

ORIGINAL

Analysis of The Determinants of Work Fatigue in Aircraft Maintenance Engineers at Sultan Hasanuddin International Airport Makassar

Análisis de los factores determinantes de la fatiga laboral en los ingenieros de mantenimiento de aeronaves del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar

Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri¹  , Lalu Muhammad Saleh¹ , M Furqaan Naiem¹ 

¹Hasanuddin University, Department of Occupational Health and Safety. Makassar. Indonesia.

Citar como: Kultsum Umniyah Tenri AA, Muhammad Saleh L, Naiem MF. Analysis of The Determinants of Work Fatigue in Aircraft Maintenance Engineers at Sultan Hasanuddin International Airport Makassar. Salud, Ciencia y Tecnología. 2026; 6:2471. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20262471>

Enviado: 22-07-2025

Revisado: 20-09-2025

Aceptado: 15-11-2025

Publicado: 01-01-2026

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri 

ABSTRACT

Introduction: occupational Safety and Health (OSH) is important to prevent accidents and fatigue experienced by 32,8 % of workers, while in the aviation industry, the shortage of technicians and 24-hour shift work system increases the risk of fatigue that impacts the safety and quality of aircraft maintenance.

Method: this research is an analytical observational study with a cross sectional quantitative approach to 106 of 145 Aircraft Maintenance Engineers at Sultan Hasanuddin International Airport Makassar, using KAUPK2, NASA-TLX, PSQI questionnaires, as well as pulse oximeter and BMI measuring instruments, with chi-square analysis and logistic regression through SPSS.

Results: the results showed a significant relationship between several variables with work fatigue, namely age ($p=0,001$) tenure ($p=0,002$) smoking habits ($p=0,000$), sleep quality ($p=0,002$) marital status ($p=0,000$) physical workload ($p=0,000$) and mental workload ($p=0,008$). The logistic regression model proved feasible ($p=0,000$) and was able to explain 47,6 % of the variation in work fatigue, with the most influential variables being age, marital status, physical workload, and smoking habits.

Conclusion: this study concludes that job burnout in Aircraft Maintenance Engineers is significantly influenced by age, smoking habits, physical workload, and marital status, thus workload management, quality of life improvement, and work-family balance support need to be prioritized.

Keywords: Job Burnout; Aircraft Maintenance Engineer; Physical Workload; Smoking Habit; Marital Status.

RESUMEN

Introducción: la seguridad y la salud en el trabajo (SST) es importante para prevenir los accidentes y la fatiga que sufre el 32,8 % de los trabajadores, mientras que en el sector de la aviación, la escasez de técnicos y el sistema de turnos de 24 horas aumentan el riesgo de fatiga, lo que repercute en la seguridad y la calidad del mantenimiento de las aeronaves.

Método: esta investigación es un estudio observacional analítico con un enfoque cuantitativo transversal de 106 de los 145 ingenieros de mantenimiento de aeronaves del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar, utilizando los cuestionarios KAUPK2, NASA-TLX y PSQI, así como pulsómetros y medidores de IMC, con análisis de chi-cuadrado y regresión logística mediante SPSS.

Resultados: los resultados mostraron una relación significativa entre varias variables y la fatiga laboral, a saber, la edad ($p = 0,001$), la antigüedad ($p = 0,002$), el tabaquismo ($p = 0,000$), la calidad del sueño ($p = 0,002$), el estado civil ($p = 0,000$), la carga de trabajo físico ($p = 0,000$) y la carga de trabajo mental ($p = 0,008$). El modelo

de regresión logística resultó viable ($p=0,000$) y fue capaz de explicar el 47,6 % de la variación en la fatiga laboral, siendo las variables más influyentes la edad, el estado civil, la carga de trabajo físico y los hábitos de tabaquismo.

Conclusión: este estudio concluye que el agotamiento laboral de los ingenieros de mantenimiento de aeronaves está significativamente influenciado por la edad, los hábitos de tabaquismo, la carga de trabajo físico y el estado civil, por lo que es necesario dar prioridad a la gestión de la carga de trabajo, la mejora de la calidad de vida y el apoyo al equilibrio entre el trabajo y la familia.

Palabras clave: Agotamiento Laboral; Ingeniero de Mantenimiento de Aeronaves; Carga de Trabajo Físico; Hábito de Fumar; Estado Civil.

INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud en el trabajo (SST) es un esfuerzo fundamental para proteger a los trabajadores de los riesgos y peligros en el lugar de trabajo mediante la implementación de normas y políticas que garanticen un entorno laboral seguro, saludable y productivo.⁽¹⁾ Según la Organización Internacional del Trabajo más de 2,78 millones de trabajadores mueren cada año a causa de accidentes y enfermedades laborales, 374 millones resultan heridos y aproximadamente el 32,8 % de 58 115 trabajadores experimentan fatiga, lo que incrementa el riesgo de accidentes y disminuye la productividad laboral.⁽²⁾ Factores humanos como los problemas de sueño y la fatiga afectan considerablemente la productividad laboral, como lo demuestra el aumento de los casos de accidentes laborales en Indonesia, que pasaron de 210 789 casos en 2019 a 234 370 en 2021. Asimismo, investigaciones de la OMS y el Ministerio de Trabajo de Japón muestran que la fatiga es la segunda causa de muerte después de las enfermedades cardíacas, y que el 65 % de los trabajadores experimentan fatiga física, el 28 % fatiga mental y el 7 % estrés severo.⁽³⁾

