



Herramienta para la toma de decisiones en el reemplazo de activos

Decision making tool for asset replacement

Pedro A. Rodríguez-Ramos¹*, Néstor R. Moreira-Mendoza^{II}, Ángel Arteaga-Linza^{III}

I. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. La Habana, Cuba

II. Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías. Manabí, Ecuador

III. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador

*Autor de correspondencia: parr@mecanica.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 2 de junio de 2021

Aceptado: 30 de septiembre de 2021

Resumen

Conocer el momento en que un activo debe ser sustituido es de gran relevancia para la buena salud económica de los negocios, por este motivo, el principal objetivo de este artículo es definir el momento oportuno de reemplazo de un activo, sustentado en un enfoque económico. Para esto se utilizó el Índice de Rentabilidad del Reemplazo, este índice refleja qué porcentaje de la inversión se retribuye cada año, al reemplazar un activo, por lo que permite tomar la mejor solución cuando sea necesario decidir entre continuar explotando un activo y realizarle las acciones de mantenimiento correspondientes, o bien, optar por el reemplazo total o parcial del mismo. El cálculo de este índice

mide la ventaja económica de hacer el reemplazo ahora, en lugar de postergarlo. En la investigación se analizó el posible reemplazo del actual grupo electrógeno principal Kohler 500 kW del sistema de generación de energía eléctrica de una industria de elaboración de conservas de atún en latas. Finalmente, se concluyó que el grupo electrógeno principal actual debe ser reemplazado, por el propuesto, cuyo Índice de Rentabilidad del Reemplazo es de 14,96 por ciento anual, este valor justifica el reemplazo

Palabras claves: índice de rentabilidad; reemplazo; activo.

Abstract

Knowing the moment when an asset must be replaced has a great relevance for the good economic health of any business, for this reason, the main goal of this paper is to define the opportune moment of replacement the assets, supported by an economic approach. The Replacement Profitability Index was used, this index means what percentage of the investment is pay back every year, by replacing an asset, it allows to take the best solution when is necessary to decide between continuing the exploitation of the asset and carry out the corresponding maintenance actions, or replace it in whole, or in part. The calculation of

this index measures the economic advantage of doing the replacement just now, instead of postponing it for one more year. This investigation analyzed the possible replacement of the current Kohler 500 kW main generator set in an electric power generation system of canned tuna industry. Finally, it was concluded that the current main generator set should be replaced by the proposed one, because the Replacement Profitability Index was 14,96 percent per year, this value justifies the replacement.

Key words: profitability index; replacement; asset.

Cómo citar este artículo:

Rodríguez Ramos PA, Moreira Mendoza NR, Arteaga Linza A. Herramienta para la toma de decisiones en el reemplazo de activos. 2022;25(1):e635. ISSN 1815-5944.

Introducción

El problema del reemplazo, como se denomina en forma común, requiere estudios cuidadosos de Ingeniería Económica para obtener la información necesaria que permita tomar decisiones apropiadas, con la finalidad de mejorar la eficiencia de operación y la posición competitiva de la empresa [1, 2]. Estudios de productividad, mantenimiento y reemplazo de activos en la industria minera a cielo abierto, determinaron que el índice de productividad de las maquinarias decae en función de los años de explotación y el incumplimiento de los planes de mantenimiento se relaciona estrechamente con la modalidad de adquisición y el reemplazo tardío de los activos. [3]

El reemplazo de activos, es importante en múltiples campos, destaca una mayor importancia aun, en el campo de la salud [4]. La necesidad de evaluar el reemplazo, retiro o aumento de los activos surge de varios cambios

en el ambiente de operación, a continuación, se describen cinco situaciones que resumen la mayor parte de los factores que intervienen:

- a) Inadecuación física (desgaste - envejecimiento funcional debido a uso, o inacción), el término se refiere a cambios que suceden en la condición física del activo.
- b) Modificación de los requerimientos. Los activos modificados se usan para producir bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas.
- c) Tecnología. El impacto de los cambios tecnológicos varía para diferentes tipos de activos, la calidad y otros factores, se ven influidos en forma favorable por los cambios tecnológicos, que dan origen a que los activos que ya existen se sustituyan con más frecuencia por más modernos y mejores. Obsolescencia: (envejecimiento económico o técnico), fenómeno típico del actual entorno en el que hay un constante progreso científico. Aunque no haya un desgaste suficiente, en el mercado pueden aparecer otros activos cuyas características permiten producir a menor costo, con más calidad, son más productivos, etc.
- d) Financiamiento. Los factores financieros implican cambios económicos de oportunidad externos a la operación física o uso de los activos, y llegan a implicar consideraciones impositivas.
- e) Destrucción física: concierne a averías irreparables o que, aun siendo reparables, el costo de la reparación es tan elevado, que no se aconseja la reparación.

