

Diseño de un sistema de detección de fatiga laboral mediante monitoreo de frecuencia cardiaca con inteligencia artificial.**Design of a work fatigue detection system through heart rate monitoring with artificial intelligence.***Falcones Alcívar Alexander Jesús, Alvarado Pisco Jefferson David & Núñez Naranjo Luis Paul***PUNTO CIENCIA****Julio - diciembre, V°6 - N°2; 2025****Recibido: 10-07-2025****Aceptado: 29-07-2025****Publicado: 30-12-2025****PAIS**

- Ecuador

INSTITUCION

- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
-

CORREO:

- ✉ alexanderfalconesalcivar@tsachila.edu.ec
- ✉ jeffersonalvaradopisco@tsachila.edu.ec
- ✉ luisnunez@tsachila.edu.ec

ORCID:

- https://orcid.org/0009-0004-6946-0651
- https://orcid.org/0009-0006-3275-5434
- https://orcid.org/0000-0002-6768-0341

FORMATO DE CITA APA.

Falcones, A. Alvarado, J. Núñez, L. (2025). *Diseño de un sistema de detección de fatiga laboral mediante monitoreo de frecuencia cardiaca con inteligencia artificial*. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°2), p. 475 - 496.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema inteligente capaz de detectar la fatiga laboral en los trabajadores mediante el monitoreo continuo de su frecuencia cardíaca. Utilizando sensores de frecuencia cardíaca y algoritmos de inteligencia artificial, el sistema podrá identificar patrones que indiquen niveles elevados de fatiga y alertar a los usuarios o supervisores en tiempo real. El diseño del sistema contempla la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y el aprendizaje automático para mejorar la precisión en la detección de síntomas de agotamiento. Además, se prevé la implementación de una interfaz intuitiva que permita visualizar los datos de manera clara y ofrecer recomendaciones para mitigar los efectos de la fatiga. Entre los principales beneficios de esta solución se encuentran la prevención de accidentes laborales, el aumento de la productividad y la mejora del bienestar de los empleados. El uso de inteligencia artificial en este contexto permitirá una detección más rápida y efectiva, contribuyendo a la creación de entornos laborales más seguros y saludables. Este sistema podrá adaptarse a diferentes sectores industriales y configurarse según las necesidades específicas de cada entorno de trabajo, garantizando una aplicación versátil y eficiente.

Palabras clave: Fatiga laboral, Monitoreo fisiológico, Frecuencia cardíaca, Sensores biométricos, Prevención de riesgos laborales.

Abstract

The present project aims to design an intelligent system capable of detecting work fatigue in workers by continuously monitoring their heart rate. Using heart rate sensors and artificial intelligence algorithms, the system will be able to identify patterns indicating elevated levels of fatigue and alert users or supervisors in real-time. The system design includes the integration of technologies such as the Internet of Things (IoT) and machine learning to improve the accuracy in detecting symptoms of burnout. Additionally, an intuitive interface is expected to be implemented to clearly visualize the data and provide recommendations to mitigate the effects of fatigue. Among the main benefits of this solution are the prevention of workplace accidents, the increase in productivity, and the improvement of employee well-being. The use of artificial intelligence in this context will allow for faster and more effective detection, contributing to the creation of safer and healthier work environments. This system will be able to adapt to different industrial sectors and be configured according to the specific needs of each work environment, ensuring a versatile and efficient application.

Keywords: Work fatigue, physiological monitoring, heart rate, artificial intelligence, Internet of Things (IoT), machine learning, biometric sensors, occupational risk prevention.

Introducción

En el mundo entero, la fatiga laboral es un riesgo importante para la salud y seguridad de los trabajadores, el cual puede influir en accidentes laborales, especialmente en sectores de producción continua como en la empresa DANES PAN. Es una de las principales causas indirectas de accidentes, enfermedades laborales y baja productividad. Organismos como la OIT (2020) reconocen la fatiga como un riesgo psicosocial e impulsan políticas que prioricen el bienestar físico y mental en el trabajo.

En este contexto, el monitoreo de la frecuencia cardíaca surge como una herramienta clave para detectar la fatiga de forma anticipada. El uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (Alert AI) permite analizar estos datos en tiempo real y generar alertas preventivas. En América Latina, y específicamente en Ecuador, la fatiga está relacionada con largas jornadas, poca rotación de turnos, precariedad laboral y escasa cultura tecnológica preventiva (Morales Anguisaca, Carlos Marcelo; Reinoso Avecillas, María Belén; Narváez Zurita, Carla Ivonne, 2024).

Aunque el marco legal ecuatoriano obliga a controlar estos riesgos, la aplicación de tecnologías objetivas y automatizadas sigue siendo limitada. Esto subraya la necesidad de adoptar soluciones innovadoras para mejorar la gestión de la salud ocupacional.

La fatiga laboral es un factor crítico que afecta no solo la salud de los trabajadores, sino también la productividad y seguridad en los ambientes laborales. El monitoreo continuo de la frecuencia cardíaca se ha identificado como una herramienta clave para detectar signos tempranos de fatiga.