La fatiga laboral, influenciada por factores internos y externos como la edad, la calidad del sueño y la carga de trabajo, es una de las principales causas de accidentes laborales. Un estudio realizado en PT X Palembang reveló que el 75 % de los trabajadores mayores de 40 años experimentaban altos niveles de fatiga, en comparación con el 85,7 % de los trabajadores menores de 40 años, quienes presentaban bajos niveles de fatiga.⁽⁴⁾ Una vida laboral de más de 5 años incrementa el riesgo de fatiga crónica, afectando al 50 % de los trabajadores con amplia experiencia. Asimismo, la mala calidad del sueño, que afecta al 20-40 % de los adultos, disminuye la salud, la concentración y la productividad, e incrementa el riesgo de fatiga laboral.⁽⁵⁾

La carga de trabajo es la diferencia entre la capacidad de un trabajador y las exigencias del puesto, incluyendo la carga física debida a la actividad muscular, así como la carga mental debida al uso de la mente. El equilibrio entre ambas es importante, ya que una sobrecarga prolongada puede aumentar el riesgo de fatiga, enfermedades y accidentes laborales.⁽⁶⁾ El estado civil también es un factor de confusión que debe considerarse en relación con la fatiga laboral. Se ha observado que los trabajadores casados son más propensos a la fatiga laboral que los solteros. Esto se debe a un cambio en el estilo de vida de los trabajadores casados, quienes no pueden ser tan activos como antes del matrimonio.

El hábito de fumar reduce la capacidad pulmonar y el oxígeno en la sangre, acelerando así la fatiga laboral, mientras que el rápido crecimiento del sector del transporte aéreo de Indonesia, con 285 aeropuertos y más de 75 millones de pasajeros al año, exige una mayor seguridad y eficiencia de conformidad con la Ley N° 1 de 2009.⁽⁷⁾ En la industria de la aviación, el error humano en el mantenimiento es responsable del 20-30 % de las fallas de motor, el 50 % de las demoras y el 50 % de las cancelaciones de vuelos. En Indonesia, las limitaciones de las empresas de mantenimiento, reparación y revisión (MRO) y la escasez de técnicos —solo entre 200 y 300 de los 1000 necesarios al año— incrementan la carga de trabajo y el riesgo de fatiga del personal aeronáutico. Los ingenieros de mantenimiento de aeronaves (AME) son técnicos que garantizan la aeronavegabilidad mediante la inspección y el mantenimiento, pero el sistema de turnos de 24 horas y la elevada carga de trabajo pueden provocar fatiga, lo que afecta la productividad, la seguridad y la salud.⁽⁸⁾

El trabajo de los ingenieros aeronáuticos se clasifica como de alto riesgo, ya que implica un gran peligro y largas jornadas laborales. Estas largas jornadas, desproporcionadas con respecto al número de técnicos disponibles, provocan numerosos accidentes laborales. Esto no solo perjudica a los propios trabajadores, sino que también puede ocasionar enormes pérdidas económicas y fallos de vuelo potencialmente fatales.⁽⁹⁾ Los accidentes que ocurren en el sector de la aviación no son ajenos a los accidentes laborales que pueden sufrir los técnicos al realizar el mantenimiento y las reparaciones de aeronaves.⁽¹⁰⁾ La fatiga de los técnicos de aeronaves es un factor importante que contribuye a los errores de mantenimiento, ya que reduce la concentración, la velocidad de reacción y la capacidad de toma de decisiones, lo que repercute directamente en la seguridad del vuelo. Por lo tanto, con base en lo descrito, este estudio tiene como objetivo determinar la influencia de los factores determinantes de la fatiga laboral (edad, antigüedad, calidad del sueño, carga de trabajo física, carga

de trabajo mental, estado civil y tabaquismo) en los ingenieros de mantenimiento de aeronaves del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar.

MÉTODO

Este estudio empleó un diseño observacional analítico con un enfoque transversal cuantitativo para analizar la influencia de la edad, la antigüedad, la calidad del sueño, la carga de trabajo física y mental, el estado civil y el tabaquismo en la fatiga laboral de los ingenieros de mantenimiento de aeronaves (EMA) del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar, realizado del 14 de julio al 26 de agosto de 2025. La población estuvo conformada por 145 EMA (36 de la Compañía A y 109 de la Compañía B). Mediante la fórmula de Slovin, con un margen de error del 5 % ($e = 0,05$), se seleccionaron 106 participantes utilizando un muestreo aleatorio simple. Los participantes fueron EMA en activo con al menos seis meses de experiencia laboral que aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado. Se excluyeron aquellos que se encontraban de baja, enfermos o proporcionaron datos incompletos. La variable dependiente fue la fatiga laboral, mientras que las variables independientes incluyeron la edad, la antigüedad, la calidad del sueño, la carga de trabajo física y mental, el estado civil y el tabaquismo. La fatiga laboral se midió utilizando el cuestionario KAUPK2, la carga mental con el Índice de Carga de Trabajo de la NASA (NASA-TLX), la calidad del sueño utilizando el Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh (PSQI) y la carga física a través de mediciones fisiológicas (frecuencia cardíaca) utilizando un oxímetro de pulso.

