



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Metodología para la Planificación del Reemplazo de Activos: Optimizando Inversión, Riesgo y Sostenibilidad

Johanna.duran@twpl.com

Woodhouse América Latina, país de residencia Chile – origen Venezuela

Resumen

El propósito es presentar una **metodología integral para la planificación del reemplazo de activos físicos**, abordando la dificultad central de tomar decisiones óptimas de inversión en un contexto de múltiples activos, presupuestos limitados y un entorno dinámico. La ausencia de un plan estructurado impacta negativamente en los ámbitos: económico, de confiabilidad, y de seguridad y sostenibilidad. Por ello, se propone un **enfoque holístico y basado en datos** para optimizar dichas decisiones, asegurar la alineación de las inversiones con los objetivos estratégicos de la organización y gestionar proactivamente los riesgos asociados al fin de vida útil de los activos

Situación General y sus Impactos

La gestión de activos físicos en las organizaciones contemporáneas se encuentra en una encrucijada crítica, donde la toma de decisiones sobre el reemplazo ya no puede basarse en criterios puramente técnicos o intuiciones operativas. Esta problemática se manifiesta como un desafío de optimización bajo restricciones multivariantes

En primer lugar, la **escasez de capital y las limitaciones presupuestarias** imponen una barrera que impide la renovación total de la infraestructura, forzando a la organización a una jerarquización de activos donde el error en la prioridad conlleva costos de oportunidad masivos. Esta dificultad se intensifica ante la presencia de **múltiples activos candidatos**, cuya criticidad varía según su impacto en la cadena de valor,

exigiendo modelos de evaluación que trasciendan la simple antigüedad cronológica.

Asimismo, la organización se enfrenta al dilema de la **extensión de vida útil**: una decisión que requiere un balance preciso entre la rentabilidad a corto plazo y el riesgo de fallas catastróficas. Todo este proceso se desarrolla en un **entorno de alta volatilidad**, donde la aceleración de la obsolescencia tecnológica, las fluctuaciones de mercado y las crecientes exigencias regulatorias y ambientales transforman activos antes funcionales en pasivos estratégicos. Por tanto, existe una necesidad imperativa de metodologías que integren estas presiones conflictivas en un marco de decisión coherente y alineado con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia institucional.

Consecuencias de una Planificación Deficiente

Una gestión reactiva o una planificación deficiente del reemplazo de activos no solo compromete la continuidad operativa, sino que desencadena una serie de impactos adversos que afectan la viabilidad integral de la organización:

- **Impacto Económico y Financiero:** Se manifiesta mediante un incremento descontrolado de los costos de operación y mantenimiento (OPEX), la necesidad de inversiones de capital (CAPEX) no programadas y pérdidas directas derivadas de la baja eficiencia energética o paradas de planta imprevistas; en general menor TOTEX.
- **Degradación de la Confiabilidad:** La obsolescencia técnica eleva la tasa de fallas no planificadas, reduciendo drásticamente



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



el desempeño y la capacidad operativa instalada, lo que compromete el cumplimiento de los niveles de servicio.

- **Riesgos de Seguridad y Medio Ambiente:** El deterioro de los activos incrementa la probabilidad de incidentes críticos que ponen en riesgo la integridad del personal, el entorno ecológico y la seguridad de la comunidad circundante, dificultando la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles.
- **Cumplimiento y Reputación:** La incapacidad de alinearse con los estándares regulatorios y legislaciones vigentes expone a la organización a sanciones legales y a un deterioro de la imagen corporativa, afectando la confianza de los clientes y las partes interesadas.

Ante la magnitud de estos riesgos, resulta evidente que las organizaciones no pueden depender de criterios aislados o decisiones reactivas. Se requiere una transición hacia modelos de gestión proactivos que integren la complejidad técnica con la visión financiera. En este contexto, se propone una **metodología integral de planificación** que actúa como un sistema de soporte a la decisión, permitiendo cuantificar la relación entre costo, riesgo y desempeño. Al sistematizar las variables de entorno y las restricciones presupuestarias, buscando además de mitigar los impactos adversos mencionados, asegurar la sostenibilidad operativa y la alineación total con los objetivos estratégicos de la organización a largo plazo

Objetivos

Proponer una metodología estructurada para la elaboración de planes de reemplazo de activos físicos, que facilite la toma de decisiones mediante el uso de indicadores técnicos y recomendaciones

prácticas, permitiendo a las organizaciones gestionar de manera eficiente el ciclo de vida de sus activos.

