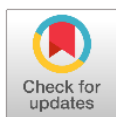




Estudio de casos



Influencia de la fatiga en pilotos de aerolínea y sus implicaciones en la seguridad operacional

The influence of fatigue on airline pilots and its implications for operational safety

Carlos Alberto Gómez Álvarez¹ , Eduardo Alfonso Vázquez Valles¹ , Christian Alberto Mendoza Nápoles²

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Plutarco Elías Calles #1210 Fovissste Chamizal Ciudad Juárez, Chihuahua, México

²Instituto de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Universidad, Av. Heroico Colegio Militar y, Chamizal, 32300 Juárez, Chihuahua, México.

Autor de correspondencia: Eduardo Alfonso Vázquez Valles. Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Plutarco Elías Calles #1210 Fovissste Chamizal Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo electrónico: al203713@alumnos.uacj.mx. ORCID: 0009-0007-7705-1569.

Recibido: 18 de noviembre del 2025

Aceptado: 13 de agosto del 2026

Publicado: 2 de octubre del 2026

Resumen.- Este estudio analiza la influencia de la fatiga operacional en pilotos y copilotos de aerolínea que operan en un aeropuerto regional y su posible impacto en la seguridad de la aviación. La fatiga ha sido reconocida por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como un factor humano crítico que afecta la toma de decisiones, la atención y el desempeño operacional durante las operaciones de vuelo. El objetivo de esta investigación es identificar los principales factores asociados con la fatiga en las tripulaciones de vuelo y evaluar su relación con las horas de trabajo, los periodos de descanso y el desempeño percibido durante las operaciones aéreas. Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y de tipo transversal mediante la aplicación de un cuestionario estructurado a capitanes y primeros oficiales de aerolíneas que operan en el aeropuerto local. La población del estudio estuvo conformada por 112 pilotos de aerolínea, de los cuales se seleccionó una muestra de 41 participantes. La recolección de datos se llevó a cabo durante un periodo de cuatro semanas en horarios operacionales asociados con mayor riesgo de fatiga (04:30–06:00 y 22:00–01:00). La encuesta evaluó variables como horas de trabajo, periodos de descanso, calidad del sueño, síntomas de fatiga y percepción del desempeño operacional. Los datos obtenidos fueron analizados mediante métodos estadísticos descriptivos, incluyendo distribuciones de frecuencia y análisis porcentual. Los resultados indican que una proporción significativa de los participantes reportó síntomas asociados con la fatiga, tales como somnolencia, disminución de la concentración y reducción del estado de alerta durante las operaciones de vuelo, particularmente en operaciones nocturnas y después de jornadas laborales prolongadas. Asimismo, los ciclos de descanso irregulares y la alta carga operacional fueron identificados como factores relevantes que contribuyen a la fatiga en los pilotos. Los hallazgos resaltan la importancia de implementar estrategias de mitigación de la fatiga y fortalecer los Sistemas de Gestión del Riesgo por Fatiga (FRMS) dentro de las operaciones de las aerolíneas. Este estudio contribuye a la comprensión de la fatiga como un factor humano multidimensional que puede influir en el desempeño de los pilotos y en la seguridad de la aviación.

Palabras clave: Fatiga; Seguridad aérea; Factores humanos; Tripulación de vuelo; FRMS.

Abstract.- This study analyzes the influence of operational fatigue on airline pilots and copilots operating at a regional airport and its potential impact on aviation safety. Fatigue has been recognized by the International Civil Aviation Organization (ICAO) as a critical human factor affecting decision-making, attention, and operational performance in flight operations. The objective of this research is to identify the main factors associated with fatigue among flight crew members and evaluate their relationship with working hours, rest periods, and perceived performance during flight operations. A quantitative, descriptive, and cross-sectional study was conducted using a structured questionnaire applied to airline captains and first officers operating at the local airport. The study population consisted of 112 airline pilots, from which a sample of 41 participants was obtained. Data were collected over a four-week period during operational schedules associated with higher fatigue risk (04:30–06:00 and 22:00–01:00). The survey evaluated variables including working hours, rest periods, sleep quality, fatigue symptoms, and perceived operational performance. The collected data were analyzed using descriptive statistical methods, including frequency distributions and percentage analysis. The results indicate that a considerable proportion of participants reported symptoms associated with fatigue, including drowsiness, reduced concentration, and decreased alertness during flight operations, particularly during night operations and after extended working hours. Additionally, irregular rest cycles and high operational workload were identified as key factors contributing to fatigue among pilots. The findings highlight the importance of implementing fatigue mitigation strategies and strengthening Fatigue Risk Management Systems (FRMS) within airline operations. This study contributes to the understanding of fatigue as a multidimensional human factor that can influence pilot performance and aviation safety.

Keywords: Fatigue; Aviation safety; Human factors; Flight crew; FRMS.



1. Introducción

La fatiga es un factor humano que puede afectar significativamente la seguridad operacional en la aviación. En este contexto, la fatiga se reconoce como un riesgo relevante dentro de las operaciones aeronáuticas. Los pilotos operan en entornos caracterizados por una alta exigencia operacional. La falta de descanso afecta la coordinación, el tiempo de reacción y el desempeño operativo. Como se señala en la investigación realizada por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), cada individuo puede experimentar distintos niveles de fatiga que van desde un cansancio leve hasta un agotamiento significativo, afectando el desempeño físico y cognitivo al reducir los niveles de energía y motivación [1]. Adicionalmente, la fatiga no se atribuye exclusivamente a la insuficiencia de descanso. También puede ser atribuida a factores externos como el trabajo nocturno, las modificaciones en las rutinas, el jet lag, y la presión desmedida para cumplir con el itinerario de los vuelos debido a la elevada demanda y la escasez de personal especializado. Estas condiciones pueden generar una mayor carga de trabajo y presión sobre el personal, lo que puede afectar la seguridad y eficiencia del transporte aéreo [1].

El objetivo de esta investigación fue analizar la fatiga en los pilotos de aerolínea que desempeñan sus funciones en el aeropuerto local y evaluar su impacto en la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas, complementándolo con las regulaciones vigentes que pueden atenuar los efectos. Mediante el análisis de los periodos de descanso, las cargas laborales y la percepción de los pilotos, se propusieron estrategias para optimizar la seguridad sin comprometer la eficiencia del sistema.

Para la obtención de referencias y anteriores trabajos de fatiga con diferentes organismos de aviación nos permitimos investigar diferentes conceptos y antecedentes de interés para el estudio.

Como lo es el estudio de la OACI, Controlador de Tráfico Aéreo (ATCO) analizó la observación e información de eventos de seguridad aérea, reveló que el personal de torre debe ser relevado por un colaborador descansado y en condiciones óptimas. En caso de que el personal deba permanecer en labores durante su descarga de trabajo, el individuo debe abandonar por completo la sala de operaciones durante dicho periodo. Este proceso es parte del NOSS Manual, el cual tiene como objetivo la recolección de datos sobre el control de tránsito aéreo. El observador, encargado de la supervisión de estos procesos, deberá de dar informes completos y detallados de las amenazas, errores y situaciones indecisas que se observaron, el manejo con el que el personal se desenvolvió en dicho periodo. Dicho estudio será analizado posteriormente para dictaminar cómo afecta la fatiga al personal [2].

La fatiga en el mantenimiento de aeronaves ha disminuido debido a la automatización y a un control más riguroso en la programación; por lo consiguiente, son más comunes los accidentes por desempeño humano. La fatiga suele asociarse con estados de cansancio físico y mental, pero Vásquez lo define como “caracterizada por la incomodidad generada para hacer un trabajo, reducción de la eficiencia, en la pérdida o dificultad para responder a estímulos, y por lo general, está acompañada por la sensación de cansancio” [3].