Todos los instrumentos utilizados fueron validados en estudios previos y son fiables para la investigación en salud ocupacional en Indonesia. Los datos primarios se recopilaron directamente de los participantes mediante cuestionarios y mediciones fisiológicas, mientras que los datos secundarios se obtuvieron de revistas, libros, sitios web oficiales y registros internos de la empresa. El procesamiento de datos se realizó con el programa SPSS, comenzando con la edición, codificación, entrada y limpieza de datos. Los análisis se llevaron a cabo de forma univariante para describir las variables, bivalente mediante la prueba de chi-cuadrado para examinar las relaciones y multivariante con regresión logística para identificar los factores más influyentes en la fatiga laboral, con un nivel de significación de $p < 0,05$. Esta investigación se rigió por los principios éticos de respeto, beneficencia y justicia. El Comité de Ética de Investigación en Salud de la Universidad Hasanuddin, Makassar, otorgó la aprobación ética con el número de autorización ética 920/UN4.14.1/TP.01.02/2025. Todos los participantes fueron informados sobre el propósito y los procedimientos del estudio, y se garantizó la estricta confidencialidad de sus datos.

RESULTADOS

Tabla 1. Características de los encuestados

Variable	Categoría	Número (n)	Porcentaje (%)
Edad	17-25 años	7	6,6
	26-35 años	61	57,5
	36-45 años	31	29,2
	46-55 años	5	4,7
	56-65 años	2	1,9
Última educación	Escuela secundaria/ vocacional	35	33,0
	Diploma	54	50,9
	S1	15	14,2
	S2	2	1,9
Periodo de empleo	< 6 años	17	16,0
	6-10 años	36	34,0
	> 10 años	53	50,0
Estado civil	Casado	78	73,6
	Soltero	28	26,4
Hábito de fumar	Pesado	43	40,6
	Moderado	25	23,6
	Leve	13	12,3
	No Fumar	25	23,6
Calidad del sueño	Bien	18	17,0

	Pobre	88	83,0
Carga de trabajo física	Leve	55	51,9
	Pesado	51	48,1
Carga mental	Luz	33	31,1
	Moderado	45	42,5
Fatiga laboral	Alto	28	26,4
	Menos fatigado	43	40,5
	Cansado	41	38,7
	Muy cansado	22	20,8

Este estudio se realizó con 106 ingenieros de mantenimiento aeronáutico de las compañías A y B, dedicadas al mantenimiento, reparación y revisión (MRO) de aeronaves en el Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar. Ambas compañías desempeñan un papel fundamental en la seguridad aérea, con un sistema de trabajo rotativo, plazos estrictos y altos estándares de seguridad que pueden provocar agotamiento laboral. Los ingenieros de ambas compañías pueden ser asignados a diversas ciudades según su licencia de aeronave y deben renovar su licencia AMEL (Licencia de Ingeniero de Mantenimiento Aeronáutico) cada dos años. Este estudio se llevó a cabo debido a que estos trabajos de alto riesgo se ven influenciados por la edad, la antigüedad, la calidad del sueño, la carga de trabajo, el estado civil y el tabaquismo, factores que pueden causar fatiga.

Los resultados de un estudio realizado en 2025 a 106 ingenieros de mantenimiento de aeronaves del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar mostraron que la mayoría tenía entre 26 y 35 años (57,5 %), poseía un diploma (50,9 %), estaba casada (73,6 %) y contaba con más de 10 años de experiencia laboral (50 %). El 83 % experimentaba mala calidad del sueño. El elevado nivel de fatiga (38,7 % cansado y 20,8 % muy cansado) se vio influenciado por la edad, la larga trayectoria laboral, el tabaquismo (59,4 %) y la mala calidad del sueño.

Tabla 2. Influencia entre la edad y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Edad	Fatiga laboral						Total		Valor p
	Muy cansado		Cansado		Menos cansado		norte	%	
	norte	%	norte	%	norte	%			
Viejo	7	18,4	23	60,5	8	21,1	38	100	0,001
Joven	15	22,1	18	26,5	35	51,5	68	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	200	

Los resultados mostraron una asociación significativa entre la edad y la fatiga ($p = 0,001$), siendo mayor la fatiga experimentada por los trabajadores de mayor edad (60,5 %) que por los más jóvenes (26,5 %). Esto sugiere que el aumento de la edad influye en la disminución de la resistencia y el aumento de la fatiga laboral.

Tabla 3. Efecto de la antigüedad laboral en la fatiga ocupacional entre los ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Periodo de trabajo	Fatiga laboral						Total		Valor p
	Muy cansado		Cansado		Menos cansado				
	norte	%	norte	%	norte	%	norte	%	
Duración del tiempo	13	24,5	28	52,8	12	22,6	53	100	0,002
Medio	8	22,2	9	25	19	52,8	36	100	
Nuevo	1	5,9	4	23,5	12	70,6	17	100	
Total	22	20.8	41	38,7	43	40.6	106	300	

Se observó una asociación significativa entre la duración del trabajo y la fatiga ($p = 0,002$), siendo los trabajadores con mayor antigüedad quienes presentaron el nivel más alto de fatiga (52,8 %). Estos resultados sugieren que una larga duración del trabajo aumenta el riesgo de fatiga debido a la carga de trabajo rutinaria y repetitiva.

Se encontró una asociación significativa entre el tabaquismo y la fatiga laboral ($p = 0,000$), siendo mayor la fatiga en los fumadores empedernidos (41,9 %) que en los no fumadores (4 %). Esto sugiere que fumar empeora las condiciones físicas y reduce la capacidad de trabajo.