En lo general, las situaciones b, c y d también se consideran categorías de obsolescencia. En cualquier problema de reemplazo pueden estar implícitos factores procedentes de más de una de las cinco situaciones que se describieron.

Para una correcta aplicación de una política de reemplazo de activos, se deben considerar variables como la tasa de descuento, el valor de adquisición de los activos, así como la metodología del cálculo de la depreciación a utilizar, esta última con mayor incidencia en el reemplazo de activos [5]; así como elementos de control en el ciclo de vida de los activos como aplicación de la terotecnología basada en la normativa de gestión de activos ISO 55000, con un enfoque holístico en condiciones operacionales [6].

Otro factor a considerar en el reemplazo de activos es la tendencia de los costos asociados al mantenimiento, ya sean correctivos y preventivos; factor este que contribuye al contexto de la eficiencia en la producción.

Sea cual sea el motivo que provoca la idea del reemplazo, el análisis más común, lleva a la comparación entre el activo actual (el que está en uso) y el que desea adquirirse (propuesto). Existe un momento en el que la empresa si no reemplaza sus activos físicos (AF) empieza a generar pérdidas; esto se puede corroborar mediante métodos como el de Análisis de Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), en donde de acuerdo a [7], el activo físico se puede encontrar en periodos específicos de su ciclo de vida como puede ser el desgaste acelerado, por tanto, concebir un plan de reemplazo de los AF es de vital importancia para la gestión eficiente de la empresa.

El reemplazo de activos representa con frecuencia una oportunidad económica para la empresa. El reemplazo es una acción netamente económica:

- Un reemplazo apresurado causa disminución de la liquidez,
- Un reemplazo tardío causa pérdida; debido al aumento de los costos operación y mantenimiento.

Por tanto, el objetivo de este artículo es definir el momento oportuno de reemplazo de un activo, utilizando el Índice de Rentabilidad del Reemplazo, con el fin de obtener las mayores ventajas económicas posibles.

Métodos y Materiales

Los principales criterios económicos, que desde hace ya años se conocen y aparecen tratados en variadas bibliografías para tomar decisiones de reemplazo son:

- Costo Mínimo Adverso de Terborgh (C_{\min}), minimización de funciones, [1].
- Período de recuperación (Pay- back), [1].
- Costo Total Promedio (CTP), utiliza tabulación y modelación matemática, [8].
- Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), [9].
- Valor Presente Neto (VPN), [10].
- Tasa Interna de Retorno (TIR), [9].
- Costo Específico (C_{esp}), [9].
- Índice de Rentabilidad del Reemplazo, r (%/a) (MAPI, *Machinery and Allied Product Institut*) [1].
- Otros.

Por su trascendencia económica, su valor práctico y ser el menos difundido, a continuación, se desarrollará el Índice de Rentabilidad del Reemplazo (MAPI).

Para la solución práctica de una decisión de reemplazo, en los Estados Unidos, se han desarrollado variados índices que ofrecen un ratio valorativo sobre la urgencia o no del reemplazo de un activo, instalación, etc., uno de estos índices es el MAPI o Índice de Rentabilidad del Reemplazo. El índice original se muestra en la ecuación 1:

$$r = \frac{B + C + D - E}{A} \quad (1)$$

Donde:

B: incremento de las ventas en el próximo año debido a nuevo equipo más disminución de costos en el próximo año como consecuencia de la inversión.

C: disminución que en próximo año experimentará el valor de la instalación existente más parte del próximo año en las grandes reparaciones necesarias.

D: disminución del valor de la nueva instalación el próximo año.

E: impuestos sobre beneficios correspondientes a la realización del proyecto en el próximo año.

Coste de compra de la nueva instalación menos importe de capital liberado por la instalación vieja (venta) menos importes evitados en grandes reparaciones.

Se supone que la urgencia del reemplazo aumentaría cada año, por eso se debe calcular anualmente. Este índice responde a las preguntas: ¿resulta más ventajoso, hoy, reemplazar el activo físico existente (actual) por otro? o ¿se espera un año más para efectuar el reemplazo?

