



8° CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS

22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

11 · 12 · 13

JUNIO · 2025

Centro de Convenciones
Cartagena de Indias · Colombia

 **abramam**
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos

Federación Iberoamericana
de Mantenimiento


ACIEM
Asociación Colombiana
de Ingenieros

Enfoque híbrido para el apoyo a la toma de decisiones multicriterio: Una propuesta metodológica para la priorización de activos ferroviarios en la gestión del mantenimiento

Jueves 12 de junio – 4:30PM a 5:00PM

Francirlei Barbosa

Flavio Trojan





8° CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS

22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

11 · 12 · 13

JUNIO · 2025

Centro de Convenciones
Cartagena de Indias · Colombia

abraman
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos

Federación Iberoamericana
de Mantenimiento



ACIEM
Asociación Colombiana
de Ingenieros

Conociendo a Rumo

30.000
Vagones

+1000
Locomotoras



Conociendo a Rumo

- Presencia en 9 estados brasileños: PR, SC, RS, SP, MS, MT, MG, GO, TO
- +14.000 km de red ferroviaria
- 9 terminales de transbordo
- Presencia en 4 puertos estratégicos



Contextualización

- Las fallas en material rodante son causas relevantes de descarrilamientos y pérdidas logísticas en Brasil (ANTT, 2024)
- La priorización de locomotoras es una decisión compleja;
- Involucra criterios objetivos y subjetivos;
- Involucra diversas áreas de la empresa;
- Las decisiones basadas únicamente en la experiencia acumulada a lo largo de los años pueden ser insuficientes para priorizar activos críticos.

Modelo híbrido AHP-TOPSIS

- **Problema**

- ¿Cómo priorizar activos ferroviarios considerando múltiples criterios objetivos y subjetivos?

- **Objetivo**

- Proponer un modelo híbrido AHP-TOPSIS para apoyar la priorización de activos ferroviarios en la gestión del mantenimiento.
- Integrar criterios técnicos, económicos, ambientales, de seguridad y estratégicos.