Tabla 4. Influencia entre los hábitos de fumar y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Hábito de fumar	Muy cansado		Fatiga laboral		Menos cansado		Total		Valor p
	norte	%	norte	%	norte	%	norte	%	
Peso	18	41,9	15	34,9	10	23,3	43	100	0,000
Medio	2	8	12	48	11	44	25	100	
Ligero	1	7,7	2	15,4	10	76,9	13	100	
No Fumar	1	4	12	48	12	48	25	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	300	

Tabla 5. Influencia entre la calidad del sueño y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Calidad del sueño	Muy cansado		Fatiga laboral		Menos cansado		Total		Valor p
	norte	%	norte	%	norte	%	norte	%	
Malo	21	23,9	38	43,2	29	33	88	100	0,002
Bien	1	5,6	3	16,7	14	77,8	18	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	200	

Se observó una asociación significativa entre la calidad del sueño y la fatiga ($p = 0,002$), ya que el 43,2 % de los participantes con mala calidad del sueño experimentaron fatiga. Los trabajadores con buena calidad del sueño tienden a presentar menores niveles de fatiga, lo que subraya la importancia de un descanso adecuado para mantener el rendimiento laboral.

Tabla 6. Influencia entre el estado civil y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Estado civil	Muy cansado		Fatiga laboral		Menos cansado		Total		Valor p
	norte	%	norte	%	norte	%	norte	%	
Casado	21	26,9	36	46,2	21	26,9	78	100	0,000
No casado	1	3,6	5	17,9	22	78,6	28	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	200	

El estado civil tuvo un efecto significativo en la fatiga ($p = 0,000$), siendo mayor la fatiga en los trabajadores casados (46,2 %) que en los solteros (17,9 %). Esto indica que las responsabilidades familiares pueden aumentar el estrés psicológico y físico de los trabajadores.

Tabla 7. Influencia entre la carga de trabajo física y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Carga de trabajo física	Muy cansado		Fatiga laboral		Menos cansado		Total		Valor p
	norte	%	norte	%	norte	%	norte	%	
Peso	14	27,5	29	56,9	8	15,7	51	100	0,000
Ligero	8	14,5	12	21,8	35	63,6	55	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	200	

Los resultados mostraron una asociación significativa entre la carga de trabajo física y la fatiga ($p = 0,000$), donde los trabajadores con cargas físicas pesadas experimentaron mayor fatiga (56,9 %) que aquellos con cargas ligeras (21,8 %). Esto ilustra que una alta actividad física contribuye directamente a una mayor fatiga.

Se observó una asociación significativa entre la carga mental y la fatiga ($p = 0,008$), siendo mayor la fatiga en los trabajadores con alta carga mental (50 %) que en aquellos con baja carga mental (21,2 %). Esto sugiere que el estrés cognitivo y las exigencias laborales influyen en el nivel de fatiga de los técnicos aeronáuticos.

Tabla 8. Influencia entre la carga mental y la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves

Carga mental	Mantenimiento de aeronaves						Total	Valor p	
	Muy cansado		Cansado		Menos cansado				
	norte	%	norte	%	norte	%			
Alto	7	25	14	50	7	25	28	100	0,008
Medio	11	24,4	20	44,4	14	31,1	45	100	
Ligero	4	12,1	7	21,2	22	66,7	33	100	
Total	22	20,8	41	38,7	43	40,6	106	300	

Tabla 9. Resultados de la información de ajuste del modelo

	-2 Logaritmo de verosimilitud	Chi-cuadrado	Df	Firma
Interceptar solamente	210,358			
Final	152,795	57,563	8	0,000

Valor de chi-cuadrado de 57,563 con $p = 0,000$ indica que el modelo de regresión logística utilizado es factible y estadísticamente significativo. Esto significa que las variables independientes explican de forma significativa las variaciones en la fatiga laboral.

Tabla 10. Resultados de la prueba de bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	df	Firma
Pearson	163,244	158	0,371
Desviación	140,966	158	0,831

Valores de bondad de ajuste muestran que el valor p de Pearson (0,371) y la desviación (0,831) son ambos mayores que 0,05, lo que significa que el modelo se ajusta bien a los datos observados. Este modelo puede representar con precisión la relación entre las variables.

Tabla 11. Resultados de la prueba de supuesto de proporcionalidad de probabilidades (prueba de líneas paralelas)

Modelo	2 logaritmo de verosimilitud	Chi-cuadrado	Df	Firma
Hipótesis nula	152,795			
General	139,106	13,689	8	0,90

El resultado de la prueba de líneas paralelas con $p = 0,90$ ($>0,05$) indica que se cumple el supuesto de proporcionalidad de las probabilidades . Esto significa que el modelo de regresión logística ordinal utilizado es apropiado y puede interpretarse válidamente.

Tabla 12. Resultados de la prueba de resistencia del modelo (Pseudo R-cuadrado)

Cox y Snell	0,419
Nagelkerke	0,476
McFadden	0,256

El valor de Pseudo R-cuadrado muestra una contribución del modelo bastante fuerte con Cox & Snell = 0,419 Nagelkerke = 0,476 y McFadden = 0,256 lo que significa que las variables independientes pueden explicar alrededor del 47,6 % de la variación en la fatiga laboral en los técnicos de aeronaves.

Los resultados de la prueba muestran que las variables de edad ($p = 0,037$) estado civil ($p = 0,001$) La carga física ($p = 0,005$) y el hábito de fumar ($p = 0,000$) influyen significativamente en la fatiga laboral. En cambio la antigüedad laboral, la carga mental y la calidad del sueño no mostraron un efecto significativo. Esto significa que los factores físicos, el estilo de vida y las condiciones sociales son los que más influyen en el nivel de fatiga de los ingenieros de mantenimiento de aeronaves .