Sin embargo, el análisis de estos datos en tiempo real representa un desafío, lo que abre la puerta a la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial IA. Este proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema que utilice algoritmos de IA para procesar y analizar los datos de frecuencia cardíaca, permitiendo la identificación temprana de la fatiga laboral a través de este enfoque, en el cual se busca mejorar el bienestar de los empleados y reducir los riesgos

asociados al agotamiento laboral. (Vielma et al., 2021). “Un estudio analiza la prevalencia de síntomas de fatiga en trabajadores de monitoreo en Guayaquil”, los autores recalcan que utilizaron el método CIS-20 para evaluar el nivel de fatiga, en el cual los resultados que obtuvieron fueron que no existe afectación de fatiga grave en los trabajadores.

“Sistema detector de fatiga electrocardiográfico para prevenir el estado de somnolencia en conductores de vehículos” Este proyecto utilizó sensores que captaban variaciones en la frecuencia cardíaca, lo que permitió generar alertas oportunas para prevenir accidentes laborales, (Farinango, 2022). Esta metodología podría aplicarse fácilmente a entornos industriales como el de panificación, donde la fatiga puede disminuir la productividad o aumentar los riesgos.

En la Universidad de Guayaquil, “evaluó el uso de algoritmos de inteligencia artificial para interpretar señales del electrocardiograma”. El objetivo fue mejorar la capacidad predictiva ante síntomas de sobrecarga fisiológica. (Noboa-Terán et al., 2023). Los resultados obtenidos en esta investigación dejan la facilidad de alcanzar niveles capaces de alertar a los empleadores cuando los trabajadores alcanzan niveles críticos de esfuerzo.

(Jurado et al., 2024), y sus colaboradores desarrollaron “un dispositivo IOT orientado al monitoreo médico continuo”, el cual permite registrar parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal. Su enfoque integra sensores de alta precisión con una plataforma en línea para el seguimiento remoto de los pacientes, lo que representa un avance significativo en el cuidado médico preventivo mediante tecnologías emergentes.

El trabajo realizado en la Universidad Técnica del Norte analizó cómo “la fatiga laboral influye en la aparición de lesiones osteomusculares en guardias de seguridad”. Este estudio concluyó que los descansos estratégicos y la vigilancia de signos de agotamiento son medidas efectivas para preservar la salud del personal (Castillo Cárdenas, 2024).

La Universidad Técnica de Ambato, (Guerra, 2023), desarrolló un “sistema de reconocimiento de somnolencia utilizando inteligencia artificial”. Aunque este proyecto se enfocó en el transporte, sus principios también se pueden aplicar en ambientes industriales como panaderías, donde largas jornadas y condiciones de trabajo intensas afectan la atención y el rendimiento del personal.

(Chasiguano, 2023). “Diseñó un prototipo de alerta anti-sueño” en la PUCE-Ibarra, que utiliza visión artificial para detectar señales faciales de fatiga. Aunque el autor se enfocó solo en conductores, su enfoque modular y preventivo podría adaptarse a trabajadores que operan maquinaria o están expuestos a riesgos físicos, como ocurre en la producción de pan.

(Cortez Morán, 2024), y sus colaboradores de la Universidad Politécnica Salesiana, “estudió cómo el estrés afecta la presión arterial y la frecuencia cardíaca”. Su proyecto incluye un dispositivo que monitorea estos parámetros en tiempo real, ofreciendo datos concretos para evaluar la carga física del trabajo y proponer intervenciones preventivas.

En este estudio publicado en la revista Dominio de las Ciencias, realizado por (Vallejo et al., 2022) estudiaron un “sistema de reconocimiento de indicadores de somnolencia mediante inteligencia artificial”, los autores plantearon el uso de inteligencia artificial para observar el comportamiento de los trabajadores y prevenir accidentes. Este tipo de enfoque va más allá del monitoreo fisiológico e integra análisis de conducta.

(Godoy et al., 2024). “Implementación metodológica de aprendizaje basado en simulación aplicado al factor de riesgo físico para ruido”, los autores destacaron que la investigación evalúa cómo los simuladores de IA en seguridad industrial contribuyen a la prevención de accidentes laborales, destacando su efectividad en la formación práctica de los estudiantes.

La investigación sobre la fatiga laboral en entornos industriales es muy importante porque impacta el bienestar físico y mental de los trabajadores, así como la seguridad y productividad de las empresas. En la panificadora DANES PAN, el trabajo físico continuo puede causar fatiga que no siempre se detecta a tiempo. El interés en este estudio radica en usar tecnologías como

la inteligencia artificial y el monitoreo biométrico para identificar la fatiga de manera precisa y en tiempo real, mejorando el entorno laboral.

Teóricamente, este estudio añade al conocimiento sobre la relación entre la frecuencia cardíaca y la fatiga en el ámbito industrial, explorando cómo la inteligencia artificial puede analizar datos biométricos y usar modelos predictivos para la salud laboral. Prácticamente, un sistema de monitoreo de fatiga beneficiaría tanto la seguridad de los trabajadores como la optimización de procesos en la panificadora, permitiendo decisiones más rápidas sobre la gestión del trabajo y la salud.