Fundamentación Teórica – ISO 55000 y RCM

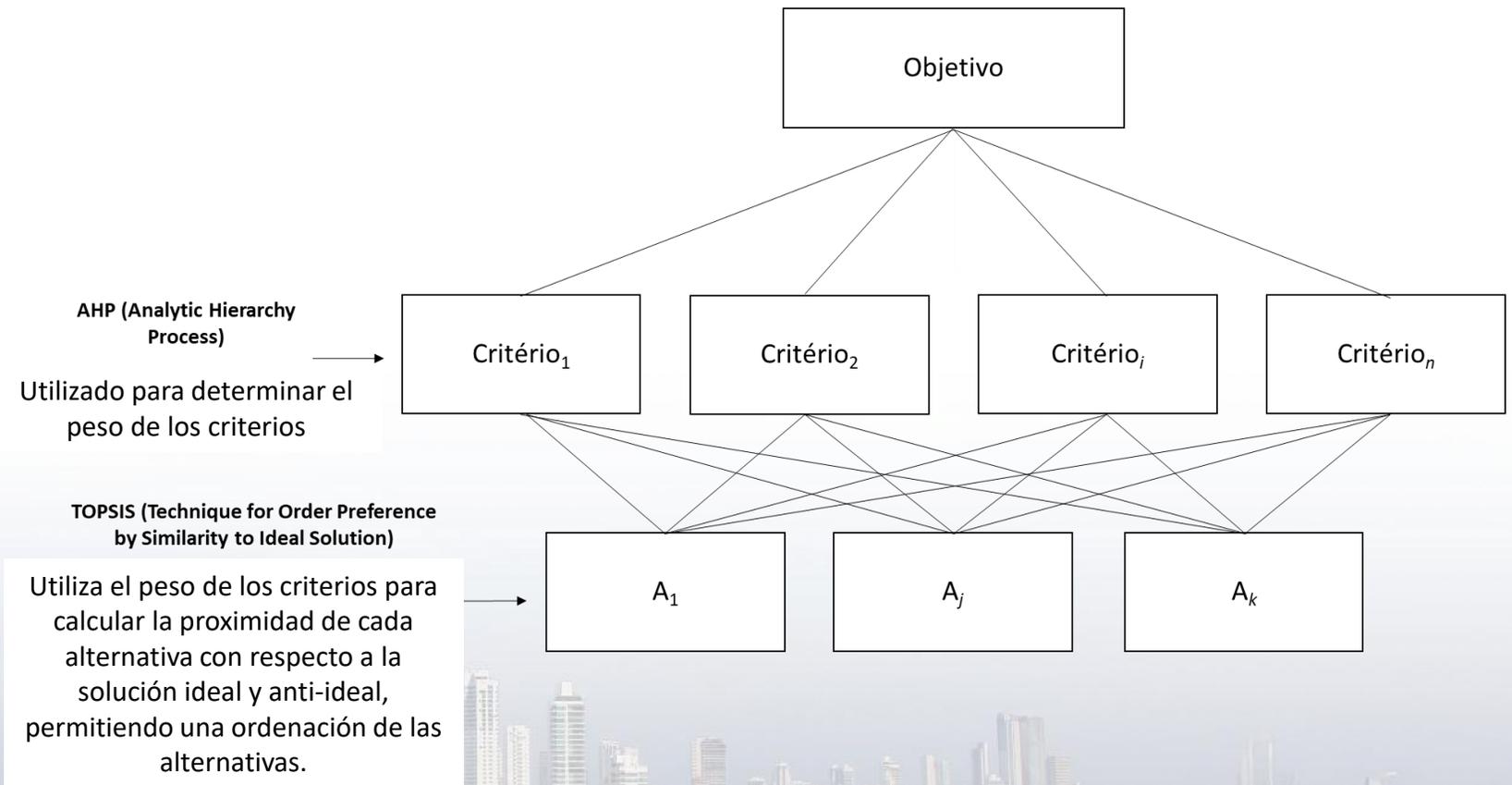


Fuente: Adaptado de Amaral (2022)

- ISO 55000: gestión de activos a lo largo del ciclo de vida.
- RCM: identifica fallas críticas y estrategias de mantenimiento.
- La integración favorece decisiones alineadas con la confiabilidad, los riesgos y el desempeño.

Fundamentación Teórica – ISO 55000 y RCM

- AHP: Prioriza criterios mediante comparaciones por pares.
- TOPSIS: Clasifica las alternativas según su cercanía a la solución ideal.
- El método híbrido integra análisis cualitativo y cuantitativo.



Metodología - Visión general

- Integración de tres enfoques principales:
 - Directrices ISO 55000;
 - Aplicación técnica de RCM;
 - Construcción de la jerarquía del (AHP);
- Participación de expertos en mantenimiento ferroviario;



Figura 3 – Macroprocesos para priorizar los activos ferroviarios en la gestión del mantenimiento y resultados esperados

Fuente: Elaboración propia (2024)

Metodología - Aplicación práctica

- Definición de 7 criterios integrando fuentes;
- SAP-PM, RCM y literatura;
- Recopilación de la opinión de expertos en el área de mantenimiento ferroviario. •
- Aplicación del AHP para obtener los pesos relativos entre los criterios. •
- Construcción de la matriz de decisión con datos reales de 5 locomotoras. •
- Aplicación del TOPSIS para priorizar las alternativas.