Tabla 13. Resultados de las pruebas de efecto y dirección del efecto (estimaciones de parámetros)		Estimar	Error estándar	Wald	df	Firma
Umbral	Fatiga 1	3,641	1,078	11,413	1	0,001
	Fatiga 2	6,317	1,222	26,705	1	0,000
Ubicación	Edad	-1,136	0,544	4,360	1	0,037
	Periodo de empleo	0,555	0,374	2,196	1	0,138
	Estado civil	2,227	0,685	10,565	1	0,001
	Carga mental	-0,260	0,335	0,602	1	0,438
	Carga de trabajo física	1,4909	0,496	8,069	1	0,005
	Calidad del sueño	1,212	0,712	2,899	1	0,089
	Hábito de fumar	0,689	0,19	13,184	1	0,000

DISCUSIÓN

Efecto de la edad en la fatiga laboral

Este estudio halló una relación significativa entre la edad y la fatiga laboral entre los ingenieros de mantenimiento de aeronaves (AME) del Aeropuerto Internacional Sultán Hasanuddin de Makassar en 2025. Fisiológicamente, el envejecimiento conlleva una disminución de la eficiencia cardiovascular, la fuerza muscular, la captación de oxígeno y una recuperación celular más lenta, factores que en conjunto contribuyen a la acumulación de fatiga. Sin embargo, los trabajadores de mayor edad suelen compensar la disminución de su capacidad física mediante la experiencia, el conocimiento de las tareas y estrategias de trabajo adaptativas. Estos resultados concuerdan con el estudio ⁽¹¹⁾ que demostró que los trabajadores de mayor edad en la industria de autopartes presentaban mayores niveles de fatiga ($p = 0,041$; $r = 0,396$). Asimismo, Rombedatu et al.⁽¹²⁾ observaron que los empleados de mayor edad mostraban tasas de recuperación más lentas y quejas subjetivas de fatiga más frecuentes, sobre todo en entornos que requieren un gran esfuerzo físico. No obstante, Ismah et al.⁽¹³⁾ destacaron que un fuerte compromiso laboral mitiga la fatiga y mejora la satisfacción laboral, lo que sugiere que la resiliencia psicológica y el compromiso pueden moderar los efectos fisiológicos del envejecimiento. La combinación del deterioro físico y la adaptación psicosocial crea una relación compleja: los técnicos de mantenimiento asistido (TMA) de mayor edad pueden experimentar cansancio físico, pero no necesariamente agotamiento mental, si cuentan con un buen diseño del trabajo y un alto nivel de compromiso. Por lo tanto, las implicaciones organizativas incluyen la implementación de una distribución de la carga de trabajo adaptada a la edad, apoyo ergonómico y formación continua para optimizar el rendimiento de los técnicos de mayor edad y prevenir la fatiga excesiva.

Relación entre el período de trabajo y la fatiga laboral

El estudio también identificó una relación significativa entre la antigüedad laboral y la fatiga en el trabajo. Una mayor antigüedad suele asociarse con una mayor repetición de tareas, menor novedad y monotonía, lo que puede provocar fatiga psicológica. Por el contrario, una mayor experiencia puede mejorar la eficiencia y reducir la tensión mental gracias al dominio de las habilidades. Este efecto bidireccional refleja la complejidad de la antigüedad laboral como factor tanto de riesgo como de protección. Una investigación ⁽¹⁴⁾ halló resultados similares entre los trabajadores de la basura, donde una mayor antigüedad se correlacionó con una mayor fatiga debido a las cargas de trabajo monótonas y la exposición repetitiva. Sin embargo, Khairunnysa y Balqis⁽¹⁵⁾ descubrieron que el efecto de la antigüedad en el desempeño está mediado por la satisfacción laboral: los trabajadores que perciben significado y estabilidad en sus funciones tienden a presentar menor fatiga a pesar de su larga trayectoria. Estos hallazgos implican que la fatiga relacionada con la antigüedad puede minimizarse mediante intervenciones organizacionales como la rotación de puestos, programas de motivación y sistemas de reconocimiento. Para los técnicos de mantenimiento asistido (TMA), las tareas de mantenimiento repetitivas pueden equilibrarse con la diversificación de habilidades y programas de mentoría técnica para mantener el entusiasmo y reducir el riesgo de fatiga acumulativa.

Efecto del hábito de fumar en la fatiga laboral

El tabaquismo demostró una fuerte relación con la fatiga laboral. Biológicamente, fumar reduce el transporte de oxígeno debido a la unión del monóxido de carbono a la hemoglobina deteriora la función pulmonar y provoca vasoconstricción; todo ello contribuye a una menor resistencia física y a una aparición más rápida de la fatiga. Además, la nicotina altera los ciclos del sueño e induce estrés fisiológico, lo que exacerba la fatiga diurna. La evidencia de una investigación ⁽¹⁶⁾ reveló que los fumadores empedernidos reportaron niveles de fatiga significativamente mayores ($p = 0,026$). De manera similar, Mugniyah et al.⁽¹⁷⁾ enfatizaron que factores no

físicos como el tabaquismo, el estrés y la mala calidad del aire intensifican la fatiga laboral. En entornos de alta seguridad, como el mantenimiento aeronáutico, fumar no solo afecta la resistencia física, sino que también puede comprometer indirectamente la concentración y la precisión durante tareas críticas de mantenimiento. Por lo tanto, es evidente que las organizaciones deben promover políticas libres de humo, ofrecer programas para dejar de fumar e integrar la educación para la salud, haciendo hincapié en la relación entre la salud respiratoria y la seguridad laboral. Dado que la fatiga en la aviación puede generar riesgos operacionales, el control del tabaquismo se convierte en un aspecto fundamental de la gestión de la fatiga.

