

Evaluación de estrés laboral mediante técnicas de reconocimiento emocional y ritmo cardíaco

Alejandro M. Vega, Martín Bilbao and Marcelo A. Falappa

SADIO Electronic Journal of Informatics and Operations Research (EJS) Vol. 24 No. 1 (2025) e-ISSN 1514-6774

<https://doi.org/10.24215/15146774e073> | <https://revistas.unlp.edu.ar/ejs>

Sociedad Argentina de Informática e Investigación Operativa | Universidad Nacional de La Plata | Buenos Aires | Argentina

Workplace stress assessment using emotional recognition and heart rate techniques

Alejandro M. Vega¹, Martín Bilbao¹, and Marcelo A. Falappa^{1,2}

¹ Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)

Comodoro Rivadavia - Chubut

[alevega1105,martinbilbao]@ing.unp.edu.ar

² Departamento de Ciencias e Ingeniería en Computación (DCIC)

Universidad Nacional del Sur (UNS)

Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (ICIC)

CONICET-UNS - Bahía Blanca - Buenos Aires

mfalappa@cs.uns.edu.ar

Abstract. This study aims to develop a mechanism to evaluate employee health through emotion recognition (ER) analysis and heart rate measurement, with the goal of establishing correlations with stress levels. It is the second phase of a previous study, where current results will be compared to those previously obtained. In both studies, biometric devices such as cameras were used to capture facial images analyzed with artificial intelligence, and sensors in mobile phones or smartwatches to record heart rate. Given the challenge of emotion detection, we propose using the DeepFace algorithm for facial emotion recognition, which has demonstrated a 94% accuracy. Additionally, employees will complete a self-administered questionnaire about their emotional and mental state (neutral, tired, energized), allowing for a comparison between detected emotions and subjective reports. This will provide a better understanding of the accuracy of emotion recognition and contribute to improving health status evaluation.

Keywords: Artificial Intelligence, DeepFace, Emotion Recognition, Health.

Received September 2024; Accepted December 2024; Published March 2025

Evaluación de estrés laboral mediante técnicas de reconocimiento emocional y ritmo cardíaco

Alejandro M. Vega¹, Martín Bilbao¹, and Marcelo A. Falappa^{1,2}

¹ Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial
Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)
Comodoro Rivadavia - Chubut

[alevega1105,martinbilbao]@ing.unp.edu.ar

² Departamento de Ciencias e Ingeniería en Computación (DCIC)
Universidad Nacional del Sur (UNS)

Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (ICIC)

CONICET-UNS - Bahía Blanca - Buenos Aires

mfalappa@cs.uns.edu.ar

Resumen. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un mecanismo para evaluar la salud de los empleados mediante el análisis de reconocimiento de emociones (RE) y la medición del ritmo cardíaco, con el fin de establecer correlaciones con los niveles de estrés. Se trata de la segunda fase de un estudio previo, en la que se compararán los resultados actuales con los obtenidos anteriormente. En ambos estudios se utilizaron dispositivos biométricos, como cámaras para capturar imágenes faciales analizadas con inteligencia artificial y sensores en teléfonos móviles o relojes inteligentes para registrar el ritmo cardíaco. Dado el desafío que representa la detección de emociones, proponemos utilizar el algoritmo DeepFace para el reconocimiento facial de emociones, el cual ha demostrado una precisión del 94%. Además, los empleados completarán un cuestionario autoadministrado sobre su estado emocional y anímico (neutral, cansado, con energía), lo que permitirá comparar las emociones detectadas con los informes subjetivos. Esto proporcionará una mayor comprensión sobre la precisión del reconocimiento emocional y contribuirá a mejorar la evaluación del estado de salud.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Deep Face, Reconocimiento de Emociones, Salud.

1 Introducción

Las emociones, como sentimientos intensos, influyen en diversas actividades cotidianas, incluyendo la toma de decisiones, la memoria, la concentración y la inspiración [2–5]. En un estudio de 1968, se observó que, en interacciones interpersonales, los indicadores verbales representan solo el 7% de la comunicación, mientras que los vocales constituyen el 38% y las expresiones faciales un 55%

[5]. Esto subraya la importancia de las expresiones faciales como un componente crucial para identificar emociones.

El bienestar emocional y los niveles de estrés en los empleados son factores críticos que impactan tanto su salud como su rendimiento laboral. En un entorno laboral cada vez más digitalizado y demandante, las organizaciones buscan herramientas eficaces para monitorear el estado emocional de su personal y prevenir el agotamiento o el estrés crónico. Detectar y evaluar el estrés a tiempo puede mejorar la productividad, reducir el ausentismo y fomentar un ambiente laboral más saludable. De hecho, el estrés crónico en el trabajo está vinculado con una disminución de la productividad, un aumento en el ausentismo y mayores tasas de agotamiento [6].

