa capaz de sostener decisiones estratégicas y por ende, actuar como catalizador hacia una cultura de confiabilidad basada en aprendizaje de las buenas prácticas y la ejecución orientada a la generación de valor organizacional.

Resultados

La presentación de los resultados se enmarca en un caso real de aplicación, correspondiente a un ingenio azucarero de la agroindustria del suroccidente colombiano, como hilo conductor para ilustrar el alcance de la metodología propuesta. El propósito de este enfoque no es reportar resultados del caso en sí, sino mostrar de forma articulada, tanto conceptual como prácticamente, cómo la implementación progresiva por fases permite que el mantenimiento basado en condición deje de operar como una rutina de inspección y reporte, y evolucione hacia un programa capaz de influir en la gestión y en la toma de decisiones con mayor sentido estratégico.

En este contexto, la primera fase de la metodología se configura como un encuadre que desplaza el CBM desde una rutina centrada en inspección y reporte, y lo alinea con un programa orientado a apoyar el crecimiento organizacional. Mientras un CBM convencional suele operar con un propósito limitado y con baja conexión a los objetivos de la compañía, aquí se establece de forma explícita qué se espera del

CBM, qué valor va a aportar a la organización y cómo se prioriza el alcance para generar un mayor impacto. En el ingenio, este acercamiento permitió entender cómo se interpretaba el CBM, qué se necesitaba de él para aportar a los objetivos organizacionales y cuáles eran los límites operativos para responder a hallazgos, lo cual condujo a fijar como propósito que el dato habilitara decisiones con mayor confianza y menor incertidumbre, en lugar de quedar en una lectura descriptiva del estado del equipo.

En la fase dos, se evidenció que las bases técnicas con las que se venía operando limitaban la detección de fallas relevantes, en particular porque, en vibraciones, no se estaban considerando rangos de frecuencia adecuados para visualizar contenido hacia la alta frecuencia. A partir de ello, se ejecutó el diseño técnico del programa, empezando por la configuración de adquisición y análisis, elevando la calidad diagnóstica y habilitando información que antes no era observable (aspecto que se ilustra en la figura 3 mediante el aumento de resolución espectral y de frecuencia máxima para un mismo equipo). Este resultado aseguró el cumplimiento temprano del objetivo, consiguiendo certeza diagnóstica capaz de sustentar la toma de decisiones, y además representó el inicio de la aplicación de las buenas prácticas al adaptar la configuración a las características del activo y los mecanismos de falla que se pretende anticipar.

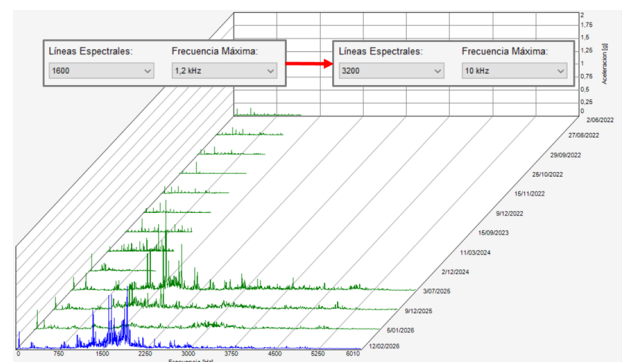


Fig 3. Mejora al diseño técnico del programa CBM previamente instaurado

Con una mejor calidad de información, se habilitó el siguiente avance, dado que los hallazgos empezaron a percibirse como insumos más confiables para decidir y priorizar, lo cual permitió fortalecer la conversación técnica con jefes de área y orientar acciones de mantenimiento con mayor impacto. Aunque la fase tres aún no está consolidada, ya se han materializado pasos relevantes, especialmente la integración de información y recomendaciones al CMMS y la implementación de un plan de seguimiento intensivo, lo cual ha evitado que las acciones se pierdan en comunicaciones dispersas y, por el contrario, exista continuidad. Es así que, este avance representa el resultado metodológico buscado en esta etapa, que consiste en convertir el diagnóstico en gestión trazable y verificable, superando la lógica del reporte aislado.

En paralelo, adelantándose al cierre de la fase tres, se inició la fase cuatro para sostener el despliegue mediante seguimiento y mejora continua. En el caso aplicado, se definieron y comenzaron a usar indicadores para controlar la ejecución del programa y reforzar la confianza en la rutina, la figura 4 presenta el tablero que permite revisar el compliance del programa, su tendencia y su lectura por áreas, facilitando ajustes mes a mes. Conceptualmente, este resultado es coherente con el principio de gobierno el CBM con evidencia de desempeño, de modo que el programa pueda corregir desviaciones y estabilizarse progresivamente.

Aun cuando el caso aplicado no se encuentra culminado ni consolidado en su totalidad, su desarrollo ya permite evidenciar el tipo de resultados que la metodología busca instalar y que diferencian de forma clara un CBM entendido como rutina de inspección frente a un CBM concebido como programa de impacto estratégico. Ahora bien, la intención a futuro será generar un escrito con el enfoque aplicado cuando el caso alcance un estado completamente consolidado, de modo que se pueda documentar con mayor profundi-

dad el resultado conceptual y operativo derivado de la aplicación integral de la metodología.