Criterios utilizados

Criterio	Sigla	Descripción	Unidad de medida	Tipo	Objetivo	Enfoque del criterio
Notas SAP-PM	C1	Notas de mantenimiento correctivo generadas en el sistema de gestión SAP-PM	Suma de "notas de criticidad" de los síntomas según la cantidad de notas generadas en SAP-PM	Cuantitativo	Maximizar	Técnico
Backlog	C2	Cartera de mantenimiento preventivo vencido (SAP-PM)	Cantidad de días en atraso	Cuantitativo	Maximizar	Técnico y Organizacional
Notas SAP-PM de restricción operacional	C3	Notas de mantenimiento correctivo generadas en el sistema SAP-PM que indican que la locomotora debe operar con algún tipo de restricción hasta la atención de mantenimiento	Suma de "notas de criticidad" de los síntomas relacionados con la restricción operacional según la cantidad de notas generadas en SAP-PM	Cuantitativo	Maximizar	Técnico y Seguridad
Seguridad Operacional	C4	Notas de mantenimiento generadas en SAP-PM con síntomas relacionados con riesgos o seguridad operacional	Suma de "notas de criticidad" de los síntomas según la cantidad de notas generadas en SAP-PM	Cuantitativo	Maximizar	Seguridad
Costo	C5	Costo del impacto financiero potencial del síntoma	Costo financiero (Score)	Cuantitativo	Maximizar	Económico-financiero
Consumo medio de diésel	C6	Consumo de diésel en un tramo específico	Cantidad de litros	Cuantitativo	Maximizar	Ambiental y Económico
Flexibilidad Operacional	C7	Flexibilidad en cuanto a la capacidad de sustituir el activo o la operación sin restricción en un determinado tramo	Índice de flexibilidad por tramo (Score)	Cuantitativo	Minimizar	Organizacional y estratégico

Resultados: Pesos de los Criterios (AHP)

- Peso final más alto: Seguridad Operacional (37,1%)
- Índice de inconsistencia: 0,097 (aceptable)
- Normalización (AHP)

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}$$

X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Vetor	Peso %
C1	1	1	0,33	0,11	0,11	0,2	0,11	0,265	2,40%
C2	1	1	0,2	0,11	0,11	0,2	0,14	0,255	2,30%
C3	3	5	1	0,11	0,14	0,2	0,33	0,553	5,00%
C4	9	9	9	1	3	3	3	4,106	37,10%
C5	9	9	7	0,33	1	3	3	2,894	26,10%
C6	5	5	5	0,33	0,33	1	1	1,456	13,10%
C7	9	7	3	0,33	0,33	1	1	1,545	13,90%
Σ	37	37	25,53	2,33	5,03	8,6	8,59	11,07	100%

Tabla 1 – Matriz de comparación por pares
Fuente: Elaboración propia (2024)

Resultado: Matriz de decisión

- Peso final más alto: Seguridad Operacional (37,1%)
- Índice de inconsistencia: 0,097 (aceptable). Refleja las prioridades percibidas por el equipo, de acuerdo con los pesos establecidos.

Críterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN
w	0,024	0,023	0,050	0,371	0,261	0,131	0,139
Locomotiva 1	53	5	20	180	2	980	1
Locomotiva 2	82	12	169	235	5	5.320	5
Locomotiva 3	22	22	88	133	1	2.200	2
Locomotiva 4	127	9	42	324	3	1.560	4
Locomotiva 5	15	7	69	202	2	3.452	2

Fuente: Elaboración propia (2024)

Etapas - TOPSIS

- Normalización de los datos
- Ponderación
- Distancia de cada alternativa con respecto a la solución ideal
- Distancia de cada alternativa con respecto a la solución anti-ideal
- El índice de similitud C_i representa la proximidad relativa de la alternativa i con respecto a la solución ideal

Resultados: Priorización Final (TOPSIS)