Efecto de la calidad del sueño en la fatiga laboral

El análisis reveló una asociación significativa entre la calidad del sueño y la fatiga laboral. El sueño constituye el principal mecanismo de recuperación del organismo, facilitando la restauración cognitiva, el equilibrio hormonal y la reparación muscular. La mala calidad del sueño altera el ritmo circadiano, lo que conlleva una disminución del estado de alerta, un deterioro en la toma de decisiones y un agotamiento acumulativo; factores críticos en las operaciones de mantenimiento aeronáutico, donde la precisión es fundamental. El estudio ⁽¹⁸⁾ halló resultados similares entre conductores de camiones volquete, demostrando que la mala calidad del sueño aumentaba la fatiga y el riesgo de accidentes. Sin embargo, ⁽¹⁹⁾ mostró resultados inconsistentes en guardias de seguridad con turnos rotativos, donde los mecanismos de adaptación mitigaban la fatiga. Esta inconsistencia refleja la influencia de las capacidades de afrontamiento individuales y el diseño del sistema de trabajo. Ismah et al.⁽¹³⁾ también descubrieron que un alto nivel de compromiso laboral mejoraba la satisfacción laboral y reducía la fatiga incluso en condiciones de descanso subóptimas. Esto implica que los programas de gestión del sueño —como la programación controlada de turnos, la optimización del descanso y la educación sobre higiene del sueño— deberían institucionalizarse. En la industria aeronáutica, promover la disciplina del descanso es esencial para garantizar tanto la salud de los trabajadores como la seguridad del vuelo.

Efecto de la carga de trabajo física sobre la fatiga

La carga física de trabajo mostró la correlación más significativa con la fatiga. Los técnicos de mantenimiento asistido (TMA) están expuestos a levantar, agacharse y manipular repetidamente piezas mecánicas pesadas bajo presión de tiempo y estrés ambiental (p. ej., ruido, calor, vibración). La actividad muscular continua sin una recuperación suficiente produce acumulación de ácido láctico y fatiga metabólica, lo que afecta directamente la resistencia y el estado de alerta. Un estudio ⁽²⁰⁾ en la fabricación de muebles de madera reveló un patrón similar, lo que confirma la universalidad de esta relación en todas las industrias. Ramadhan et al.⁽²¹⁾ también encontraron que la carga física de trabajo y la exposición al calor aumentaban la fatiga entre los conductores de autobús en Makassar, lo que sugiere que los factores de estrés ergonómicos son determinantes clave de la fatiga, independientemente de la ocupación. Esta evidencia subraya la necesidad de un rediseño ergonómico —como ayudas mecánicas, ciclos de trabajo-descanso y acondicionamiento físico— para minimizar la tensión musculoesquelética. Como enfatizan Rombedatu et al.⁽¹²⁾ descuidar la adaptación ergonómica conduce a la fatiga acumulativa, que puede derivar en problemas de salud crónicos. Por lo tanto, gestionar la carga física de trabajo es fundamental tanto para la productividad como para la seguridad.

Efecto de la carga mental en el síndrome de burnout laboral

La carga mental mostró una asociación significativa con los niveles de fatiga. Las tareas que realizan los técnicos de mantenimiento aeronáutico (TMA) —razonamiento diagnóstico, análisis de fallas y toma de decisiones técnicas— requieren un esfuerzo cognitivo sostenido. Una carga mental excesiva sin una recuperación adecuada provoca sobrecarga cognitiva, disminución de la concentración y agotamiento emocional. La investigación ⁽²²⁾ indicó que la carga mental contribuye indirectamente a la fatiga a través de su impacto en la calidad del sueño. Esto coincide con los hallazgos de Mugniyah et al.⁽¹⁷⁾ quienes descubrieron que un entorno no físico deficiente, caracterizado por la presión del tiempo y los descansos cognitivos limitados, aumenta la fatiga y el estrés. Sin embargo, la carga mental puede mitigarse mediante procedimientos estructurados, trabajo en equipo y capacitación, lo que permite a los TMA gestionar las demandas cognitivas de manera efectiva. Esto implica que las organizaciones deberían integrar sistemas de monitoreo de la carga mental, proporcionar capacitación en atención plena o resiliencia y garantizar intervalos de descanso adecuados entre tareas de mantenimiento complejas para mantener la claridad mental y prevenir la fatiga cognitiva.

Efecto del estado civil en el agotamiento laboral

El estado civil se asoció significativamente con la fatiga, observándose mayores niveles de fatiga en los trabajadores casados que en los solteros. Esto se atribuye a la doble carga de las responsabilidades laborales y familiares, lo que conlleva una reducción del descanso, un aumento de la tensión psicológica y una recuperación fragmentada. Estudios previos confirmaron esta asociación, señalando que los trabajadores sanitarios casados y los empleados de centros de salud comunitarios en Malang experimentaban mayores niveles de agotamiento

debido al conflicto de roles.^(23,24) Khairunnysa y Balqis⁽¹⁵⁾ También informaron que las presiones psicosociales derivadas de las responsabilidades domésticas influyen en el rendimiento general y la fatiga. En contraste, Ismah et al.⁽¹³⁾ argumentaron que un fuerte compromiso laboral y el apoyo social podrían amortiguar el impacto negativo de las exigencias maritales. Estos hallazgos sugieren que la fatiga no es un fenómeno puramente fisiológico, sino también psicosocial. La organización puede mitigar esto mediante políticas que favorezcan la conciliación familiar, horarios flexibles y sistemas de apoyo psicosocial para ayudar a los empleados a equilibrar las exigencias de la vida laboral y personal.