La novedad del estudio es la aplicación de inteligencia artificial para detectar fatiga a partir de señales biométricas. Aunque hay estudios previos en otros contextos, la integración con un sistema de IA en un entorno de panificación es innovadora. Además, personalizar el sistema según las condiciones laborales de DANES PAN aporta un valor único.

Los principales beneficiarios serán los trabajadores de DANES PAN, al mejorar sus condiciones laborales y reducir el riesgo de lesiones. También se beneficiarán los directivos, al optimizar la productividad y reducir el ausentismo. Este sistema podría ser adoptado por otras empresas del sector, creando un impacto positivo en la industria.

El impacto de la investigación será a nivel micro en la salud de los empleados y a nivel macro en la industria panificadora, ya que la detección temprana de fatiga puede reducir accidentes y mejorar la eficiencia. Además, podría fomentar la adopción de tecnologías avanzadas en la gestión del bienestar en otros sectores.

La investigación es factible porque hay tecnología y herramientas disponibles para el monitoreo de la frecuencia cardíaca. Además, DANES PAN está dispuesta a colaborar, facilitando el acceso a su planta y trabajadores. La existencia de estudios previos y el acceso a recursos hacen que el proyecto sea viable dentro del tiempo y presupuesto propuestos.

Métodos y Materiales

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, aplicado y de tipo experimental, orientado a la detección de fatiga en trabajadores de la empresa DANES PAN. Se utilizó una muestra voluntaria de trabajadores, sobre los cuales se aplicaron mediciones fisiológicas mediante sensores de frecuencia cardíaca tipo MAX30100 y Pulse Sensor, integrados a una placa Arduino UNO R3. Estos dispositivos se conectaron vía puerto USB a un equipo de cómputo, donde se ejecutó una aplicación desarrollada en Visual Studio Code, utilizando Python 3.13. Durante tres jornadas laborales, se recopilaron datos en tres momentos del turno: al inicio, en la mitad y al final de la jornada, con el objetivo de analizar la evolución de la frecuencia cardíaca y establecer un Índice de Fatiga (IF).

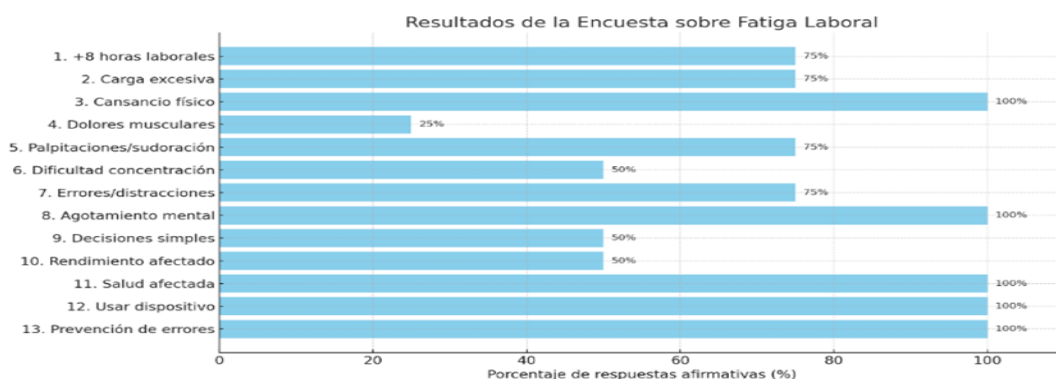
En cuanto al componente tecnológico, se utilizó un sistema híbrido de hardware y software. El hardware consistió en sensores acoplados a la placa Arduino, que captaron los datos de latidos por minuto (bpm) y los enviaron al computador a través del puerto serial. El software, por su parte, integró diversas bibliotecas de Python: pyserial para la lectura de datos, pandas para su manipulación, matplotlib para la visualización gráfica y scikit-learn para el desarrollo de modelos de inteligencia artificial. Paralelamente, se implementó un módulo de análisis de video en tiempo real, que utilizó la cámara web del equipo para extraer señales del canal rojo (Cr) de imágenes faciales. Mediante técnicas de análisis digital de señales, como el suavizado por media móvil y la detección de picos con `scipy.signal`, se estimó la frecuencia cardíaca sin necesidad de sensores físicos.

Finalmente, se calculó un Índice de Fatiga en tiempo real mediante fórmulas basadas en la relación entre frecuencia cardíaca actual, basal y máxima. Un valor superior al 70% o un índice relativo mayor a 0.4 fue interpretado como indicativo de fatiga. Los resultados obtenidos fueron visualizados gráficamente y exportados en tiempo real a archivos Excel para su registro. Además, se entrenó un modelo de clasificación binaria usando máquinas de soporte vectorial (SVM) con validación cruzada ($K=5$) para diferenciar entre estados de fatiga presentes o ausentes. Esta

metodología permitió validar la funcionalidad del sistema como herramienta de prevención en entornos laborales reales, promoviendo la salud ocupacional a través del monitoreo fisiológico continuo.