Como menciona López, A., la fatiga de las tripulaciones a causa del vuelo compromete la seguridad de este, por lo que se determinan los tiempos de descanso en base al servicio prestado. Esto genera un desequilibrio entre el esfuerzo y el descanso. Es importante señalar que, para las tripulaciones, el tiempo de reacción puede provocar respuestas incorrectas en procesos secuenciales. Esto es especialmente crítico en pilotos que atraviesan diferentes zonas horarias, donde se intenta minimizar el tiempo de respuesta. Por



el paso de diferentes usos, no se busca que el piloto tenga una adaptación al cien por ciento en el destino. Se pretende que la aviación sea lo más segura posible y se cumpla con la seguridad operacional. Por lo tanto, el piloto debe cumplir con el descanso mínimo para tener las capacidades de alerta, reacción y toma de decisiones en vuelo adecuadas para un posible problema en vuelo [4].

Según la OACI, al dormir de manera adecuada, al día siguiente se obtienen beneficios de condiciones físicas y mentales adecuadas, lo que lleva a mejorar la seguridad en las operaciones aéreas. La OACI comprende varios tipos de fatiga, no únicamente la correspondiente en el ámbito laboral, por lo cual creó el FRMS (Sistemas de la gestión de los riesgos asociados a la Fatiga), el cual, toma otras circunstancias en mente como son requisitos adicionales a lo establecido en el Sistema de Gestión de Seguridad operacional (SMS), de esta forma se logra un nivel igual o mayor en ámbito de la seguridad operacional, aunque, en el proceso de cumplir con el SMS el prestador de servicios aéreos no está obligado a la elaboración de nuevos procesos FRMS, cumpliendo con los tiempos máximos de servicios y periodos de descanso, los cuales pueden diferir de los límites propuestos, siempre y cuando estén avalados por el estado [5].

La National Transportation Safety Board (NTSB) investigó el suceso del posible impacto de una aeronave de Air Canadá contra cuatro aeronaves que se encontraban en la calle de rodaje C del aeropuerto internacional de San Francisco, según la NTSB el vuelo de 759 el día 7 de julio de 2017, durante el aterrizaje ambos pilotos informaron a torre de control de una posible incursión en pista 28R, iniciando el Go-Around (maniobra de aproximación frustrada por no contener condiciones favorables para un aterrizaje seguro), el capitán llevaba despierto diecinueve horas por lo que hace énfasis que a mitad de trayecto comenzó la fatiga después de sobrevolar una zona de tormentas, el primer oficial durante el percance informo de su cansancio con el capitán antes del incidente el piloto llevaba despierto aproximadamente 12 horas. Determinando que la falta de conocimiento del cierre de pista informado en el NOTAM y fatiga de la tripulación durante el vuelo [6].

El personal aeronáutico está compuesto por individuos con ciclos de sueño; tomando en cuenta al personal que trabaja en turno nocturno, afecta dicho ciclo, sumado a encontrar una relación del jet lag abonado al trabajo nocturno, lo que disminuye el tiempo de sueño, crea cansancio y estrés crónico. Por consiguiente, no afecta nada más al desempeño del sujeto, sino a problemas a largo plazo como son alteraciones gastrointestinales, cardiovasculares y metabólicos como obesidad y diabetes [7].

En el artículo de Óscar M. demostró que la fatiga es un estado fisiológico, el cual tiene la característica de reducir el desempeño mental y físico, por falta de sueño o actividad laboral excesiva. Que principalmente afecta en el desempeño no solo del piloto, sino del personal técnico aeronáutico que participa en las operaciones de aeronaves de manera cotidiana. Para controlar al proveedor de servicios aeronáuticos, se ve obligado a llevar a cabo las limitaciones de servicio conforme al tiempo, siguiendo los procedimientos de SMS [8].

La Ley Federal de Aviación Civil determina que las tripulaciones de pilotos y sobrecargos no podrán volar más de noventa horas en un periodo de treinta días y no más de mil horas en un periodo de un año seguido. Del mismo modo, se restringe el vuelo de treinta horas en el transcurso de siete días seguidos; de ser así y contar con las treinta horas de vuelo ya antes mencionadas, posteriormente se deberá disponer de veinticuatro horas de inactividad aeronáutica. Si la tripulación vuela más de ocho horas con treinta minutos en un día, se tendrá que dejar descansar al tripulante otras veinticuatro horas [9].



La Ley Federal del Trabajo determina el tiempo de labores dependiendo de la jornada diurna, nocturna o mixta. Para cada una de las ya mencionadas se ha determinado que serán ocho, siete y siete horas y media, respectivamente. Por cada jornada, el colaborador por ley tendrá un descanso de media hora mínimo, siendo que, durante su comida o reposo, el colaborador no podrá salir de su zona de trabajo. Este tiempo será dado como tiempo efectivo de su jornada laboral; el patrón podrá extender el tiempo de servicio por cuestiones extraordinarias sin exceder las tres horas diarias y tres veces a la semana [10].

La problemática principal involucra al personal de las operaciones aeronáuticas enfrentan altos niveles de estrés y, en ocasiones, excesiva carga laboral, por lo cual puede ocasionar daños a las aeronaves o al personal. Centrándonos en las actividades dentro del aeropuerto local, durante el periodo de investigación se evaluó la influencia de la fatiga en las operaciones aéreas, dependiendo de la naturaleza del factor humano.

Se muestra en la tabla 1 que las cifras por accidentes aéreos son causadas por la fatiga de los pilotos. La asociación de pilotos BALPA entrevistó a 500 pilotos de una aerolínea británica, de los cuales el 43% de ellos se quedó involuntariamente dormido en la cabina de mando. El 20 de diciembre de 1995, una aeronave se estrelló durante el descenso. Esto se debió a la fatiga de la tripulación por el inadecuado ingreso de los datos en la Flight Management Computer (FMC) y mala comunicación con el Control de Tráfico Aéreo (CTA). Esto originó el impacto con el terreno. En 1999, en Nueva York, la aeronave SF34 fue dañada durante el aterrizaje con una persona lesionada gravemente. Durante la entrevista al piloto, mencionó cansancio y la jornada nocturna, que trabajaron de manera continua sin descanso reglamentario.

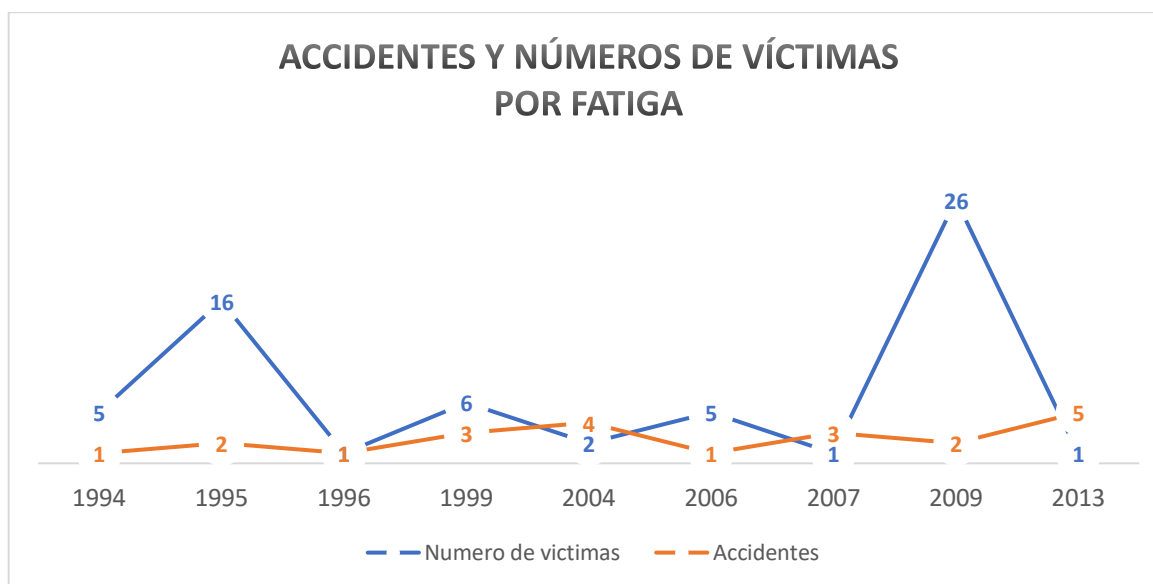


Figura 1. Accidentes y números de víctimas. Nota. Adaptado de Accidentes y número de víctimas por fatiga [tabla] [11].