Objetivos específicos

- **Sistematizar** una propuesta metodológica para el desarrollo de un Plan de Reemplazo de Activos robusto y escalable.
- **Determinar** los factores críticos y variables de entorno que definen el fin de la vida útil técnica y económica de los activos físicos.
- **Analizar** la implementación del Índice de Salud como herramienta clave para la identificación y jerarquización de activos críticos.
- **Establecer** los lineamientos fundamentales y criterios de priorización necesarios para la estructuración del plan de inversión.
- **Formular** recomendaciones prácticas que aseguren la viabilidad y el éxito en la ejecución de la estrategia de reemplazo dentro de la organización.

Metodología Propuesta para la Planificación del Reemplazo de Activos

Paso I: Diagnóstico de Contexto y Gobernanza

El proceso inicia con la alineación entre el plan de reemplazo y los Lineamientos Estratégicos de la organización, específicamente el **Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)**. En esta etapa se mapea el **Marco Regulatorio**, identificando restricciones legales, ambientales y de seguridad que actúan como "condiciones de borde" para cualquier decisión de inversión.

Por ejemplo:

- Modelos de remuneración que incentivan la renovación de los activos.
- Impacto en impuestos por inversiones.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



- Leyes y reglamentos sobre el patrimonio, especialmente en organizaciones de carácter público.
- Políticas de reemplazo de activos o estándar de seguridad, como definición de vida máxima por tipo de activo.
- Estándares u objetivos ambientales, como limitación de vida por eficiencia energética o emisiones.
- Evaluar alternativas de reemplazo/desincorporación vs mantenimiento para lograr los objetivos de optimización de costos
- Adopción de nuevas tecnologías por objetivos de innovación.

Paso II: Definición de Criterios de reemplazo con sentido holístico

Se establecen criterios de evaluación holística que incluyen las diferentes aristas del valor gestionado:

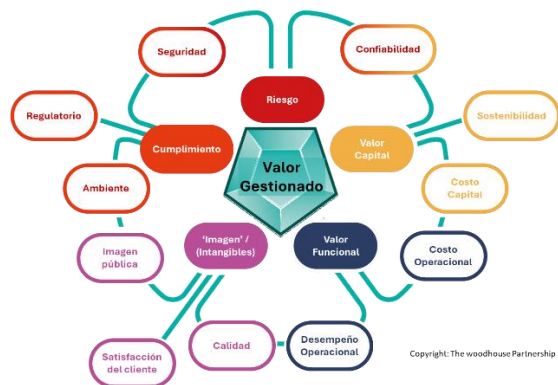


Figura 1 Diagrama de Trébol, Valor gestionado de los activos

Considerando de una manera general:

- **Métricas de Desempeño:** Confiabilidad, disponibilidad y capacidad funcional actual y frente a la demanda futura.
- **Variables de O&M:** Impacto en la seguridad, costos operacionales y riesgos asociados.
- **Restricciones:** Ejemplo Políticas de inversión y límites de capital.

Paso III: Establecimiento de un mecanismo de evaluación y monitoreo (ejemplo índice de Salud del Activo)

Un sistema para evaluar y monitorear continuamente los requerimientos y la condición de los activos, considerando:

- Capacidad operativa real vs. requerida.
- Obsolescencia (técnica, funcional, legal).
- Confiabilidad histórica y proyectada.
- Índice de salud

Índice de Salud (Asset Health Index):

Se implementa el **Índice de Salud (Asset Health Index - AHI)** como mecanismo de monitoreo continuo. El AHI normaliza la condición del activo mediante una suma ponderada de factores críticos:

$$AHI = \sum_{i=1}^n W_i \times f_i$$

Donde W_i representa el peso específico del factor y f_i su valoración normalizada. La figura 2 ilustra un ejemplo de establecimiento de variables para el cálculo del AHI para bombas centrífugas.