Análisis de Resultados

Resusltados generales de la encuesta aplicada a los trabajadores en la empresa Danes Pan

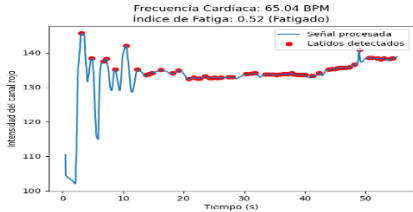
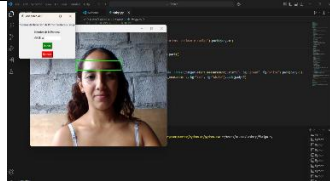
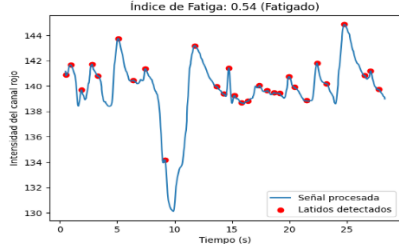
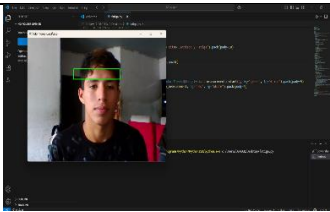
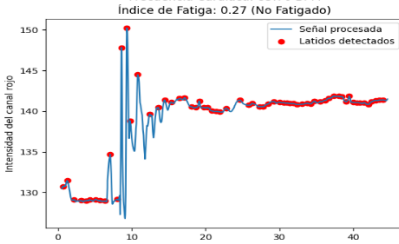


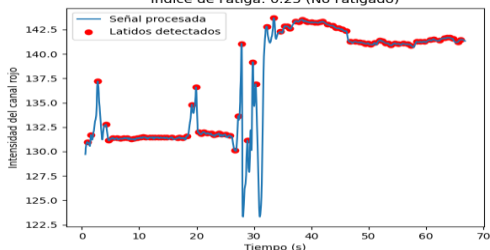
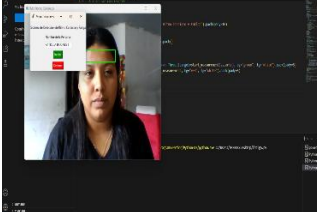
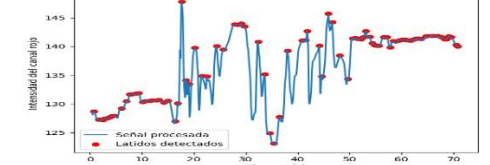
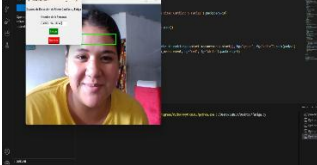
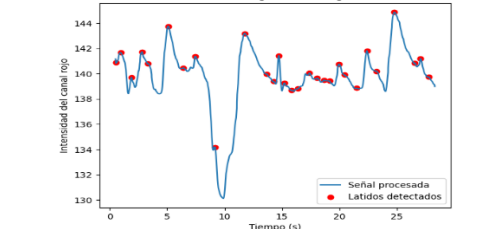
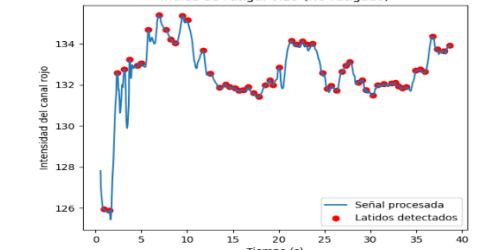
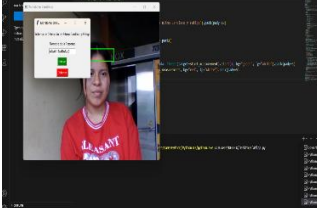
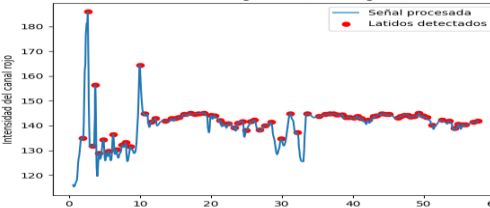
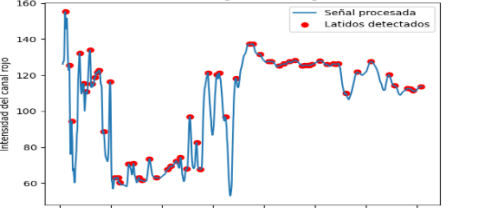
TEST APLICADO

Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Gisela Granizo 1	60	65,04105087	0,517122076	Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Armando Alcivar	29	61,09606665	0,543952839	Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Josue Macias	64	85,75948021	0,273398553	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Patricia Briones 1	99	88,76062273	0,247572683	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Carolina Lucas	87	73,22915278	0,492833098	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga

Rosario Falcones	86	74,13912986	0,347068846	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Anahi Naranjo	59	91,27475322	0,248588319	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Jefferson Arias	78	81,0024011	0,277240562	No Fatigado
Nombre	Latidos Detectados	Frecuencia Cardíaca (Bpm)	Índice De Fatiga	Estado De Fatiga
Yandri Capa	63	53,18024656	0,669958306	Fatigado

TOMA 1

NOMBRE	GRAFICA DE RESUSLTADOS FRECUENCIA CARDIACA- INDICE DE FATIGA INDIVIDUAL TOMA 1	EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS
GISELA GRANIZO	Frecuencia Cardíaca: 65.04 BPM Índice de Fatiga: 0.52 (Fatigado) 	
ARMANDO ALCIVAR	Frecuencia Cardíaca: 61.10 BPM Índice de Fatiga: 0.54 (Fatigado) 	
JOSUE MACIAS	Frecuencia Cardíaca: 85.76 BPM Índice de Fatiga: 0.27 (No Fatigado) 	Por cuestiones de seguridad se mantiene el anonimato del trabajador

PATRICIA BRIONES	Frecuencia Cardíaca: 88.76 BPM Índice de Fatiga: 0.25 (No Fatigado) 	
CAROLINA LUCAS	Frecuencia Cardíaca: 73.23 BPM Índice de Fatiga: 0.49 (No Fatigado) 	
ROSARIO FALCONES	Frecuencia Cardíaca: 61.10 BPM Índice de Fatiga: 0.54 (Fatigado) 	
ANAHI NARANJO	Frecuencia Cardíaca: 91.27 BPM Índice de Fatiga: 0.25 (No Fatigado) 	
JEFFERSON ALVARADO	Frecuencia Cardíaca: 81.00 BPM Índice de Fatiga: 0.28 (No Fatigado) 	
YANDRI CAPA	Frecuencia Cardíaca: 53.18 BPM Índice de Fatiga: 0.67 (Fatigado) 	



PLAN DE MEJORAS PARA LA MITIGACION DE FATIGA LABORAL EN DANES PAN

Elaborado por:
Revisado por:
Aprobado por:
Pag: 1/3

Objetivo General: Diseñar e implementar estrategias de mejora orientadas a reducir la fatiga física y mental identificada en los trabajadores mediante la aplicación de recomendaciones derivadas de un sistema inteligente de monitoreo fisiológico (frecuencia cardíaca) y el análisis de datos subjetivos recogidos en la encuesta.

Acciones preventivas:

- Rotación planificada de tareas.
- Pausas activas.
- Tiempos de descanso prologado.
- Mejora del entorno laboral físico.
- Sistema de alertas automáticas.

Acciones Correctivas:

Normativa aplicable

Recomendaciones de pausas activas

Decisión 584 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

- 1. Justificación:** El 100% de los trabajadores reporta cansancio físico y agotamiento mental.

CAPÍTULO IV:

De Los Derechos Y Obligaciones De Los Trabajadores

Medida propuesta:

- Implementar pausas activas estructuradas cada 90 a 120 minutos, con duración de 5 a 10 minutos.
- Establecer alertas automáticas desde el sistema de detección cuando el ritmo cardíaco indique niveles sostenidos de fatiga.
- Actividades sugeridas: estiramientos, ejercicios de respiración, caminatas breves.

Artículo 18.- Todos los trabajadores tienen derecho a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar. Los derechos de consulta, participación, formación, vigilancia y control de la salud en materia de prevención, forman parte del derecho de los trabajadores a una adecuada protección en materia de seguridad y salud en el trabajo.

- 2. Responsables:** Área de salud ocupacional, supervisores directos.

Programa Integral de Hidratación laboral**Justificación:**

- El monitoreo fisiológico ha demostrado picos de frecuencia cardíaca asociados a tareas físicas en ambientes calurosos.
- La falta de hidratación favorece la fatiga muscular, los dolores de cabeza, la pérdida de concentración y el aumento del estrés térmico.

Medida propuesta:

- a) Ubicadas estratégicamente en zonas críticas: amasado, hornos, empaque.
- b) Agua fresca disponible todo el día.
- c) Materiales: termos grandes, botellas personales, vasos, señalética.

Rediseño de la distribución de la carga laboral.**Justificación:**

El 75% percibe su carga laboral como excesiva y trabaja más de 8 horas al día.

Medida propuesta:

- Aplicar una revisión funcional de tareas para redistribuir equitativamente la carga operativa entre los miembros del equipo.
- Incorporar rotación de tareas y asignación de actividades de menor exigencia física o cognitiva en momentos críticos del día (post-almuerzo o últimos turnos).