Las pérdidas al ocurrir un accidente o incidente pueden ocasionar desde demoras/cancelaciones hasta daños a aeronaves y personas. Como menciona la revista Núcleo del conocimiento, entre el 15% y 20% son accidentes causados por fallas humanas, además de la creciente necesidad de estar operando las aeronaves las veinticuatro horas del día, siendo que la autoridad sí regula el tiempo de sueño de las tripulaciones. Además, se considera que los accidentes causados por error humano son del 70% al 80% [12].



Como media para la solución de la problemática principal se optó por una mayor supervisión de la fatiga mediante reportes, capacitación a tripulaciones, así como promover mayor flexibilidad de la aerolínea en la planificación de horarios, una mayor organización de descanso de la tripulación. Proponiendo la mejora de planeación de horarios y priorizando el descanso de la tripulación, no únicamente cumplir con el mínimo requerido [13].

Ajuste de los tiempos de descanso y descarga de trabajo entre vuelos, así como un mejor sistema de comunicación aerolínea-pilotos para el adecuado reporte al momento de sentirse fatigado. Fomentando técnicas de descanso a través de una adecuada capacitación e información hacia los pilotos para detectar el momento de su bajo desempeño causado por la fatiga [13].

El objetivo del proyecto fue analizar los factores que influyen en la fatiga en pilotos de aerolínea, así como sus consecuencias. Esto fue necesario para evaluar la relación entre fatiga, las horas trabajadas y periodos de descanso, considerando el incremento de la demanda de pilotos y de operaciones aéreas.

Los principales objetivos del proyecto son los mencionados a continuación:

- Evaluar el nivel de fatiga de los pilotos de aerolínea al finalizar su jornada laboral.
- Analizar los tiempos de descanso de los pilotos antes del inicio de su jornada laboral y determinar si cumplen con los periodos de descanso establecido.
- Determinar la percepción de los pilotos sobre el cumplimiento, por parte de la aerolínea, de los periodos mínimos de descanso establecidos por la normatividad y su posible impacto en la fatiga operacional.

Por lo cual nos permite definir a los factores humanos como una de las principales causas que afectan la seguridad aérea, los cuales no necesariamente son en un contexto aislado; pueden influir en la toma de decisiones y favorecer la ocurrencia de errores operacionales. Dichos errores son el exceso de confianza, mal entendimiento y ejecución de información brindada, así como el poco criterio para llevar a cabo procedimientos de seguridad [14].

Para esto se llevó a cabo una investigación de los principales factores que influyen en la fatiga, tiempos de descanso y horas trabajadas. Esto se debe al aumento de las operaciones y la necesidad de apertura de nuevas. Además, la falta de entrega de documentos por parte de la AFAC (licencias) reduce la capacitación de nuevo personal con capacidad de aviones de aerolínea de fuselaje estrecho.

La siguiente investigación tiene como alcance el análisis de la influencia de la fatiga en los pilotos de aerolínea abordado desde la perspectiva de las tripulaciones de vuelo antes y después de sus jornadas laborales. Se investigó de manera teórica y se entrevistó a dicho personal sin comprometer la seguridad de las operaciones se procuró no interferir con las actividades operativas del personal, evitando la mención de aerolíneas y nombres de dicho personal para mantener su identidad al margen, con el fin de garantizar la confidencialidad de los participantes, para determinar si la fatiga es un riesgo para la seguridad de la aviación civil y comercial.

El estudio se llevó a cabo de manera transversal, dado que se menciona que se realiza durante un periodo de un mes, específicamente en junio de 2025. La validez de los instrumentos es adecuada, ya que las



condiciones de aplicación fueron similares en términos de horarios, anonimato y contexto operativo. Se seleccionó una muestra representativa de pilotos y copilotos activos, lo que permite extrapolar los resultados a contextos operacionales similares dentro del sector aeronáutico nacional.

Sentó las bases para futuros proyectos de investigación que se enfoquen en accidentes o incidentes de aeronaves, poder determinar si es un factor humano o de otra índole.

2. Definición de fatiga

La fatiga se define como la molestia inducida por una exigencia elevada derivada de un esfuerzo prolongado. Esto conduce a trastornos físicos, tales como la percepción de agotamiento y la dificultad para llevar a cabo actividades físicas, dado que dichas actividades se realizan de forma cotidiana y repetitiva [15].

El artículo titulado “El síndrome de la fatiga crónica” define la fatiga como un síntoma más. Por lo tanto, es subjetiva a cada individuo, por lo que se manifiesta de diversas formas. No se puede diagnosticar de manera cuantitativa, sino de manera cualitativa, ya que, dependiendo del sujeto que lo presenta [16].

2.1. Fatiga laboral

Se trata de una queja subjetiva que indica el cansancio, debilidad, falta de capacidad de concentración, disnea y un anhelo de reposo. Se puede resumir, como ya se mencionó anteriormente, en disminución de la respuesta de reacción-acción. Este fenómeno es multicausal, impacta tanto en la psique como en el estado físico y, como última instancia, en la percepción del sujeto y las diversas circunstancias a las que el individuo ha sido sometido durante un periodo de tiempo específico. En lo que respecta a la fatiga organizacional, no se observa disminución en la productividad y salud del trabajador, causado por la manifestación de la tensión que dicha actividad genera [17]. Como se destaca en el estudio de la UNAM, en el entorno aeronáutico se han evidenciado investigaciones que postulan que la somnolencia y los bajos niveles de alerta disminuyen el bienestar y el desempeño de la tripulación. Además, se confirma que un quinto de los incidentes documentados es el resultado de la fatiga. Además, se le denomina síndrome de burnout [18]. Se ha determinado utilizar la variable de fatiga laboral, ya que la encuesta recuperada del estudio de [8], está más relacionada con el estado de fatiga laboral que con el síndrome de burnout explicado a continuación.

2.2. Síndrome de Burnout

Las principales características del síndrome de burnout son:

- Dolor muscular.
- Confusión.
- Falta de memoria.
- Fiebre de 38.3
- Irritabilidad.
- Insomnio.
- Falta de concentración.



Este síndrome incide primordialmente en individuos de edades comprendidas entre 30 y 50 años. Este fenómeno se debe a la prolongada ejecución de tareas, las cuales pueden generar angustia y sentimientos de culpa por la incapacidad para cumplir de manera adecuada [19].

Principalmente, se vincula con el estrés, que en ciertos contextos se asocia con un ámbito negativo. Sin embargo, es una respuesta adaptativa que prepara a la persona para mejorar su reacción de defensa y huida, colocándola en un estado de alta demanda con respuestas efectivas y controladas para adaptarse al entorno. En el contexto contemporáneo, los estilos de vida más prevalentes proporcionan un incremento que favorece un desarrollo de estrés agudo y se convierte en un ambiente agudo. Este fenómeno proporciona el surgimiento del término burnout, definido como un estado persistente de lucha y defensa por motivos de necesidad económica y laboral [20].

2.3. Estrés en pilotos

De acuerdo con una investigación de la Universidad Nacional de Colombia, se llevó a cabo un estudio de estrés y sintomatología entre los pilotos de ala fija. El estudio reveló que el 62.24% experimentaba estrés laboral. Se concluyó que los pilotos experimentaban una disminución en la memoria y la velocidad de respuesta, Incrementando la probabilidad de errores operacionales. Es imperativo tener en cuenta que entre el 70% y el 80% de los accidentes aéreos se atribuyen a factores humanos [21].