Para dar respuesta a estas preguntas, a continuación, se presenta el Índice de Rentabilidad del Reemplazo actualizado (i_{RN}), que incorpora algunas modificaciones, hechas por los autores, por ejemplo, se adiciona el concepto de costo de oportunidad y, además, hace más explícita y detallada la explicación sobre cada uno de los factores que integran el índice.

Este i_{RN} es la relación entre las utilidades que se pueden esperar de la inversión en el próximo año y el importe de invertir. Siempre que i_{RN} sea positivo se recomienda el reemplazo y mientras mayor sea, más urgente es la necesidad de reemplazo, se calcula usando la ecuación 2:

$$i_{RN} = \frac{VO + CAP_{EV} + CAP_{IN} - \Delta IMP_B}{I_N} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

VO. Ventaja operacional. Incremento anual de las utilidades, \$/año, se calcula usando la ecuación 3:

$$VO = (\Delta V - \Delta C) \times Ki - CO \quad (3)$$

Donde:

ΔV : variación en la facturación que reporta la sustitución del activo actual por el propuesto, \$/año.

ΔC : variación que provoca el reemplazo en los costos de operación, sin incluir los gastos de depreciación y mantenimiento, \$/año.

Ki : coeficiente de incertidumbre. Representa el margen de seguridad que implica pronosticar la ventaja operacional del activo propuesto, que aún no se posee, (toma valores inferiores a uno).

CO: costo de oportunidad. Es el monto que se deja de obtener por tomar la decisión de sustituir y no reparar (Oportunidad de obtener ingresos o ahorros, que se sacrifica cuando se toma una alternativa que excluye otra), \$/año.

CAP_{EV} : Capital anual evitado, \$/año, se calcula usando la ecuación 4:

$$CAP_{EV} = D_A + C_m^A + P_A \quad (4)$$

Donde:

D_A : valor de la depreciación del activo actual que le correspondería el próximo año de continuar en la explotación, \$/año.

C_m^A : valor de los gastos de mantenimiento del activo actual para el próximo año. Comprende los costos de mantenimientos planificados y la estimación de las reparaciones, incluye el costo de la reparación de los defectos detectados en las evaluaciones técnicas, \$/año.

P_A : pérdidas asociadas a la paralización del activo actual que se evitan por la sustitución, \$/año.

CAP_{IN} : Capital anual incurrido, \$/año, se calcula usando la ecuación 5:

$$CAP_{IN} = D_P + C_m^P + P_P \quad (5)$$

Donde:

D_P : valor de la depreciación que le correspondería al primer año de explotación del activo propuesto, \$/año.

C_m^P : valor de los gastos de mantenimiento del activo propuesto según los datos del fabricante, \$/año.

P_P : pérdidas asociadas a la paralización en las cuales se incurrirán relacionadas con el activo propuesto, \$/año.

ΔIMP_B : incremento del impuesto sobre utilidades, \$/año, se calcula usando la ecuación 6:

$$\Delta IMP_B = T_{iu} \times VO \tag{6}$$

Donde:

T_{iu} : tasa de impuesto sobre utilidades, %/año.

I_N : inversión neta, \$, se calcula usando la ecuación 7:

$$I_N = I_P - I_A - R_g \tag{7}$$

Donde:

I_P : valor de adquisición del activo propuesto, \$.

I_A : valor de reventa del activo actual, \$.

R_g : importes evitados en reparaciones generales programada en la vida útil restante del activo, \$.

Este es un índice sencillo y muy operativo de gran utilidad para mini, pequeña y mediana empresa.

A continuación, se presenta un simple y práctico algoritmo (concebido por los autores) utilizado para el cálculo del i_{RN} , solucionado en Excel (los datos de entrada se ubican en las celdas en blanco): AF_{Prop} , Activo Físico Propuesto, AF_{Act} , Activo Físico Actual.