Anexo 3 Norma Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo

Art. 39. De la provisión de agua potable. - En los lugares y/o centros de trabajo, el empleador deberá adoptar las siguientes medidas:

1. Se deberá contar con agua potable destinada al consumo humano, higiene y aseo de los trabajadores. Las instalaciones, artefactos, canalizaciones y dispositivos complementarios de los servicios de agua potable deberán cumplir con la norma vigente en la materia.
2. Las redes de distribución de agua provenientes de fuentes distintas de la red pública de agua potable deberán ser completamente independientes de esta, sin interconexiones de ningún tipo. Según la necesidad del lugar y/o centro de trabajo, deberá existir una red de agua para los sistemas de emergencia, conforme a las normas técnicas de ingeniería de bomberos o la legislación de prevención y lucha contra incendios.
3. Independientemente del sistema de abastecimiento utilizado, el agua potable en los lugares y/o centros de trabajo deberá cumplir con los requisitos establecidos en

- Usar datos de fatiga registrados por el sistema para ajustar la planificación diaria/semana.

1. Responsables: jefes de área, planificación operativa.

la normativa vigente. Se deberá realizar un análisis periódico de las propiedades del agua suministrada a los trabajadores.

Art. 8. Calor. - Para prevenir los riesgos físicos asociados a la exposición ocupacional a condiciones de calor, se deberán implementar las siguientes medidas:

1. Aplicación de jerarquía de controles. - Los riesgos derivados de la exposición ocupacional a calor deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances tecnológicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo aplicando la jerarquía de controles:

a) Eliminación física del peligro.

b) Sustitución del peligro.

c) Controles de ingeniería:

- Aumentar la circulación de aire en el lugar de trabajo para facilitar la evaporación y convección cuando la temperatura del aire sea inferior a 35 °C.
 - El enfriamiento del aire en espacios interiores deberá realizarse mediante sistemas de compresores o de enfriamiento por
-

evaporación, según las características y necesidades del ambiente de trabajo.

2. Entre otras medidas de orden técnico.



PLAN DE MEJORAS PARA LA MITIGACION DE FATIGA LABORAL EN DANES PAN

Elaborado por:
Revisado por:
Aprobado por:

Pag: 2/3

Objetivo General:

Diseñar e implementar estrategias de mejora orientadas a reducir la fatiga física y mental identificada en los trabajadores mediante la aplicación de recomendaciones derivadas de un sistema inteligente de monitoreo fisiológico (frecuencia cardíaca) y el análisis de datos subjetivos recogidos en la encuesta.

Acciones preventivas:

- Rotación planificada de tareas.
- Pausas activas.
- Tiempos de descanso prologado.
- Mejora del entorno laboral físico.
- Sistema de alertas automáticas.

Acciones Correctivas:

Normativa aplicable

Monitoreo Inteligente de la Fatiga con IA.

2. Justificación:

El 100% de los encuestados está dispuesto a usar dispositivos de monitoreo.

Medida propuesta:

- Instalar dispositivos wearables para medir frecuencia cardíaca en tiempo real.

Art. 25. Riesgos ergonómicos ambientales-confort térmico. - Para prevenir riesgos ergonómicos ambientales relacionados con el confort térmico, se deberán adoptar las siguientes medidas:

1. Se deberá considerar las condiciones de trabajo que determinen riesgos por exposición al control térmico dañino considerando el ambiente

- Integrar estos datos en una plataforma IA que detecte patrones de fatiga (elevación sostenida de FC, falta de recuperación en pausas, etc.).
- Emitir recomendaciones personalizadas automáticas (alertas, sugerencias de pausa, cambios de tarea).

3. Responsables:

Departamento de salud ocupacional.

termo higrométrico y sus efectos en los trabajadores.

2. Las condiciones de confort desfavorables expresados por la población trabajadora, deberán ser evaluadas con la aplicación de metodologías específicas determinada para este factor de riesgo.

Programa de bienestar y concientización

- 1. Justificación:** El 100% cree que la fatiga afecta su salud y que el sistema puede prevenir errores.

Medida propuesta:

- Capacitación mensual sobre higiene del sueño, nutrición, ergonomía y gestión del estrés.
- Campañas de concienciación sobre los efectos de la fatiga y el uso correcto del sistema de monitoreo.
- Incluir módulos de evaluación psicológica breve trimestral.

2. Responsables:

Área de Recursos Humanos, psicología organizacional.

Art. 28. De los riesgos psicosociales.

- Para prevenir y/o mitigar los riesgos psicosociales, el empleador deberá adoptar las siguientes medidas:

1. Los responsables de seguridad y salud en el trabajo, en colaboración con el profesional de psicología (si la organización dispone de este profesional definido por la autoridad competente), serán los encargados de elaborar el formato base de la matriz de identificación de aspectos psicosociales laborales. Para la elaboración de esta matriz, se utilizará la investigación cualitativa, que permitirá estructurar de manera general, los siguientes elementos:

- Factores psicosociales intra y extralaborales.
- Factores psicosociales de riesgo o distrés.
- Riesgo psicosocial que pueda estar afectando al trabajador.