2.4. Implicaciones de la fatiga

Como se destaca en la investigación “La fatiga laboral en el ámbito de seguridad y salud laboral en el marco jurídico venezolano”, la sobrecarga laboral puede resultar en accidentes e incidentes laborales debido a la salud mental y física del trabajador, siendo desde irritabilidad, falta de energía y voluntad por trabajar. Como consecuencia, puede manifestar ausentismo de personal agotado, accidentes laborales. En otras situaciones, el trabajador puede sufrir problemas del corazón, pérdida de concentración y fatiga laboral que no cesa, lo que puede derivar al síndrome de burnout. Este síndrome es difícil de tratar y a menudo tiene recaídas [22].

2.5. Implicaciones de la fatiga en el contexto aeronáutico

En mayo de 2010, la aeronave Boeing 737-800 perteneciente a la compañía Air India Express se accidentó tras el aterrizaje al final de pista. El incidente se atribuye a la tardanza en la aplicación de frenos y las reversas de los motores por parte del capitán, lo que resultó en excursión de pista e impacto en las antenas ILS (Instrument Landing System). Según las grabaciones de voz de cabina, este fue el primer caso documentado en la historia, en la cual el capitán presentaba ronquidos y respiración pausada durante el periodo de una hora con cuarenta minutos de vuelo. Como resultado, la pérdida total de la aeronave y de 166 individuos, 6 tripulantes y 160 personas, como se muestra en la figura 1[23].

En el año de 2019, la NTSB llevó a cabo una investigación sobre el accidente de una aeronave Convair 440 ocurrido a las 0239 horas del este. El informe inicial indicaba que la aeronave estaba en aproximación final para el aterrizaje, cuando de manera involuntaria se estrelló a 39 millas del aeropuerto de Monclova, Ohio, como se muestra en la figura 2, en un estacionamiento de camiones, resultando en la muerte de los dos pilotos. Sin el testimonio de ambos pilotos, se determinó mediante el radar que la velocidad descendió entre 70 a 75 nudos por debajo de la velocidad de pérdida. Se determinó que la tripulación mantenía un



esquema de horarios nocturnos previo al accidente, lo que resultó en una desviación de sus ritmos de sueño, fatiga y jet lag. Concluyendo en la ineficiencia de la tripulación para identificar el ángulo de ataque excesivo y su limitada habilidad para mantener la velocidad de aproximación [24][25].

Según la publicación de WIRED, se documenta el deceso de dos pilotos indios. En noviembre de 2023, el piloto de Air India, de 37 años, experimentó un colapso en el aeropuerto de Delhi durante su entrenamiento para volar los Boeing 777, falleciendo posteriormente en el hospital. Tres meses después, el capitán de IndiGo, de 40 años, sufrió un paro cardíaco fulminante minutos antes de su abordaje al vuelo con destino a Nagpur. La causa se identificó como la fatiga del personal, teniendo en cuenta la DGAC y FIP (Federación de Pilotos Indios) en la reducción de los tiempos de trabajo y descanso de las tripulaciones [23], [26].

2.6. Tácticas para mitigar la fatiga

De acuerdo con Angarita y Torres, algunas de las sugerencias propuestas por los autores incluyen la formulación de políticas y programas orientados no únicamente a la mitigación de la fatiga. También se enfocan en la prevención mediante la creación de un entorno laboral saludable que fomente la salud física, mental y emocional del personal. Asimismo, se propone la implementación de un programa inteligente de fatiga laboral respaldado por expertos en psicología y herramientas tecnológicas avanzadas. Del mismo modo, se propone la implementación de evaluaciones y formación periódica para identificar la posibilidad de que el personal pueda desarrollar mayor fatiga laboral [27][28].

3. Metodología

El estudio se llevó a cabo en dos fases: la fase 1 de investigación como se muestra en la ilustración 1 y fase 2 de recolección de muestras, utilizando un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo y un diseño transversal, con la finalidad de examinar la incidencia de la fatiga en los pilotos de aerolínea y sus potenciales repercusiones en la seguridad operacional durante el desarrollo de sus actividades.

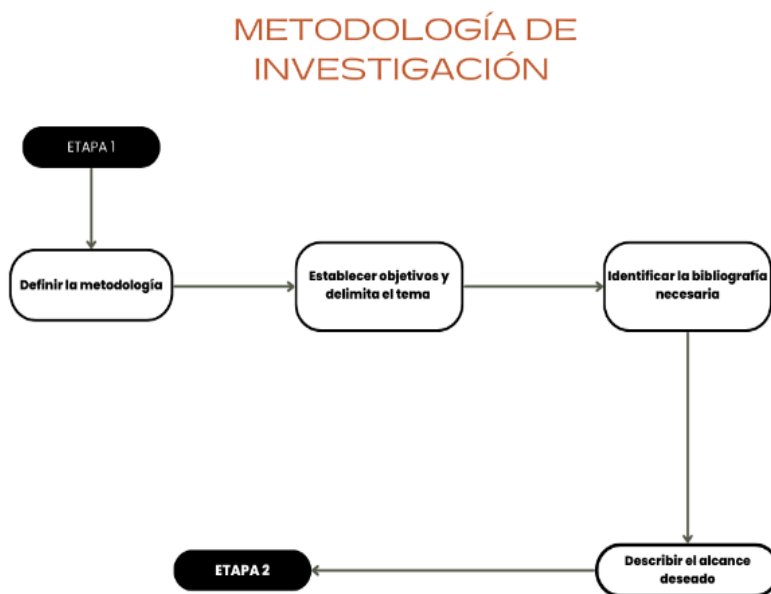


Figura 2. Etapa 1 de la metodología de la investigación.



El diseño de la investigación optó un enfoque transversal, dado que la información se recolectó en un periodo de tiempo único, basándose en la percepción de los pilotos participantes acerca de sus niveles de descanso, carga laboral y síntomas vinculados a la fatiga iniciando la fase 2 como se muestra en la figura 3.