Factor condición	W	1	2	3	4	5
Rodamientos (Desgaste, IPS)	25%	<0,1	0,1 – 0,15	0,15 – 0,25	0,25 – 0,3	> 0,3
T de cojinetes (°F)	25%	100 – 120	120 – 170	170 – 190	190 – 220	> 220
Ventanas de flujo (violaciones /mes)	15%	0	1	2	3-4	>5
Ventanas guías (violaciones /mes)	5%	0	1	2	3-4	>5
Sellos (Fuga controlada PSI)	30%	< 5	5,1 - 7	7,1 - 10	10,1 - 15	>15

Figura 2 Ejemplo de cálculo de AHI

Este índice permite una jerarquización objetiva del portafolio, identificando candidatos críticos basados en su degradación física y obsolescencia técnica.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia

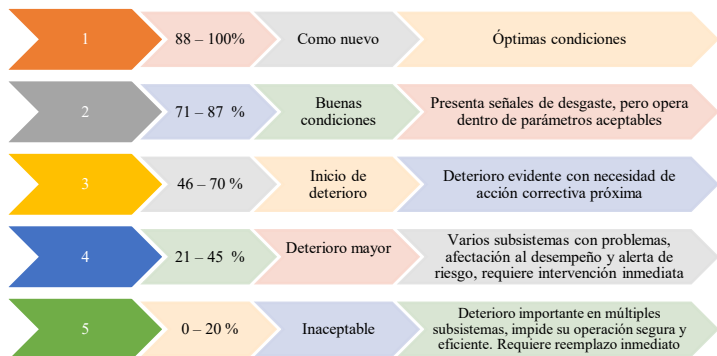


Figura 3 Ejemplo escala de Índice de Salud (AHI)

Paso IV: Análisis de alternativas: Modelado de Escenarios y Optimización Financiera

- Evaluación del Reemplazo Óptimo discreto (por activo): Determinar el momento óptimo para reemplazar un activo considerando el menor impacto total en términos de Valor Presente (VP) o Costo Anual Equivalente (CAE) de mantener el activo actual versus reemplazarlo.

Se calcula el impacto total en el negocio de diferentes momentos de intervención, considerando el impacto relacionado al O&M de mantener el equipo actual, el costo de inversión, el valor de salvamento O&M del equipo nuevo.

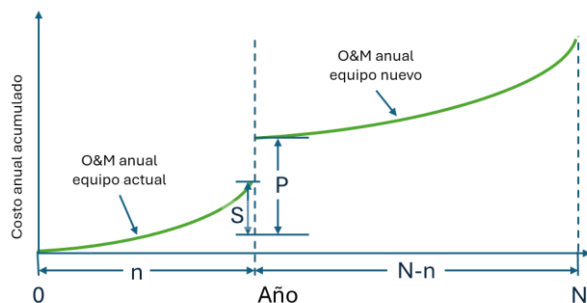


Figura 4 Costo de ciclo de vida total

$$VPN\ CCV\ total = \sum_{t=0}^n \frac{(O\&M)_t}{(1+i)^t} - \frac{S}{(1+i)^n} + \left[P + \sum_{t=n+1}^{t=N-n} \frac{(O\&M)_t}{(1+i)^t} \right] * \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde:

VPN CCV total: es el Valor Presente Neto del costo total de vida de un activo, $O\&M_t$ son los costos de O&M en el período t , t es el período de tiempo, i es la tasa de descuento, P es el costo de inversión, S es el valor de salvamento, n es el año del reemplazo., el óptimo año de reemplazo en el valor de “ n ” que minimiza el costo de ciclo de vida total.