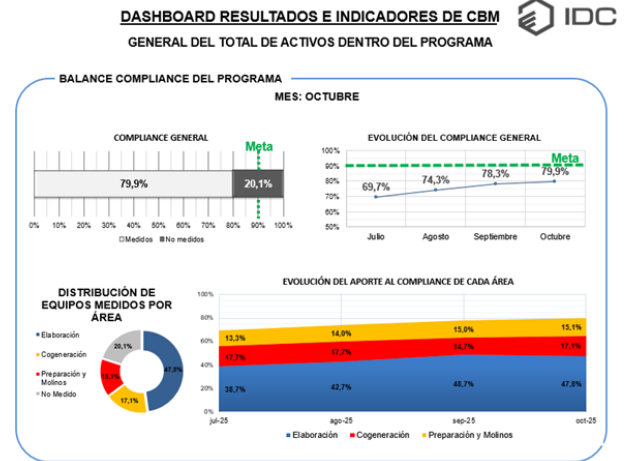


Fig 4. Indicadores de seguimiento adoptados en el caso de aplicación

Conclusiones

El desarrollo de este enfoque metodológico permite concluir que el mantenimiento basado en condición sí puede alcanzar un nivel de efectividad superior al que suele evidenciarse en su adopción cotidiana. Cuando se aplica con disciplina técnica y con criterios consistentes de captura, validación e interpretación de la condición, el CBM deja de ser una actividad instrumental y pasa a convertirse en un habilitador directo de decisiones oportunas, coherentes con el riesgo y con el desempeño requerido del activo.

En consecuencia, resulta claro que la creación de valor no proviene de ejecutar rutinas aisladas, sino de consolidar un programa que gobierne actores, responsabilidades y flujos de decisión. En ese marco, la inversión en tecnología, capacidades analíticas y sostenimiento operacional se justifica en la medida en que se traduce en intervenciones más efectivas, extensión de vida útil, mayor tiempo medio entre fallas y disminución de pérdidas asociadas a indisponibilidad y correctivos no planificados. De manera consistente,



el enfoque programático permite cerrar brechas recurrentes, en particular aquellas relacionadas con la trazabilidad del dato, la calidad del diagnóstico, la conversión del hallazgo en acción y la verificación posterior de resultados.

Finalmente, se reafirma que una metodología de este tipo contribuye a consolidar departamentos de mantenimiento más robustos y con mayor densidad de ingeniería, al tiempo que impulsa una cultura de confiabilidad basada en evidencia, estandarización y mejora continua. En consecuencia, su adopción no solo fortalece el desempeño técnico, sino que también habilita impactos económicos sostenibles al alinear prácticas, disciplina y propósito organizacional.

Referencias

- [1] *ISO 17359:2018 Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines*, International Organization for Standardization Std., 2018.
- [2] Mobius Institute, *Vibration Analysis Training Manual: Category III*. Mobius Institute, 2020, version 5.0.
- [3] R. Gulati, *Maintenance and Reliability Best Practices*. New York, NY, USA: Industrial Press, 2009.
- [4] “Smp best practices,” Guidance document, Society for Maintenance & Reliability Professionals, 2019.
- [5] *ISO 13379-1:2012 Condition monitoring and diagnostics of machines – Data interpretation and diagnostics techniques – Part 1: General guidelines*, International Organization for Standardization Std., 2012.
- [6] *ISO 55013:2024 Asset management – Guidance on the management of data assets*, International Organization for Standardization Std., 2024.

- [7] “Asset management anatomy, version 4,” Guidance document, Institute of Asset Management, 2024.

Ing. Camilo Andrés Vásquez Roldán. Ingeniero Mecánico Especialista en gerencia del mantenimiento y confiabilidad de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, profesional certificado en la técnica de inspección visual nivel II según la norma ASNT, analista de vibraciones certificado por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), con amplia experiencia en la aplicación del monitoreo de condición y su gestión estratégica en diversas industrias del sector productivo colombiano. Actualmente se desempeña como Ingeniero CBM de la compañía IDC Ingeniería de Confiabilidad SAS, cuyas funciones abarcan desde la aplicación de técnicas predictivas y ejecución del mantenimiento de precisión, hasta la implementación de modelos de gestión del CBM para la generación de impacto y la transformación hacia la cultura de la confiabilidad en las organizaciones.

Ing. MEng (C). Juan Camilo Urango Pérez. Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, cursando maestría en Ingeniería Mecánica de la Facultad de Minas de esta misma universidad, profesional certificado como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad de la Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM, analista de vibraciones certificado en la categoría III según ISO 18436-2, con amplia formación en mantenimiento industrial, confiabilidad y gestión de activos. Líder en implementación de estrategias de monitoreo de condición integrando elementos de la industria 4.0 y análisis rotodinámicos en turbomaquinaria en Colombia y diversos países de Centroamérica. Actualmente desempeñándose con líder de Ingeniería e Innovación de la compañía IDC Ingeniería de Confiabilidad SAS, donde está al frente de los servicios y proyectos de Ingeniería de Confiabilidad, Monitoreo de Condición, análi-



sis de Turbomaquinaria y Analítica aplicada a la
confiabilidad y el mantenimiento.

Datos de los autores

Camilo Andrés Vásquez Roldán

Teléfono:

Oficina: 602 2316359

Celular: +57 316 881 8064

Dirección:

Residencia: Carrera 8 SUR # 1-23,
Bugalagrande, Valle del Cauca.

Oficina: Carrera 35A # 19-61

E-mail: cvasquez@idc-confiabilidad.com

Ciudad: Tuluá, Valle del Cauca.

País: Colombia.

Juan Camilo Urango Pérez

Teléfono:

Oficina: 602 231 6359

Celular: +57 320 499 8749

Dirección:

Residencia: Calle 28A # 42-15

Oficina: Carrera 35A # 19-61

E-mail: jurango@idc-confiabilidad.com

Ciudad: Tuluá, Valle del Cauca.

País: Colombia.