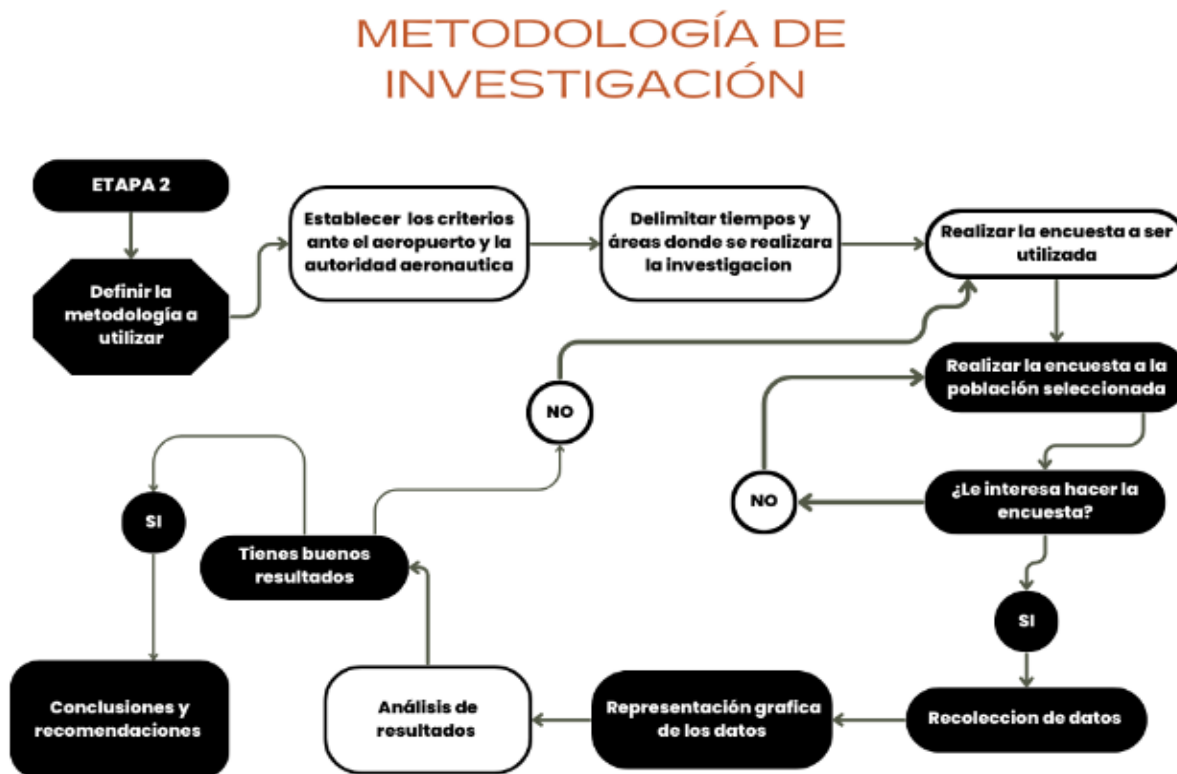


Figura 1. Etapa 2 de la metodología de la investigación.

La población de estudio se constituyó de 112 pilotos de aerolíneas que se llevan a cabo en operaciones regulares en el aeropuerto local. Se extrajo una muestra de 41 pilotos que respondieron voluntariamente al cuestionario implementado durante el periodo de estudio constituyendo un 36.6% de aceptación.

La elección de los participantes se llevó a cabo a través de un muestro por conveniencia, teniendo en cuenta la disponibilidad de los pilotos durante periodos que no comprometieran sus operaciones, los criterios de inclusión tomaron en cuenta a pilotos activos que operan en el aeropuerto, incluyendo comandantes y primeros oficiales.

Se excluyeron encuestas que presentaran información incompleta o presentaban inconsistencias. Se empleo un cuestionario estructurado adaptado del estudio de Mamani, el cual fue implementado a través de la plataforma Microsoft Forms. Este instrumento fue elegido debido al tiempo restringido que los pilotos disponen durante sus operaciones, lo que permite una duración estimada de respuesta que oscilaba entre tres y cinco minutos.



El instrumento de evaluación incorporaba interrogantes vinculados a rasgos sociodemográficos, variables operacionales y factores vinculados con la fatiga laboral como se muestra en la ilustración 3.3.

3.1. Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 1. Operación de variables de estudio.

Variable	Tipo	Escala
Aerolínea	Cualitativa	Nominal
Puesto	Cualitativa	Nominal
Edad	Cuantitativa	Razón
Hrs. De descanso	Cuantitativa	Razón
Hrs. Jornada	Cuantitativa	Razón
Manual de fatiga	Cualitativa	Nominal
Doc. Vuelo/descanso	Cualitativa	Nominal
Percepción de descanso	Cualitativa	Ordinal
Días sin dormir	Cuantitativa	Razón
Insomnio	Cualitativa	Nominal
Trastorno del sueño	Cualitativa	Nominal
Fármacos sin dormir	Cualitativa	Nominal
Bonificación de tiempo extra	Cualitativa	Nominal
Incidente por fatiga	Cualitativa	Nominal
Registro de sueño/vuelo	Cualitativa	Nominal
Síntomas en tripulación	Cualitativa	Nominal
Incidente en cabina	Cualitativa	Nominal

Previo a la implementación del instrumento, se requirió el consentimiento informado de los participantes, asegurando la confidencialidad de los datos y el empleo exclusivo de los datos con propósitos académicos. La recopilación de datos se llevó a cabo durante un período de cuatro semanas, en periodos que presentan una mayor probabilidad de fatiga operativa. Los intervalos de tiempo analizados comprendieron entre las 04:30 y las 06:00 horas, correspondientes al comienzo de las primeras operaciones aéreas del día, y entre las 22:00 y las 01:00 horas, durante las operaciones nocturnas.

Tras la culminación de la recolección de datos, la información recabada fue organizada y examinada a través de Microsoft Excel, empleando técnicas de estadística descriptiva. El análisis implicó la realización de distribuciones de frecuencia, el cálculo de porcentajes y la creación de tablas y gráficos con el objetivo de identificar tendencias asociadas con la fatiga, basándose en variables operacionales, de salud y seguridad operacional.

Dentro del cual se contó con un total de 22 preguntas relacionadas y dimensionadas para la recolección de datos con relación de la fatiga y seguridad operacional como se muestra en la ilustración 3. Comprendida de las siguientes variables.

1. *Sociodemográficas y profesionales. (Información general del participante)*
 - Edad.
 - Puesto desempeña.
 - Aerolínea.
2. *Operacionales (relacionado con condiciones laborales)*
 - Horas de descanso



- Horas de jornada laboral
- Existencia de Manual de fatiga.
- Existencia de documentos estandarizados de vuelo y descanso.
- 3. *Percepción del descanso (Percepción del piloto con su estado de recuperación.)*
- Percepción de descanso adecuado.
- Número de días sin dormir/
- 4. *Salud (Estado fisiológico del piloto)*
- Presencia de insomnio.
- Trastorno del sueño.
- Consumo de fármacos para dormir.
- 5. *Organizacionales (Condiciones laborales)*
- Bonificación de tiempo extra
- Registro de horas de vuelo y descanso.
- 6. *Seguridad operacional (Impacto operacional de la fatiga)*
- Incidentes provocados por fatiga.
- Síntomas de fatiga en cabina.
- Incidentes observados en cabina.

3.1.1. Descripción del cuestionario

Las preguntas seleccionadas fueron relevantes para recabar la información cualitativa y cuantitativa de impacto operacional, estado fisiológico y recuperación del piloto encuestado. Como se muestra en el Anexo 1.

El instrumento incluyó:

Preguntas cerradas dicotómicas

Preguntas de opción múltiple

Preguntas abiertas para la descripción signos, síntomas e incidentes.

3.2. Consideraciones éticas.

La participación en este estudio fue voluntario. Antes de la ampliación del cuestionario, se informó a los participantes sobre el objetivo de la investigación, el carácter académico del estudio y el tratamiento confidencial de la información. Debido a la limitación es operativas y a la disponibilidad del tiempo de los pilotos durante sus jornadas laborales, el consentimiento informado fu obtenido de forma verbal antes de responder el cuestionario.

El instrumento fue aplicado de manera anónima y no recopiló información que permitiera identificar a los participantes o a las aerolíneas involucradas. La información obtenida fue utilizada exclusivamente con fines de investigación y manejada de forma confidencial por los investigadores.



4. Resultados y Discusiones

4.1. Caracterización de las muestras

De acuerdo con la muestra constituida por 41 pilotos de aerolínea a partir de una población de un total de 112 pilotos participantes lo que representa una tasa del 36.6% de éxito.

En una relación por aerolínea el 64% para participantes pertenecía a la aerolínea 1, mientras el 32% corresponde a la aerolínea 2 y el restante 4% no proporcionó información como se muestra en la tabla 5.

Tabla 2. Número de entrevistados por aerolínea.

<i>Aerolíneas</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Aerolínea 1	26	64%
Aerolínea 2	13	32%
No responde	2	4%

4.2. Comparación de edad, tiempos de descanso y jornada laboral.

En la tabla 3, se muestra el rango de edades de las tripulaciones, es un factor determinante del puesto a desempeñado y las horas de descanso contra las laboradas en el cual se determinó dicho personal con más experiencia puede experimentar de manera diferente la fatiga, así como las percepciones. Como se muestra en las tablas 6 y 7, la percepción del cansancio es mayor en los primeros oficiales, siendo un factor una menor edad y a su vez la experiencia en el manejo del cansancio dentro de sus actividades en cabina.