En conjunto, el estudio confirma que la fatiga laboral entre los ingenieros de mantenimiento de aeronaves (AME) resulta de una compleja interacción de factores demográficos, conductuales y ocupacionales. Variables como la edad, el estado civil, el tabaquismo, la calidad del sueño, la carga de trabajo y la antigüedad laboral influyen en los niveles de fatiga que experimentan los trabajadores. Estos hallazgos concuerdan con el modelo de ergonomía holística, que concibe la fatiga como un constructo multidimensional que abarca dimensiones físicas, cognitivas y psicosociales. Dentro de este marco, la fatiga no es simplemente el resultado del agotamiento físico, sino también de la tensión mental y emocional influenciada por el estilo de vida y las condiciones organizacionales. La combinación del deterioro fisiológico, los hábitos conductuales y el estrés psicosocial subraya que la gestión de la fatiga debe abordar a los trabajadores como individuos integrales, en lugar de centrarse en aspectos aislados de su trabajo.

En términos prácticos, los hallazgos resaltan la urgente necesidad de sistemas integrados de gestión del riesgo de fatiga en el sector del mantenimiento aeronáutico. Dichos sistemas deben incorporar vigilancia regular de la salud, monitorización de la carga de trabajo y apoyo psicológico para identificar y abordar los primeros signos de fatiga. Intervenciones como programas para dejar de fumar, iniciativas para mejorar la calidad del sueño y talleres de gestión del estrés también pueden desempeñar un papel fundamental en el fomento de la resiliencia y la sostenibilidad del rendimiento de los trabajadores. Las políticas organizativas deben promover la programación equilibrada de turnos, el diseño ergonómico de las tareas y las oportunidades de recuperación para mantener la alerta de los trabajadores y prevenir errores operativos. Una gestión eficaz de la fatiga no solo protege el bienestar individual, sino que también mejora la calidad general del mantenimiento, reduce los riesgos de seguridad y aumenta la fiabilidad de las operaciones aeronáuticas.

Este estudio, sin embargo, reconoce varias limitaciones que condicionan la interpretación de sus hallazgos. Su diseño transversal limita la capacidad de inferir causalidad entre las variables identificadas y la fatiga, mientras que el uso de cuestionarios autoadministrados introduce un posible sesgo de recuerdo y de respuesta. Factores ambientales como la temperatura, la humedad, el ruido y la iluminación no se midieron cuantitativamente, y dimensiones psicológicas como la motivación, el estrés y el compromiso laboral no se analizaron directamente a pesar de su importancia. El enfoque en un único aeropuerto también restringe la generalización de los resultados a contextos aeronáuticos más amplios. Las investigaciones futuras deberían adoptar enfoques longitudinales y de métodos mixtos que combinen mediciones fisiológicas —como los niveles de cortisol y la actigrafía— con la exploración cualitativa de la cultura laboral y las prácticas de gestión. A pesar de estas limitaciones, el estudio proporciona información empírica valiosa sobre la naturaleza multidimensional de la fatiga entre los técnicos de mantenimiento aeronáutico y ofrece orientación práctica para mejorar la salud laboral, la seguridad y la excelencia operativa en entornos de mantenimiento de alta exigencia.

CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados de la investigación sobre el análisis de los determinantes de la fatiga laboral en ingenieros de mantenimiento de aeronaves del Aeropuerto Internacional Sultan Hasanuddin de Makassar en 2025 se concluye que la edad, el tabaquismo, la carga física de trabajo y el estado civil influyen significativamente en la fatiga laboral. En cambio, la antigüedad laboral, la calidad del sueño y la carga mental de trabajo no presentan un efecto multivariante aunque sí muestran una relación bivariante. Los trabajadores jóvenes y los fumadores empedernidos tienden a experimentar fatiga con mayor facilidad, mientras que los trabajadores casados afrontan una presión adicional derivada de sus responsabilidades familiares. Cuanto mayor es la carga física de trabajo, mayor es el riesgo de fatiga que experimentan los técnicos. Por lo tanto, las medidas de prevención deben centrarse en la gestión de la carga física de trabajo, la mejora de la calidad del sueño, la reducción del tabaquismo y el fomento del equilibrio entre la vida laboral y familiar. Para las empresas, es importante implementar sistemas de gestión de la carga de trabajo programas de educación para la salud y un seguimiento periódico del estado de los técnicos. Asimismo, se recomienda a los futuros investigadores que amplíen las variables de estudio e incluyan factores psicosociales o del entorno laboral más específicos.

REFERENCIAS

1. Sarbiah A. Penerapan Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Karyawan. *Cura al Inf J Penelit.* 2023;15(2):e1210-e1210.