2. Para la identificación y medición de factores psicosociales de riesgo en el lugar y/o centro de trabajo se emplearán métodos cuantitativos como estadísticas, cuestionarios; los cuales deben contar con validez y fiabilidad

nacional o internacional reconocida; y/o cualitativos como: observación, entrevistas y grupos de discusión, entre otros. La selección de qué métodos aplicar, estará sujeta a los factores psicosociales de riesgo a ser evaluados en función de la complejidad, tamaño, contexto u otros aspectos psicosociales de los lugares y/o centros de trabajo.

Objetivo General:

Diseñar e implementar estrategias de mejora orientadas a reducir la fatiga física y mental identificada en los trabajadores mediante la aplicación de recomendaciones derivadas de un sistema inteligente de monitoreo fisiológico (frecuencia cardíaca) y el análisis de datos subjetivos recogidos en la encuesta.

Acciones preventivas:

- Rotación planificada de tareas.
- Pausas activas.
- Tiempos de descanso prologado.
- Mejora del entorno laboral físico.
- Sistema de alertas automáticas.

Acciones preventivas:

Evaluación continua del sistema y retroalimentación

1. **Justificación:** Validar efectividad de las estrategias implementadas.

Medida propuesta:

- Encuestas bimensuales de satisfacción y percepción del estado de fatiga.
- Análisis de datos recolectados por el sistema (tendencias de frecuencia cardíaca, cumplimiento de pausas, incidencias).
- Revisión y ajuste del plan de mejoras cada 6 meses.

2. **Responsables:** Encargado del área de salud ocupacional en conjunto a talento humano.

3. Se garantizará el sigilo y la confidencialidad de la información recopilada, la cual será de manejo exclusivo de los responsables de seguridad y salud en el trabajo.

4. Los riesgos psicosociales se deberán controlar a través de una intervención psicosocial, que incluya definición, planificación, implementación y seguimiento de medidas preventivas y/o mitigaciones concretas, además de los responsables y recursos necesarios para la intervención.

5. Los planes de acción serán elaborados y socializados por los responsables de seguridad y salud en el trabajo, en colaboración con los organismos paritarios de seguridad y salud. Además, se podrá formar un equipo
-

multidisciplinario que incluya a profesionales de la psicología y de trabajo social, en aquellas organizaciones que se cuente con estos profesionales.

6. Para el seguimiento y evaluación a la intervención psicosocial se considerará:

- La ejecución de las medidas preventivas establecidas en la fase de intervención.
 - La eficiencia y eficacia de las medidas preventivas implementadas a través de indicadores cuantitativos y cualitativos.
 - El seguimiento estará a cargo de los responsables de seguridad y salud en el trabajo, con el acompañamiento de los organismos paritarios; debiendo reportarlo periódicamente al empleador.
-

Pausas Activas:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Estiramientos de cuello, hombros y espalda (2-3 minutos).• Movilidad articular suave de muñecas, tobillos y rodillas.• Respiraciones profundas y controladas.• Caminata ligera dentro del área de trabajo (3-5 minutos). | Implementar programas de calistenia (Este tipo de ejercicio se enfoca en la activación de múltiples grupos musculares de manera simultánea, mejorando el control motor, la movilidad y la estabilidad corporal, los ejercicios que se pueden realizar son sentadillas, elevación de talones, planchas, extensión de muñecas-antebrazos, rotación de hombros-cuello, etc.) cada 2 horas durante las jornadas de prácticas. |
|---|---|

Conclusiones

La encuesta aplicada a los trabajadores de la empresa DANES PAN permitió identificar parámetros fisiológicos relevantes para la detección de la fatiga laboral, con especial énfasis en la frecuencia cardíaca. Los resultados revelaron que el 100 % de los encuestados experimenta cansancio físico y agotamiento mental al finalizar su jornada, mientras que el 75 % reportó síntomas como palpitaciones y sudoración excesiva durante actividades intensas, lo que indica alteraciones en la frecuencia cardíaca asociadas al esfuerzo físico. Además, un 50 % manifestó dificultades de concentración, y un 75 % consideró que la carga laboral es excesiva, trabajando más de ocho horas diarias. Estos indicadores subjetivos, vinculados a respuestas fisiológicas, confirman la utilidad de la frecuencia cardíaca como un parámetro objetivo para evaluar la fatiga en tiempo real.

Los resultados de las pruebas piloto demostraron que el sistema no solo cumple con su función técnica, sino que es capaz de identificar con sensibilidad y precisión los estados de fatiga en condiciones reales. En la primera toma realizada a las 08:00 a.m., tres trabajadores fueron detectados con niveles elevados de fatiga, Gisela Granizo con un índice de 0,517, Armando Alcívar con 0,543 y Yandri Capa con 0,669. Estos valores, por encima del umbral de alerta de 0,4, revelan la presencia de fatiga acumulada incluso al iniciar la jornada. Más allá de los datos, estos resultados reflejan una realidad humana personas que, aún desde temprano, ya enfrentan

agotamiento físico o mental posiblemente derivado de jornadas anteriores o condiciones laborales exigentes.