Dentro de la investigación con soporte en los datos obtenidos, se determinó que los capitanes de mayor edad se encontraban dentro de aerolínea 2. A simple vista, en las tripulaciones de salida en las pernoctas de dicha aerolínea, se notaba el cansancio sin la necesidad de preguntar directamente; en capitanes de aerolínea 1, se percibía un mayor cansancio, siendo determinante que en ocasiones las mismas tripulaciones de llegada en el vuelo de la noche salían a primera hora en el vuelo de las 6:30, el cual afecta a la percepción del cansancio y descanso como lo menciona el siguiente piloto

“En algunas ocasiones, lo que me afecta más es llegar de vuelo nocturno y o salir en el primer vuelo matutino.”

Tabla 3. Rango de edades por rol a realizar en cabina.

<i>Edades (años)</i>	<i>Comandantes</i>	<i>P. oficial</i>	<i>%</i>
20 a 30	5	15	54%
31 a 40	6	5	20%
41 a 50	8	1	21%
+ 50	1	0	5%



Tabla 4. Horas de descanso de tripulaciones.

Puesto	>6 hrs	4-6 hrs
Comandante	15 (37%)	5 (12%)
Primer oficial	14 (34%)	7 (17%)

Nota: Tiempos de descanso declarados en la recolección de datos por las tripulaciones.

Tabla 5. Horas trabajadas.

Puesto	6 a 8 hrs	8 a 10 hrs	+ 10 hrs
Comandante	6 (15%)	2 (5%)	12 (29%)
Primer oficial	7 (17%)	1 (2%)	13 (32%)

En las tablas anteriores se demuestra la percepción trabajo-descanso de los pilotos, siendo que los comandantes conforman el 37% el descanso no es óptimo como lo mencionan a continuación:

“No, son jornada muy pesadas con pernoctas con descanso mínimo y en el día a día sin estabilidad de rol lo que no nos permite un descanso óptimo.”

“No, con 11 horas de descanso no da tiempo de hacer nada, ..., ahorita que nos tienen con pura pernocta son 9, se trata de elegir si duermes o comes.”

4.3. Problemas de insomnio y trastornos del sueño en tripulaciones.

Durante el desarrollo de la prueba, se evidencio que las afectaciones del sueño son predominantes entre los comandantes. Un elemento crucial es la edad, los años de servicio o las tareas que se llevan a cabo en la cabina, tal como se ilustra en las tablas 6 y 7. Con un 34% de comandantes experimentaron insomnio durante su estancia en cabina.

Tabla 6. Insomnio en pilotos.

Puesto	Sí	No
Comandante	14 (34%)	6 (15%)
Primer oficial	12 (29%)	9 (22%)

El termino trastorno del sueño se refiere a las alteraciones que modifican la modalidad de sueño, las cuales pueden modificar la siguiente: sueño durante el día, dificultad para conciliar el sueño, respiración anormal durante el sueño. En la tabla 7, los tripulantes presentaron alguno de los anteriores síntomas. Con un 34% para comandantes, contraste con el 29% de los primeros oficiales, quienes presentaron una menor cantidad de trastorno del sueño.


Tabla 7. Trastornos del sueño por rol en cabina.

Puesto	Sí	No
Comandante	14 (34%)	6 (15%)
Primer oficial	12 (29%)	9 (22%)

4.4. Consumo de fármacos para la conciliación del sueño.

Esto conduce al uso de fármacos para la conciliación del sueño, de los cuales el 7% de los comandantes admitió el uso de estos medicamentos. Según el artículo del Elsevier, la melatonina es la hormona principal involucrada en la regulación del sueño y fase de vigilia. este medicamento se administra por vía oral para tratar el insomnio [29].

4.4.1. Manifestaciones y peligros asociados con el uso de medicamentos en la aviación.

De acuerdo con el artículo del hospital de Santa Cruz, se detectaron efectos adversos en el uso de medicamentos de 1mg y 36mg. Estos individuos experimentaron los siguientes síntomas: hepatitis autoinmune, cuadro confusional por sobredosis inflamación del nervio óptico, fragmentación del sueño, episodios psicóticos movimiento errático de los ojos, convulsiones, cefaleas y erupciones cutáneas [30]. Está relacionado con los síntomas neurológicos obtenidos durante el estudio en el cual los pilotos observaron los siguientes síntomas:

“Quedarse dormido en fases críticas de vuelo.”

“Somnolencia, lentitud en toma de decisiones.”

“Omisiones en procedimientos, entender mal instrucciones.”

“Omisiones en procedimientos, entender mal instrucciones.”

A continuación, nos centramos en los factores más críticos durante un vuelo, los cuales serían los más relevantes: el confusional por sobredosis, la inflamación del nervio óptico, la fragmentación del sueño, episodios psicóticos, movimiento errático de los ojos, convulsiones y dolores de cabeza, estos factores representan un riesgo para la seguridad del vuelo y la condición física de los pilotos, tal como se ilustra en la tabla 8 y 9.

Esto evidencia que la carga excesiva de fatiga y el uso de fármacos en más del 27% a la aerolínea 1, el 51% a de aerolínea 2, junto con el 5% que optó por no mencionar su aerolínea. El 17% representa corresponde a aquellos que no presentan síntomas de fatiga en la cabina de los síntomas previamente mencionados.

Tabla 8. Consumo de fármacos por rol en cabina.

Puesto	Sí	No
Comandante	3 (7%)	17 (43%)
Primer oficial	2 (5%)	19 (45%)


Tabla 9. Síntomas de fatiga por aerolínea.

Aerolíneas	Sí	No
Aerolínea 1	11 (27%)	2 (5%)
Aerolínea 2	21 (51%)	5 (12%)
No responde	2 (5%)	0

4.4.2. Consecuencias de síntomas de fatiga en cabina de vuelo y fuera de ella.

Estas manifestaciones han presentado una amenaza, ya sea para la tripulación o para a seguridad del vuelo. El 23% ha tenido que enfrentarse a algún incidente en la cabina, mientras que el 83% ha firmado que no se había generado ninguna situación peligrosa. Es posible destacar algunos de los incidentes de mayor relevancia en los datos recopilados, tal como se ilustra en la tabla 10 y en los resultados de la encuesta.

- Quedarse dormido.
- Omisión de procedimientos y pérdida de conciencia situacional.
- Excedencia de limitaciones del avión.
- Choque de traslado del aeropuerto a su hogar por quedarse dormido mientras manejaba su vehículo.

Tabla 10. Incidentes en cabina por fatiga.

Aerolínea	Sí	No
Aerolínea 1	11	2
Aerolínea 2	21	5
No responde	2	0

Tomando en consideración el precedente, se les consultó si era factible que las aerolíneas documentaran las horas de vuelo. Esto se percibe como fatiga al personal y horas de descanso; esto facilita a las aerolíneas un control más eficaz de las tripulaciones y sus tiempos, lo que resulta beneficioso para algunas compañías aéreas. Con base en las experiencias de las tripulaciones de aerolínea 2, se puede afirmar que dicha aerolínea posee instrucciones o recomendaciones para asegurar un suelo más optimo una vez llegado a su residencia lugar de descanso. Entre estas recomendaciones se incluyen abstenerse de utilizar pantallas una hora antes de acostarse, tomar baños tibios para facilitar la relajación del musculo entre otras.

Las tripulaciones de ambas compañías aéreas indicaron que el tiempo de traslado se considera como parte de su descanso, lo cual no les beneficiaba dado que ya estaban trabajando desde su lugar de descanso. La fatiga del tripulante encuestado se considerará como horas de vuelo.

Por lo tanto, las aerolíneas poseen un manual FRMS, tal como se ilustra en la tabla 11 para la gestión de la fatiga, el cual se considera ineficaz. Los comentarios de los pilotos de las aerolíneas que, aunque se puede reportar fatiga, el análisis no se realiza de manera inmediata. Por lo tanto, es necesario continuar volando hasta una semana o dos después de haber realizado su reporte, para así realizar un análisis de la fatiga corporal, incrementado el riesgo de incidentes por fatiga.