Tabla 1. Algoritmo para el cálculo de la Rentabilidad del reemplazo. Fuente: autores

Variación de la facturación, V	\$	AF _{Prop}	AF _{Act}	Δ	Observaciones
				\$ 0,00	
Partidas del Costo de Operación (sin depreciación, ni mantenimiento)		AF _{Prop}	AF _{Act}	Δ	
Materia prima	\$			\$ 0,00	
Materiales auxiliares	\$			\$ 0,00	
Energía	\$			\$ 0,00	
Combustible y lubricantes	\$			\$ 0,00	
Salario básico	\$			\$ 0,00	
Vacaciones (9,09)	\$			\$ 0,00	
Prestación Seguridad Social Corto Plazo	\$			\$ 0,00	
Contribución Seguridad Social Largo Plazo	\$			\$ 0,00	
Otros salarios	\$			\$ 0,00	
Impuesto Utilización de la Fuerza de Trabajo	\$			\$ 0,00	
Útiles y herramientas	\$			\$ 0,00	
Alquiler locales	\$			\$ 0,00	
Seguros	\$			\$ 0,00	
Servicios contratados	\$			\$ 0,00	
Viáticos	\$			\$ 0,00	
Prestación a trabajadores	\$			\$ 0,00	
Estipendio a estudiantes	\$			\$ 0,00	
Otros impuestos y tasas	\$			\$ 0,00	
Servicios recibidos de personas naturales	\$			\$ 0,00	
Servicios profesionales	\$			\$ 0,00	
Amortización de AFI	\$			\$ 0,00	
Pagos a organismos internacionales, ONG, otros	\$			\$ 0,00	
Financiamiento otorgado para comprar materiales de construcción	\$			\$ 0,00	
Otros costos directos	\$			\$ 0,00	
Sub total costos directos	\$	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	
Tasa distribución CI	\$/ \$				
Sub total costos indirectos	\$	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	
Variación del costo total de operaciones, C	\$	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	
Coficiente de Incertidumbre, K _i	%				
Tasa de rendimiento del capital, i	%/a				
Costo de Oportunidad, CO	\$		\$ 0,00		

Ventaja operacional (incremento anual de las utilidades), VO	\$	\$ 0,00	
		AF _{Prop}	AF _{Act}
Vida útil restante	año		
Depreciación (lineal)	\$		
Gasto de mantenimiento medio anual evitados en la vida útil restante	\$		
Pérdidas de producción evitadas (tiempo parada) por indisponibilidad	\$		
Capital anual evitado (depreciación, mantenimiento), CAP_{Ev}	\$	#DIV/0!	
		AF _{Prop}	AF _{Act}
Vida útil	año		
Depreciación (lineal)	\$!	
Gasto de mantenimiento medio anual incurrido en la vida útil	\$		
Pérdidas de producción (tiempo parada) por indisponibilidad	\$		
Capital anual incurrido (depreciación, mantenimiento), CAP_{IN}	\$	#DIV/0!	
Incremento del impuesto sobre utilidades, tasa ΔIMP_B	%		
	\$	\$ 0,00	
		AF _{Prop}	AF _{Act}
Valor total de compra del AF Propuesto	\$		
Valor de reventa del AF Actual	\$		
Reparaciones generales programada en la vida útil restante del AF Actual	\$		
Inversión neta, I_N	\$	\$ 0,00	
Índice de rentabilidad del reemplazo, I_{RN}	%/a	#DIV/0!	

Los resultados del cálculo del índice I_{RN} pueden arrojar las siguientes situaciones:

- $I_{RN} < 0$: la ventaja operacional anual que aporta el reemplazo (incremento de los beneficios más los gastos de capital evitados) no logra compensar los perjuicios económicos (gastos de capital incurridos más el incremento de los impuestos) que se generan el próximo año, por tanto, no se fundamenta el reemplazo. El activo actual puede trabajar un año más.
- $I_{RN} = 0$: la ventaja operacional anual sólo logra compensar los perjuicios económicos que se generan el próximo año. El reemplazo dependerá de otras condiciones de conveniencia técnica o estratégica.
- $I_{RN} > 0$: el reemplazo está aparentemente fundamentada, pero para valores muy pequeños (aunque sean superiores a cero), pueden no ser económicamente atractivos. Por esto, es necesario tener definido con anterioridad el índice de criticidad, es decir, el valor I_{RN} atractivo (se utiliza como referencia los valores de las tasas de interés bancario). Si no aparece la oportunidad de invertir el capital en otras acciones que retornen más de ese % en el próximo año, el reemplazo procede totalmente.