Para comparar alternativas con diferentes horizontes y expectativas de vida, o para definir un ciclo recurrente de reemplazo se utiliza el CAE (Costo Anual Equivalente).

$$CAE = VPN \times \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1}$$

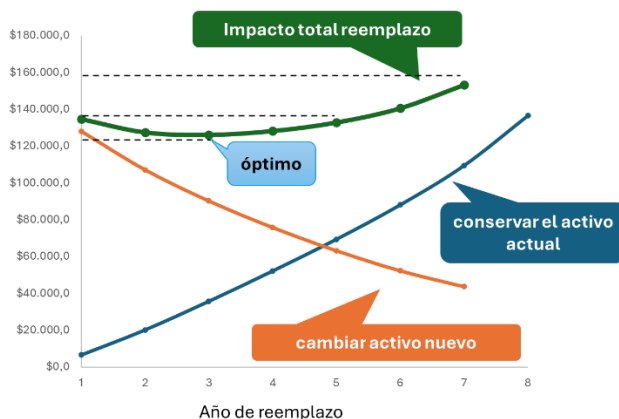


Figura 5 Ejemplo de evaluación momento óptimo de reemplazo



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



• Análisis de Sensibilidad e Incertidumbre:

Esta fase incluye un Análisis de Sensibilidad para evaluar la robustez de la decisión ante la incertidumbre de tasas de descuento, inflación o variabilidad en las tasas de falla.

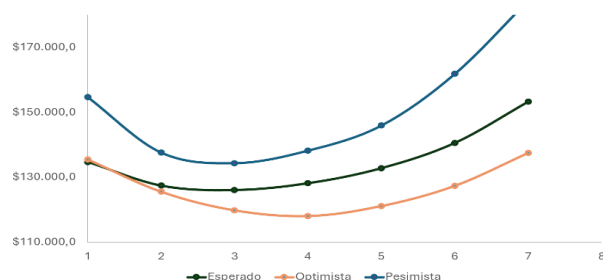


Figura 6 comparación de tiempos óptimos en diferentes escenarios

Paso V: Consolidación del Plan Priorizado

Al identificar los plazos óptimos para cada activo, es habitual encontrar cronogramas desiguales. Si a esto sumamos las restricciones de recursos, presupuesto o paradas programadas, se vuelve indispensable evaluar alternativas para adelantar o posponer las intervenciones para asegurar la viabilidad del plan sin perder la optimización.

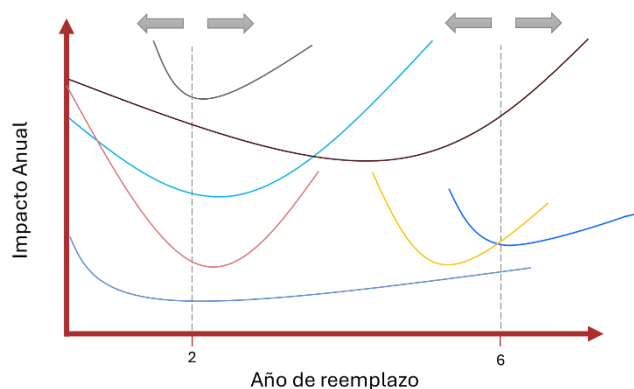


Figura 7 Ilustración de diferentes óptimos de reemplazo

Una herramienta utilizada para optimizar intervenciones es el DST Schedule o DST StAMP¹, simulando las diferentes combinaciones posibles de intervención para lograr encontrar el programa óptimo, maximizando el valor global (reducción de riesgo y mejora de desempeño) respetando los límites presupuestarios y las ventanas operativas disponibles.

Resultados

La implementación de estas técnicas permite alcanzar decisiones objetivas, basadas en el consenso y con trazabilidad que optimizan la generación de valor. Los planes de inversión resultantes además de cumplir con los aspectos regulatorios proyectan beneficios que superan las diez cifras en USD.

Factores clave y recomendaciones

Factores para Definir el Fin de Vida:

- Condición física y degradación (Salud del Activo).
- Confiabilidad (Tasa de fallas, tiempo medio entre fallas).
- Costos de Operación y Mantenimiento (Tendencia creciente).
- Obsolescencia (Tecnológica, funcional, repuestos, soporte).
- Capacidad y Desempeño (Incapacidad para cumplir requerimientos).
- Seguridad y Riesgos asociados.
- Cumplimiento normativo o legal.
- Impacto ambiental y sostenibilidad.