Tabla 11. Manuales FRMS para la gestión de fatiga.

Puesto	Sí	No
Comandante	19 (46%)	1 (3%)
Primer oficial	21 (51%)	0

Las bonificaciones por tiempo extra: el 57% de los tripulantes afirmo que recibían dicha bonificación; el restante 47% indico que, aunque recibían dicha bonificación, no consideraban apropiada para las laboras que desempeñan o no recibían dichas remuneraciones.

Tabla 12. Bonificaciones de pago por tiempo demorado de vuelo.

Puesto	Sí	No
Comandante	10 (24.3%)	10 (24.3%)
Primer oficial	11 (27%)	10 (24.3%)

En los resultados obtenidos en el presente estudio dan evidencia suficiente en los pilotos de aerolínea y su posible impacto en la seguridad operacional.

Se identifico que la percepción de los tiempos inadecuados de descanso no es óptima en el 62% de los pilotos, lo cual conlleva a una inadecuada recuperación de las jornadas laborales. De acuerdo con la LAC (Ley de aviación Civil) en la cual se estipula los tiempos de descanso necesarios y adecuados para garantizar las condiciones adecuadas de operación de una aeronave lo cual no siempre son percibidos como suficientes.

De la misma manera los primeros oficiales sen presentan con mayor percepción de fatiga a comparación de los comandantes relacionado directamente con la experiencia operativa en la adaptación de horarios irregulares, así como la carga cognitiva asociada a la supervisión y ejecución de las tareas en cabina, en investigaciones previas se señala que la experiencia es fundamental en la gestión de la fatiga.

En relación con los trastornos del sueño, los datos evidencian la presencia de insomnio y otras alteraciones en una proporción importante de los pilotos, especialmente en comandantes. Este hallazgo sugiere que la fatiga no solo tiene un componente operacional, sino también fisiológico, lo cual puede afectar directamente el desempeño cognitivo y la toma de decisiones durante el vuelo.

El uso de fármacos para la conciliación del sueño, aunque reducido, representa un factor de riesgo. Diversos estudios han señalado que ciertos medicamentos pueden generar efectos secundarios que afectan la alerta, la coordinación y la percepción, lo que podría comprometer la seguridad operacional. Por otra parte, los síntomas de fatiga reportados por los pilotos, tales como somnolencia, pérdida de conciencia situacional y omisión de procedimientos, representan indicadores críticos de deterioro en el desempeño humano. Estos resultados identifican la fatiga como uno de los principales factores contribuyentes a errores humanos en cabina.

En cuanto a los incidentes relacionados con la fatiga, el hecho de que el 23 % de los pilotos haya experimentado situaciones de riesgo evidencia la relevancia del problema en el contexto operacional.



Estos incidentes, que incluyen desde omisiones de procedimientos hasta pérdida de conciencia situacional, refuerzan la necesidad de implementar medidas más efectivas para la gestión de la fatiga.

En el ámbito organizacional, los resultados muestran que, aunque las aerolíneas cuentan con sistemas de gestión de fatiga (FRMS), estos no siempre son percibidos como efectivos por los pilotos. La falta de respuesta inmediata a los reportes de fatiga y la consideración de los tiempos de traslado como parte del descanso son factores que limitan la efectividad de estos sistemas.

En conjunto, los resultados sugieren que la fatiga en pilotos de aerolínea es un fenómeno multifactorial, influenciado por condiciones operacionales, organizacionales y fisiológicas, y que tiene implicaciones directas en la seguridad operacional.

5. Limitaciones del estudio

El presente trabajo tiene diversas limitaciones que deben tenerse en cuenta en la interpretación de los resultados.

En primer lugar, la recolección de datos se vio condicionada por factores operacionales propios del entorno aeronáutico, tales como la necesidad de que los participantes contaran con una tarjeta de identificación aeroportuaria (TIA), lo que limitó el acceso a ciertos espacios y a tiempos de interacción con las tripulaciones.

Asimismo, el tiempo de respuesta de los tripulantes se vio condicionado por sus actividades operativas, lo que influyó en la profundidad de algunas respuestas obtenidas.

El consentimiento para participar en el estudio se obtuvo de forma verbal, ya que el tiempo disponible de las tripulaciones era limitado, lo cual pudo limitar la formalidad del proceso de recolección de datos.

Por otra parte, el obtener información más detallada dependió de la autorización de las aerolíneas, lo cual restringió en algunos casos la formulación de preguntas más específicas relacionadas con las condiciones operacionales.

Además, la información que se recabó sobre los periodos de descanso y la jornada laboral se basó en la percepción de los participantes, lo que puede conllevar a sesgos subjetivos.

La aplicación de las encuestas se realizó principalmente en periodos de inactividad operativa y en los tiempos de traslado de las aeronaves, lo que pudo influir en la disponibilidad y disposición de los encuestados.

Por último, la escasez de tiempo para realizar el trabajo de campo obstaculizó la posibilidad de aumentar la muestra y de ahondar en el análisis de los resultados.

Estos resultados, aun con sus limitaciones, permiten identificar tendencias relevantes sobre la fatiga en pilotos de aerolínea y su impacto sobre la seguridad operacional.



6. Conclusiones y recomendaciones.

El presente trabajo permitió reconocer que la fatiga en pilotos de aerolínea es un factor importante que puede afectar directamente la seguridad operacional.

En primer lugar, se comprobó que una proporción significativa de pilotos (62 %) entiende que sus tiempos de descanso no son los óptimos, lo cual demuestra una diferencia entre las condiciones establecidas por las aerolíneas y la percepción real de recuperación de las tripulaciones.

Además, se observó que, en comparación con los comandantes, los primeros oficiales están más expuestos a la fatiga, con más días sin un descanso adecuado y una mayor percepción de carga laboral.

Los resultados también evidenciaron la presencia de problemas relacionados con el sueño como insomnio y trastornos del sueño, lo que confirma que la fatiga no sólo tiene un origen operacional sino también fisiológico.

Los efectos en cabina que muestran los tripulantes, como somnolencia, pérdida de conciencia situacional y omisión de procedimientos, constituyen riesgos directos para la seguridad operacional.

Además, el que el 23 % de los pilotos haya sufrido incidentes relacionados con la fatiga confirma la relación entre el cansancio y la aparición de sucesos operacionales adversos.

Finalmente, se llega a la conclusión de que la fatiga del piloto de línea aérea es un fenómeno multifactorial que requiere un enfoque integral, que contemple aspectos operacionales, organizacionales y fisiológicos, con el objetivo de mejorar las condiciones de descanso y disminuir los riesgos asociados a la seguridad operacional.

7. Reconocimiento de autoría

Carlos Alberto Gómez Álvarez: Investigación, Borrador original; *Alfonso Eduardo Vázquez Valles:* Investigación, Revisión y edición; *Christian Alberto Mendoza Nápoles:* Investigación, Administración de proyecto, Revisión y edición.