Cuando se decide que el reemplazo procede, si el activo propuesto es de nueva adquisición, entonces constituye una inversión, por eso, hay que adicionar los cálculos del Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de Recuperación, otros; pues aun siendo aconsejable el reemplazo de acuerdo al resultado de I_{RN} , pudiera resultar no viable económicamente según los criterios antes mencionados y entonces, habría que incorporar otros análisis adicionales para la toma de decisión.

La valoración del reemplazo debía ser una tarea frecuente para cualquier empresa que pretenda ser competitiva.

Resultados y Discusión

Se efectuó la comparación de dos activos físicos: grupo electrógeno principal Kohler 500 kW (propuesto), vs grupo electrógeno principal Kohler 500 kW (actual) del sistema de generación de energía eléctrica de una industria de elaboración de conservas de atún en latas.

Datos principales usados, 26 de noviembre de 2021:

Grupo Electrógeno principal Kohler 500 kW (actual)	Grupo Electrógeno principal Kohler 500 kW (propuesto)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor de reventa: \$ 15 000,00 ▪ Vida útil restante: 5 años 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor total de compra: \$ 48 000,00 ▪ Vida útil: 15 años

A partir de los datos anteriores ¿sería necesario reemplazar el activo actual al concluir el 5to año de su vida útil o explotarlo un año más?

En las partidas de costos, las cuadrículas que no tienen asignado ningún valor es porque no hay variación, para ambos activos se mantiene el mismo valor. El cálculo del índice i_{RN} arrojó los siguientes resultados, tabla 2:

Tabla 2. Cálculo de la rentabilidad del reemplazo. Fuente: autores

Grupo Electrónico Propuesto. GE_{Prop} Grupo Electrónico Actual. GE_{Act}		GE_{Prop}	GE_{Act}	Δ	Observaciones
Variación de la facturación, V	\$	43 000,00	23 000,00	20 000,00	
Partidas del Costo de Operación (sin depreciación, ni mantenimiento)		GE_{Prop}	GE_{Act}	Δ	
Materia prima	\$	550,00	980,00	-430,00	
Materiales auxiliares	\$	302,00	434,00	-132,00	
Energía	\$	150,00	400,00	-250,00	
Útiles y herramientas	\$	100,00	450,00	-350,00	
Alquiler de locales	\$	770,00	1,200,00	-430,00	
Seguros	\$	300,00	150,00	150,00	
Servicios contratados	\$	5 000,00	8,000,00	-3 000,00	
Otros costos directos	\$	250,00	500,00	-250,00	
Subtotal Costos Directos	\$	7 422,00	12,114,00	-4 692,00	
Tasa de distribución Costos Indirectos	\$/ \$		0,20		
Subtotal costos INDIRECTOS	\$	1484,40	2 422,80	-938,40	
Variación del Costo Total de Operación, C	\$	8,906,40	14,536.80	- 5,630.40	
Coefficiente de Incertidumbre, K_i	%		0,90		
Tasa de rendimiento del capital, i	%		0,08		
Costo de Oportunidad	\$	\$ 4 400,00			(valor de adquisición de $GE_{Prop} * (1+i)$) - GE_{Prop}
Ventaja Operacional (Incremento anual de las utilidades), VO	\$			16,427,80	
		GE_P	GE_A		
Vida útil restante	año		5		
Depreciación (lineal)	\$		3 000.00		
Gasto de mantenimiento medio anual evitados en la vida útil restante	\$		2 043.00		
Pérdidas de producción evitadas (tiempo parada) por indisponibilidad	\$		1 342.00		
Capital Anual Evitado (depreciación, mantenimiento), CAP_{EV}	\$			8,385,00	
		GE_{Prop}	GE_{Act}		
Vida útil	año	15			
Depreciación (lineal)	\$	3 233,33			
Gasto de mantenimiento medio anual incurrido en la vida útil	\$	8 403,00			
Pérdidas de producción (tiempo parada) por indisponibilidad	\$	3 020,00			
Capital Anual Incurrido (depreciación, mantenimiento), CAP_{IN}	\$			15,089,67	
		GE_{Prop}	GE_{Act}		
Incremento del Impuesto Sobre Utilidades, tasa / ΔIMP_B	%		35,00	5,749.73	
		GE_{Prop}	GE_{Act}		
Valor total de compra del AF propuesto	\$	48 500,00			Incluye adquisición, montaje, instalación, etc.
Valor de reventa del AF actual	\$		15 000.00		Valor en libros en el momento de la venta
Reparaciones generales programada en la vida útil restante	\$		5 430.00		
Inversión Neta, I_N	\$			28 070,00	
Rentabilidad, I_{RN}	%/a			14,96	

$I_{RN} = 14,96 \%/a > 0$: por cada peso de capital empleado por concepto de inversión neta, retornan anualmente \$ 0,1496 de utilidad. Este valor resulta aceptable, si consideramos que el retorno del capital depositado en los bancos comerciales está frecuentemente entre 0,08 - 0,12 \$/\$, es decir, el I_{RN} atractivo = 8 - 12 %/año.