2. Ananda DE, Mustopa. Hubungan Shift Kerja, Lingkungan Fisik Kerja Dan Beban Kerja Dengan Kelelahan Kerja Karyawan Bagian Produksi Di Pt. Medifarma Tahun 2022. *J Kesehat dan Kedokt.* 2023;2(1):76-82.
3. Sitanggang R, Nabela D, Putra O, Iqbal M. Pengaruh Usia, Masa Kerja Dan Shift Kerja Terhadap Kelelahan Kerja Pada Operator Alat Berat Di. *J Kesehat Tambusai.* 2024;5:3168-75.
4. Dewi L, Studi P, Masyarakat K, Abdi S. Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Bagian Wet Procees (Proses Basah). 2024;16(1):198-208.
5. Wijanarti HL. Hubungan Antara Kualitas Tidur, Beban Kerja Fisik Terhadap Perasaan Kelelahan Kerja Pada Perawat Rawat Inap Kelas 3 Di Rs Pku Muhammadiyah Gamping. *J Lentera Kesehat Masy.* 2022;33(1):1-12.
6. Maudy CK, Ruliati LP, Doka S. Keluhan Musculoskeletal Disorders y Kelelahan Kerja pada Tenaga Kerja Bongkar Muat di Pelabuhan Tenau. *Medios Kesehat Masy.* 2021;3(3):312-21.
7. Besse NA. Control de Movimiento de Plataforma de la Unidad Peran (Amc) Dalam Menjamin Keselamatan Penerbangan Di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. *J Publ Ekon y Akunt.* 2022;2(3):307-17.
8. Silva JC da, Barqueira A, Magalhães LB, Santos LFFM. Fatiga humana en el entorno de mantenimiento de aeronaves. *Ciencia segura.* 2024;180(106634).
9. Trissiana F. Hubungan Antara Tiempo Presión Dengan Acción insegura Saat Transit Check Pada Teknisi Pesawat Terbang. *Indones J Occup Saf Heal.* 2018;7(2):210.
10. Ristantya AR, Kurniawan B, Wahyuni I. Hubungan Antara Karakteristik Pekerja Dan Pengawasan Terhadap Perilaku Tidak Aman Pada Teknisi Perawatan Hangar Pesawat Pt X. *J Kesehat Masy.* 2022;10(3):267-72.
11. Jihan Ufairah Hasna. Relación entre la edad y la antigüedad laboral con la fatiga laboral en trabajadores de la industria de repuestos para motocicletas. *World J Adv Res Rev.* 2023;18(3):1036-40.
12. Rombedatu AT, Saleh LM, Yusbud M. FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PERASAAN KELELAHAN KERJA PADA. Hasanuddin *J Salud Pública.* 2025;6(1):97-109.
13. Ismah A, Arifah N, Sari N. HUBUNGAN COMPROMISO LABORAL TERHADAP KEPUASAN KERJA PADA STAF DI RUMAH SAKIT STELLA MARIS. Hasanuddin *J Salud Pública.* 2024;5(1):24-32.
14. Pasenggong MWL, Sabilu Y, Nurmaladewi. Hubungan Beban Kerja, Lama Kerja, Dan Masa Kerja Dengan Kelelahan Pada Pekerja Pengangkut Sampah Di Kota Kendari Tahun 2022 la relación entre la carga de trabajo, la duración del trabajo y el período de trabajo con fatiga entre los transportistas de residuos en la ciudad de Kendari 2022. *J Kesehat dan Keselam Kerja Univ Halu Oleo.* 2024;5(1):21-9.
15. Khairunnysa, Balqis. FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KINERJA PEGAWAI DI PUSKESMAS KOTA PANGKAJENE KABUPATEN PANGKEP TAHUN 2025. Hasanuddin *J Public Heal.* 2025;6(2):220-9.
16. Dasril O, Aria R, Sary AN. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Bagian Produksi Pt Kunango Jantan. *Ensiklopedia J.* 2024;7(1):264-72.
17. Mugniyah AA, Darwis AM, Wahyuni A. Relación entre el entorno laboral físico y no físico con el estrés laboral. Hasanuddin *J Public Heal.* 2023;4(2):159-70.
18. Anggara A, Haidir H. Kualitas Tidur dan Hubungannya dengan Kelelahan Kerja (Fatiga) pada Pengemudi Dump Truk di Pertambangan. *Anterior J Kesehat Masy.* 2024;15(3):1-11.
19. Sunarno SD, Ramdhan DH, Efendi H, Amalaili P, Rizky ZP. Estudio del trabajo por turnos, la cantidad y la calidad del sueño y la aparición de fatiga en la Universidad de Seguridad de Indonesia. *KnE Life Sci.* 2018;4(5):709.
20. Reppi GC, Suoth LF, Kandou GD. Hubungan antara Beban Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Industri Pembuatan Mebel Kayu di Desa Leilem Satu. *Med Scope J.* 2019;1(1):21-5.

21. Ramadhan R, Awaluddin, Darwis AM. FAKTOR-FAKTOR KELELAHAN KERJA PADA PRAMUDI BUS TRANS MAMMINASATA DI KOTA MAKASSAR. Hasanuddin J Salud Pública. 2025;6(1):33-45.

22. Kusmawan D, Izhar MD, Aswin B. Evaluación de la relación entre la carga mental y la fatiga laboral entre los trabajadores del sector de petróleo y gas en PT X, provincia de Jambi, Indonesia: análisis PLS-SEM. J Public health Res. 2024;13(4).

23. Ihsania E. Gambaran Kelelahan Kerja Pada Kurir Pengantar Barang Di Wilayah Tangerang Selatan Tahun 2020. UIN Syarif Jakarta; 2020.

24. Aisyah M, Supriyadi, Laksana DP, Marji. Kelelahan Kerja: Gambaran Beban Kerja Fisik, Kualitas Tidur, dan Status Pernikahan pada Tenaga Kesehatan. Curación de ciencia deportiva. 2025;7(1):1-14.

FINANCIACIÓN

Todos los costes de investigación y publicación se realizan de forma independiente, sin ninguna ayuda financiera de terceros.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri, Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Curación de datos: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Análisis formal: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Investigación: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri, Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Metodología: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri, Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Gestión del proyecto: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri, Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Recursos: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Software: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Supervisión: Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Validación: Lalu Muhammad Saleh, M Furqaan Naiem.

Pantalla: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Redacción - borrador original: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.

Redacción, revisión y edición: Andi Alifah Kultsum Umniyah Tenri.