Referencias

- [1] Universidad Complutense de Madrid (U.C.M.), Fatiga laboral: Conceptos y Prevención, Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-1-FATIGA%20LABORAL.%20CONCEPTOS%20Y%20PREVENCI%C3%93N>
- [2] Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.), Estudio de la seguridad de las operaciones normales (NOSS), Montréal, Quebec, Canadá: OACI, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/2025-04/cat_2025_es.pdf
- [3] J. F. Vázquez Moquillaza, “Caracterizar la presencia de fatiga en una aerolínea colombiana entre julio y septiembre de 2013”, Trabajo de grado, Especialidad en Medicina Aeroespacial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/items/ed9b767e-0c08-4d09-9b14-3856e1a31189>



- [4] A. López y M. Muro, “Sueño y fatiga limitaciones humanas y riesgos en pilotos de líneas aéreas”, presentado en la conferencia de la Federación de Sindicatos de Pilotos de Latinoamérica (FESPLA), La Plata, Argentina, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/SAM/Documents/2015-FRMS/19.%20FESPLA%20Fatiga%20Lima%20corregido%20final%2028%20mayo.pdf>
- [5] Organización de Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.), Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga, Doc. 9966, Québec, Montréal, Canadá: OACI, 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/9966_cons_es.pdf
- [6] National Transportation Safety Board (N.T.S.B.), “Taxiway Overflight Air Canada Flight 759 Airbus A320-211, C-FKCK”, San Francisco, California, Informe de incidente NTSB/AIR-18/01, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.ntsb.gov/investigations/accidentreports/reports/air1801.pdf>
- [7] L. Matilde, R. Salin y M. Ángeles, “Síndrome de jet lag o cambio de zonas de tiempo”, Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, vol. 61, n.º 5, pp. 6–13, 2018.
- [8] Ó. Mamani Chuquimia, “Encuesta para diagnosticar la fatiga en pilotos de aerolíneas comerciales que operan en Bolivia”, Revista Tecnológica, vol. 18, n.º 24, pp. 44-48, 2022. [En línea]. Disponible en: http://revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322022000100006&lng=es&nrm=iso
- [9] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Ley de Aviación Civil, Ciudad de México, México: Estado Mexicano, 2025.
- [10] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Ley Federal del Trabajo, Ciudad de México, México: Estado Mexicano, 2025.
- [11] Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.), Accidentes derivados de la fatiga, Ciudad de México, México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, s.f.
- [12] L. A. Mignoni Júnior e I. A. Lucas, “La gestión del riesgo de la fatiga en operaciones aéreas”, Revista Científica Multidisciplinar Núcleo del Conocimiento, año 08, vol. 05, ed. 06, pp. 41–57, jun. 2023. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/ciencia-aeronautica/operaciones-aereas
- [13] Federal Aviation Administration (F.A.A.), “Fatigue”, en Fatiga en Aviación, vol. 6, 2009. [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/200920.pdf
- [14] D. O. Amézcu Pacheco, “Factores humanos en aviación”, Calaméo, s.f. [En línea]. Disponible en: <https://www.calameo.com/read/005827693ac9266982f43>
- [15] Real Academia Española (R.A.E.), “Fatiga”, en Diccionario de la lengua española, ed. 23.ª [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/fatiga>
- [16] J. Fernández, “El síndrome de la fatiga crónica”, Medicina Integral, vol. 40, n.º 2, pp. 242-246, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-el-sindromefatiga-cronica-13034631>
- [17] Y. Rojas y C. Neisa, “Fatiga laboral, accidentes e incidentes laborales en conductores de carga pesada de una empresa transportista de la ciudad de Yopal”, Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología, pp. 1–71, 2017.
- [18] J. Granillo, “Diseño y validación de un instrumento para medir la fatiga laboral desde una perspectiva conductual”, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México, 2019. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=qG5knr&d=false&q=:&i=5&v=1&t=search_0&as=0



- [19] Secretaría de Salud, “Síndrome de la fatiga crónica y síndrome de Burnout”, Gobierno de México, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/sindrome-de-fatiga-cronica-y-sindrome-de-burnout>
- [20] J. Lovo, “Síndrome de burnout: Problema moderno”, Entorno, n.º 70, pp. 110-120, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.utec.edu.sv/index.php/entorno/article/view/626>
- [21] J. Gonzáles, “Análisis situacional del estrés laboral y sintomático más común en el personal aeronáutico del servicio de vigilancia aérea del Ministerio de Seguridad Pública de Costa Rica”, Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/items/46ba1a9b-d8d2-432f-852e-0446b09fd1c6>
- [22] D. Bracho y J. Quintero, “La fatiga laboral en el ámbito de seguridad y salud laboral en el marco jurídico venezolano”, Cienciamatria, vol. 6, n.º 14, pp. 230-245, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7390784>
- [23] Ministry of Civil Aviation, “Accident to Air India Express Boeing 737-800 Aircraft VT-AXV on 22 May 2010 at Mangalore”, Government of India, Informe de accidente oficial, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://aviation-safety.net/wikibase/321303>
- [24] National Transportation Safety Board (N.T.S.B.), Aviation Investigation Final Report, Washington, DC, s.f.
- [25] J. Hemmerdinger, “Pilots failures and fatigue caused 2019 Convair 440 Crash in Ohio: NTSB”, Flight Global, sept. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.flightglobal.com/ops-safety/2022/09/pilots-failures-and-fatigue-caused-2019-convair-440-crash-in-ohio-ntsb/>
- [26] M. Serfatty, “La sobrecarga de trabajo ya ha matado a dos pilotos aéreos de India y la solución parece estar lejos”, WIRED, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.wired.com/articulos/sobrecarga-de-trabajo-ha-matado-a-dos-pilotos-aereos-en-india-y-solucion-parece-estar-lejos>
- [27] M. Angarita y M. Torres, “Descripción de las diferencias en la percepción de la fatiga laboral en las dependencias de una institución en Santander”, Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, Colombia, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/beed2d98-9778-4be0-82e1-469ddb12b969>
- [28] K.L.M. UK Engineering, “14.14.1 Display Units”, en KLM UK Engineering Training, s.f. [En línea]. Disponible en: <https://klmuktraining.com/online/mod/page/view.php?id=16132&forceview=1>
- [29] M. Puertas, “Impacto del modelo de fatiga Boeing Alertness Management 89”, Trabajo de grado, Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Quito, Ecuador, 2016. [En línea]. Disponible en: https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/USFQ_d67e73869adb301f018c2d3c093bc35c?sid=3027546
- [30] Boeing, “Actualización del software del 737 Max”, Boeing Comercial, s.f. [En línea]. Disponible en: https://www.boeing.com/commercial/737max/737-max-update_es/737-max-software-updates_es#latest
- [31] Airbus, “Innovación en seguridad N.1: Control por cable”, Airbus Newsroom, jun. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2022-06-safety-innovation-1-fly-by-wire-fbw>
- [32] Airbus, “Innovación en seguridad N.6: Sistema de gestión de vuelo (FMS)”, Airbus Newsroom, ene. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-01-safety-innovation-6-flight-management-system-fms>
- [33] Airbus, “El nuevo A350 XWB visita Brasil y Colombia durante su gira de presentación en las Américas”, Noticias Airbus Latam, jul.-ago. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.noticiaslatamsales.com/sp/noticias/july-august-2015/el-nuevo-a350-xwb-visita-brasil-y-colombia-durante-su-gira-de-presentacion-en-las-americas/>
- [34] Airbus, “5 razones por las cuales los pilotos adoran volar el A350”, Airbus Aircraft Case Study, sept. 2024. [En línea]. Disponible en: [airbus.com](https://www.airbus.com)



- [35] National Aeronautics and Space Administration (N.A.S.A.), Managing Complex Airplane System Failures through a structured assessment of airplane capabilities, Moffett Field, California: NASA Ames Research Center, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180003389/downloads/20180003389.pdf>
- [36] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Reglamento de la Ley de Aviación Civil, Ciudad de México, México: Estado Mexicano, 2025.
- [37] J. Poza, M. Pujol, J. Ortega-Albas, O. Romero y Sociedad Española de Sueño (S.E.S.), “Melatonin in sleep disorders”, Neurología (English Edition), vol. 37, n.º 13, pp. 5-15, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/en-revista-neurologia-english-edition--495-articulo-melatonin-in-sleep-disorders-S217358082030184X>
- [38] A. Morera, M. Henry y M. Varga, “Seguridad en el uso de la melatonina”, Actas Españolas de Psiquiatría, vol. 33, n.º 34, pp. 45-50, 2005.

Derechos de Autor (c) 2026 Carlos Alberto Gómez Álvarez, Eduardo Alfonso Vázquez Valles, Christian Alberto Mendoza Nápoles



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)