Por tanto, se deduce que la ventaja operacional anual que aporta el reemplazo, logra compensar los perjuicios económicos que se generan el próximo año y supera el I_{RN} atractivo, por lo cual en este caso se fundamenta económicamente la factibilidad de reemplazar el Grupo Electrónico principal Kholer 500 KW (actual) al concluir el 5to año, en lugar de prolongar su explotación por más tiempo; el Grupo Electrónico principal Kholer 500 KW (actual) no debe trabajar un año más.

Se pudieran presentar otras valoraciones (Análisis de Sensibilidad), tantas como el cliente estime conveniente, sólo necesita hacer la sustitución de datos que disponga en el anterior algoritmo. Es obvio, que la objetividad de la solución está muy vinculada con la existencia y calidad de la información.

Conclusiones

El criterio I_{RN} permitió definir que es factible económicamente reemplazar el Grupo Electrónico principal Kholer 500 KW (actual) al concluir su 5to año de su vida útil. No debe trabajar un año más, pues ya existe otra propuesta en el mercado, para reemplazarlo, que es más rentable. El reemplazo de este Grupo Electrónico principal, a tiempo, va a resultar mucho más económico, que mantenerlo en explotación y realizarle las acciones de mantenimiento, que van a ocurrir durante su vida útil restante. Se debe aplicar este índice a cada uno de los activos de la industria de elaboración de conservas de atún en latas, para poder confeccionar un plan de reemplazo que tribute a mejorar la salud económica de la empresa.

Referencias

1. Arbones Malinasi E. Ingeniería económica. Barcelona. España. Marcobo S.A. Colección "Productica"; 1989.
2. Rodríguez Ramos P. ¿Mantenimiento o renovación? Ingeniería Mecánica. 1998;1: 91-94.
3. Guerra López, E., Montes de Oca-Risco, A. Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. Boletín de Ciencias de la Tierra. 2018-2019; 45:14-21.
4. Pabón A. Análisis causal de reemplazo de equipos médicos radiológicos a causa de obsolescencia tecnológica. Revista Espacios. 2018; 39(26):9.
5. Izar Landeta J, Garnica González J, Ynzunza Cortés C. Determinación de la vida económica de un equipo. Análisis de sensibilidad de las variables intervinientes. Conciencia Tecnológica. 2017;(53):19
6. Pérez V. Fundamentos terotecnológicos para reemplazo de equipos industriales en la gestión de activos. Revista Ingeniería Industrial. 2020;19(1):57-74.
7. Quisigüña Reyes L, Arteaga Lizán Á, Rodríguez Ramos P. Determinación de Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad. Caso de Estudio: Industria de Elaboración de Conservas de Atún. Revista Cubana de Ingeniería. 2021;12(2):276.
8. Daquinta Gradaille A, Daquinta De la Cruz A. Metodología para la determinación del intervalo óptimo de reemplazo de un equipo agrícola. Revista Ingeniería Agrícola. 2021;11(2):66-71.
9. Baca G. Ingeniería Económica. 8va Edición. Bogotá DC. Colombia. Fondo Educativo Panamericano; 2004.
10. Baca U. Ingeniería Económica. 6ta Edición. España: Mc Graw-Hill, Iberoamericana de España S.L.;2015.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Pedro A. Rodríguez Ramos. <https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión del estado del arte. Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos usados para el estudio. Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados. Participó en la revisión, aprobación y redacción del informe final.

Néstor R. Moreira-Mendoza. <https://orcid.org/0000-0003-0179-7421>

Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos recogidos para el estudio. Participó en la revisión del estado del arte Realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados. Participó en la revisión, aprobación y redacción del informe final.

Ángel Arteaga Linzán. <https://orcid.org/0000-0002-3589-5866>

Participó en el análisis de los resultados, la revisión crítica del artículo y en la redacción en su versión final. Participó en la revisión, aprobación y redacción del informe final.