¹ DST: Decision Support Tools Ltd, software para evaluar decisiones relacionadas a la gestión de los

activos, para mayor información:
<https://www.decisionsupporttools.com/>



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Aspectos para Considerar en el Plan:

- Alineación con Objetivos Estratégicos (PEGA).
- Restricciones Presupuestarias y Financieras.
- Impacto Total en el Negocio (Costos, Riesgos, Beneficios).
- Condición y Realidad Operativa de los Activos.
- Requerimientos Regulatorios y Legales.
- Limitaciones Internas (Recursos, Procesos, Ventanas de Mantenimiento).
- Disponibilidad de Nuevas Tecnologías y Alternativas.

Recomendaciones

Para una implementación exitosa de la planificación del reemplazo de activos, se recomienda:

- Asegurar el Patrocinio Directivo: El apoyo de la alta dirección es fundamental.
- Enfoque Multidisciplinario: Involucrar a personal de Operaciones, Mantenimiento, Ingeniería, Finanzas y Planificación.
- Calidad de los Datos: Establecer procesos para asegurar la recopilación de datos fiables sobre la condición, costos y desempeño de los activos.
- Implementar el Índice de Salud: Desarrollar y mantener un Índice de Salud robusto y adaptado a los tipos de activos de la organización.
- Utilizar Herramientas Adecuadas: Emplear software de análisis de ciclo de vida y optimización para evaluar escenarios y generar planes robustos.

Discusión y Conclusiones

La planificación del reemplazo de activos es una tarea compleja debido a la multiplicidad de factores y presiones en conflicto. Una metodología integral, como la descrita, es esencial para:

- Superar la toma de decisiones basada únicamente en la intuición o en criterios aislados.
- Proporcionar un enfoque estructurado y basado en datos (como el Índice de Salud) para evaluar y priorizar activos.
- Considerar el impacto holístico (económico, seguridad, confiabilidad, ambiental) de las decisiones de reemplazo.
- Optimizar la asignación de recursos limitados, maximizando el valor para la organización.
- Alinear las inversiones en activos con la estrategia general del negocio.

La implementación de este marco estructurado permite resolver la tensión inherente entre las limitaciones presupuestarias y la necesidad de modernización. Al priorizar los activos bajo criterios de criticidad y desempeño, se garantiza no solo la continuidad operativa y la seguridad del personal, sino también una asignación eficiente del capital que mitiga los riesgos de obsolescencia. Finalmente, este enfoque holístico asegura que el reemplazo de activos deje de ser un gasto reactivo para convertirse en un proceso proactivo que fortalece la sostenibilidad y la resiliencia institucional a largo plazo.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Referencias técnicas

- [1] The International Electrotechnical Commission (IEC), IEC 60300-3-3 Gestión de la Confiabilidad - Part3 3-3: Guía de aplicación - costeo de ciclo de vida, 2017.
- [2] ISO, «ISO 55001 Gestión de Activos - Requisitos del Sistema de Gestión,» Organización Internacional de Normalización, 2024.
- [3] J. Woodhouse, Toma de Decisiones en la Gestión de Activos, El proceso SALVO, segunda edición ed., The Woodhouse Partnership Ltd, 2018.

Datos Autor

MsC Johanna Isabel López Durán

Ingeniero Químico, Máster en Ciencias Gerenciales, Especialista en Confiabilidad de Sistemas Industriales y Gestor de cambio certificado, con experiencia en Ingeniería de Procesos, Optimización y Gestión de Riesgos en plantas del sector Petrolero, Energético, Papelero y Farmacéutico, con una visión orientada a la resolución de problemas y optimización de recursos. Actualmente se desempeña como consultor, Facilitador e instructor en Gestión de Activos y sus diversas metodologías en países de América Latina.

Johanna Isabel López Durán

Telefonos:

No. Oficina: +37254827331

No. Residencia: +56977920308

E-mail: johanna.duran@twpl.com

Cunco, Chile