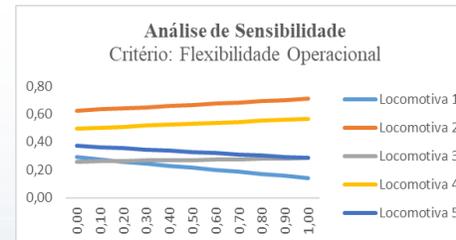
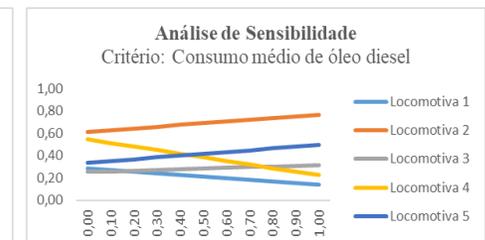
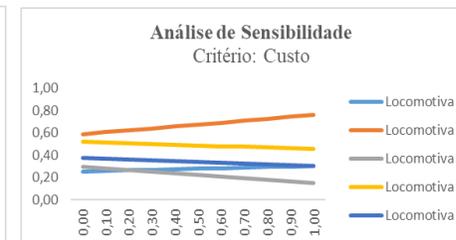
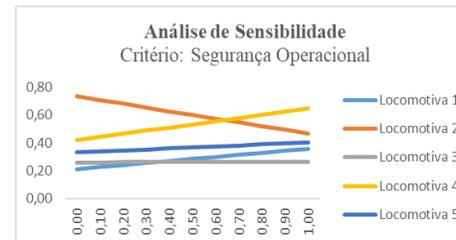
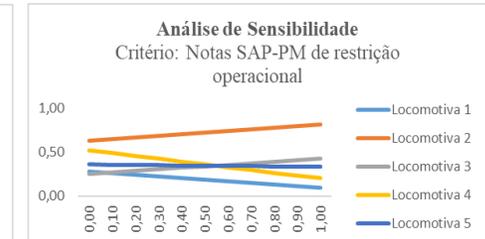
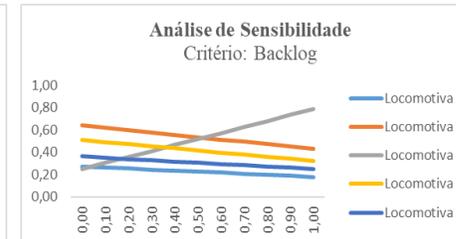
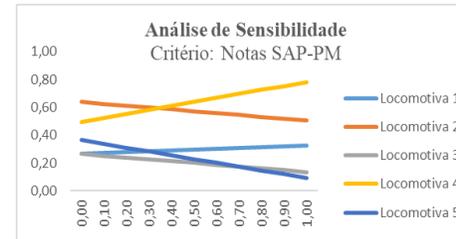
- La locomotora 2 tiene la mayor prioridad de intervención, considerando su potencial impacto operacional y económico, seguida por las locomotoras 4 y 5.

Alternativas	Ci	Ranking (Ordem)
Locomotora 1	0,340	4
Locomotora 2	0,657	1
Locomotora 3	0,231	5
Locomotora 4	0,566	2
Locomotora 5	0,387	3

Fuente: Elaboración propia (2024)

Análisis de sensibilidad

- Análisis realizado para evaluar la robustez del ranking frente a variaciones en los pesos de los criterios.
- Los criterios C5 (Costo), C6 (Consumo de Diésel) y C7 (Flexibilidad Operacional) presentan alta sensibilidad, ya que los cambios en sus pesos generan variaciones significativas en el ranking de las locomotoras. Es decir, estos criterios tienen mayor influencia en la decisión final.
- Los criterios C1 (Notas SAP-PM) y C2 (Backlog) presentan baja sensibilidad. A pesar de las variaciones en los pesos, la posición de las locomotoras en el ranking no cambia significativamente, lo que indica un menor impacto en el resultado final.



Fuente: Elaboración propia (2024)

Conclusiones

- El método híbrido AHP-TOPSIS demostró ser eficaz en la priorización de activos ferroviarios en la gestión de mantenimiento.
- El enfoque integró aspectos técnicos, económicos, ambientales, de seguridad y estratégicos.
- Permitió tomar decisiones más estructuradas, transparentes y alineadas con los objetivos de la organización.
- Contribuyó a una mayor eficiencia operacional, reducción de riesgos y apoyo a la gestión de activos.
- Se sugiere ampliar la aplicación del modelo mediante el uso de tecnologías emergentes, como Big Data y Machine Learning.

Conclusiones

No se pueden tomar decisiones basándose solo en números. Pero tampoco se pueden ignorar.

Robert McNamara

Agradecimientos y contacto

- Rumo Logística
- Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR)
- Prof. Dr. Flávio Trojan
- CNPq

Contacto para posibles dudas o colaboraciones futuras:

Francirlei Barbosa

Correo electrónico: francirleirb@gmail.com

Teléfono: +55 21 96741-9826



8° CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS

22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

11 · 12 · 13

JUNIO · 2025

Centro de Convenciones
Cartagena de Indias · Colombia

 **abramam**
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos

Federación Iberoamericana
de Mantenimiento



ACIEM
Asociación Colombiana
de Ingenieros

Gracias

Francirlei Barbosa