En base a los datos obtenidos, se planteó un plan de mejoras enfocado en pausas activas, redistribución de cargas, educación preventiva y monitoreo constante, alineado con las normativas nacionales y la Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo. Estas estrategias permitirán reducir la fatiga acumulada y mejorar el bienestar integral del trabajador, al tiempo que optimizan la productividad y disminuyen los riesgos de accidentes por agotamiento.

Referencias bibliográficas

- (OIT), O. I. (2023). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de Organización Internacional del Trabajo: <https://www.ilo.org/es/temas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/riesgos-fisicos>
- (UNIR), U. I. (2022). *Riesgos psicosociales en el trabajo: Tipos y estrategias de prevención*. Obtenido de Universidad Internacional de La Rioja (UNIR): <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/riesgos-psicosociales-trabajo/>
- Blog, A. (Noviembre de 2024). *Tipos de Inteligencia Artificial: Desde Máquinas Reactivas hasta Autoconciencia*. Obtenido de Tipos de Inteligencia Artificial: Desde Máquinas Reactivas hasta Autoconciencia: <https://iartificial.blog/aprendizaje/tipos-de-inteligencia-artificial/>
- Castillo Cárdenas, W. E. (2 de junio de 2024). *Fatiga laboral y lesiones osteomusculares en el personal de seguridad*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16143>.
- Chasiguano, E. A. (abril de 2023). *Prototipo modular con alarma para la detección de la fatiga y anti-sueño*. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/39743>.
- Cortez Morán, V. A. (marzo de 2024). *Estudio del impacto del estrés sobre la presión arterial mediante el monitoreo de la frecuencia cardíaca*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28359>.
- Darryl Royal, PhD. (Octubre de 2022). *Fatigue Risk Management Systems*. Obtenido de The Synergist – American Industrial Hygiene Association (AIHA): <https://synergist.aiha.org/202210-fatigue-risk-management-systems>
- Farinango, X. E. (9 de marzo de 2022). *Sistema detector de fatiga electrocardiográfico para prevenir el estado de somnolencia en conductores de vehículos*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/jspui/handle/123456789/12147>.
-

- Gonzalez, F. (2 de Junio de 2023). *DataScope*. Obtenido de <https://datascope.io/es/blog/inteligencia-artificial-en-seguridad-laboral/>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. Obtenido de <https://www.deeplearningbook.org/>
- Guerra, M. D. (2023). *Sistema de reconocimiento de indicadores de somnolencia mediante inteligencia artificial [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio UTA. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/3779bb0a-7000-4597-abf2-837405ccc39d>.
- Hospitals, M. (01 de Agosto de 2024). *Medicover Hospitals*. Obtenido de <https://www.medicoverhospitals.in/es/articles/types-of-fatigue-causes>
- Jane de Lourdes Toro Toro, Raúl Comas Rodruíguez, Fernando Castro Sánchez. (17 de 12 de 2020). *Universidad y Sociedad*. Obtenido de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1887#:~:text=Entre%20las%20principales%20normas%20podemos,en%20la%20Construcci%C3%B3n%2C%20entre%20otros>.
- Madeline Sprajcer, Imelda Wong y Drew Dawson. (OCTUBRE de 2022). *El Sinergista*. Obtenido de [ynergist.aiha.org/202210-fatigue-risk-management-systems#:~:text=Fatigue%20Risk%20Management%20Systems%20A%20fatigue%20risk%20management%20system%20\(FRMS,in%20the%20last%20two%20decades](https://sinergist.aiha.org/202210-fatigue-risk-management-systems#:~:text=Fatigue%20Risk%20Management%20Systems%20A%20fatigue%20risk%20management%20system%20(FRMS,in%20the%20last%20two%20decades).
- Morales Anguisaca, Carlos Marcelo; Reinoso Avecillas, María Belén; Narváez Zurita, Carla Ivonne. (2024). *Factores asociados a la fatiga laboral y su influencia en los trastornos del sueño*. Obtenido de *Universidad y Sociedad*: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4064>
- Russell, Stuart J.; Norvig, Peter. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson (Fourth Edition).
-

Tim Mucci; Cole Stryker. (18 de Diciembre de 2023). *IBM (sitio oficial de IBM Think)*. Obtenido de

What is artificial superintelligence?: <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-superintelligence>

Trabajo, A. E. (2025). *Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de

<https://osha.europa.eu/es/themes/psychosocial-risks-and-mental-health>

Trabajo, O. I. (22 de Abril de 2024). *Organizacion Internacional del Trabajo (OIT)*. Obtenido de

<https://www.ilo.org/es/temas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/riesgos-fisicos>

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 433-460. Obtenido de

Computing machinery and intelligence.: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

UNIR. (21 de ABRIL de 2022). *UNIR*. Obtenido de [https://ecuador.unir.net/actualidad-](https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/riesgos-psicosociales-trabajo/)

[unir/riesgos-psicosociales-trabajo/](https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/riesgos-psicosociales-trabajo/)

Valencia, U. I. (5 de Marzo de 2024). *Inteligencia artificial ventajas y desventajas*. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/inteligencia-artificial-ventajas-y-desventajas>