El reconocimiento de emociones (RE) tiene aplicaciones en una variedad de campos, desde la educación hasta la seguridad [7]. La inteligencia artificial (IA), en combinación con dispositivos biométricos, ha surgido como una solución prometedora para la detección automática de emociones. Algoritmos avanzados de reconocimiento facial y la medición de datos fisiológicos, como el ritmo cardíaco, permiten analizar el estado emocional de los empleados en tiempo real, brindando información valiosa sobre su bienestar. El algoritmo DeepFace ha demostrado una precisión del 94% en el reconocimiento facial en situaciones desafiantes [8].

El concepto de estrés ha sido estudiado ampliamente desde que Hans Selye lo definió en 1956 como "la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda externa" [9]. Hoy en día, las personas enfrentan múltiples demandas, desde la inestabilidad económica hasta los desafíos laborales. El estrés laboral ha sido objeto de numerosos estudios con el objetivo de crear un ambiente de trabajo más saludable y productivo [10].

El ritmo cardíaco y su variabilidad son indicadores bien establecidos de la respuesta emocional y el estrés [11], es por eso que este estudio tiene como objetivo investigar sobre el uso de inteligencia artificial y dispositivos biométricos para evaluar el estrés en los empleados. Durante las distintas fases de la investigación, buscamos correlacionar las emociones detectadas mediante el reconocimiento facial (utilizando el algoritmo DeepFace) con las mediciones del ritmo cardíaco y las autoevaluaciones emocionales de los empleados. Comparar estos resultados nos permitirá refinar las técnicas empleadas y mejorar la precisión en la evaluación del bienestar emocional.

El presente artículo es una extensión del artículo presentado [1], tomando como base el trabajo original y obteniendo resultados complementarios a partir del uso de nuevos dispositivos y del aumento de datos en fase experimental. El mismo está organizado como sigue: en la Sección 2 se encuentran las motivaciones de la actual investigación, en la Sección 3 presentamos el desarrollo de la propuesta, en la Sección 4 se presentan los resultados empíricos de los experimentos realizados, mientras que en la Sección 5 se muestran trabajos similares relacionados a la actual propuesta. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2 Motivación

La preocupación por la salud emocional en los entornos laborales ha impulsado la necesidad de implementar medidas preventivas efectivas para abordar el estrés laboral. Este reto se intensifica en contextos donde las demandas y expectativas varían constantemente, generando incertidumbre que puede afectar tanto el bienestar como el rendimiento de los empleados.

Es crucial proporcionar el apoyo y los recursos necesarios para gestionar el estrés, promoviendo un equilibrio saludable entre la vida laboral y personal. En este marco, proponemos avanzar en el desarrollo de un estudio enfocado en comparar los resultados obtenidos, lo que permitirá una evaluación más precisa de la correlación entre las emociones identificadas mediante inteligencia artificial (IA) y el estrés laboral.

Esta investigación utilizará una metodología integral, que abarcará la recopilación de datos sobre el estrés laboral, la medición del estado emocional y del ritmo cardíaco, junto con un análisis detallado de los resultados en ambas etapas del estudio. El objetivo es identificar y comprender las causas y manifestaciones del estrés laboral a lo largo del tiempo, para así desarrollar e implementar intervenciones efectivas que aborden este problema de manera proactiva, mejorando la calidad de vida y el rendimiento de todos los empleados en el entorno laboral.

3 Desarrollo de la Propuesta

El objetivo principal de esta propuesta es investigar un mecanismo preventivo para la detección del estrés laboral y evitar complicaciones en los empleados. Para ello, se busca desarrollar un método que sea lo menos estresante e invasivo posible, permitiendo que cada empleado proporcione la información necesaria de manera cómoda y sin generar presiones adicionales.

Para la recopilación de la información requerida, se emplearán tres componentes clave: el análisis de emociones, la medición del ritmo cardíaco y la respuesta a un breve formulario. A continuación, se detalla el plan de acción para cada uno de estos componentes.

3.1 Reconocimiento de Emociones

Durante la primera etapa del estudio, se recopiló información sobre el RE mediante la implementación de un mecanismo de captura de fotografías proporcionadas por los empleados al ingresar y salir de la institución. Esta metodología nos permitió analizar visualmente cómo el tiempo transcurrido en el entorno laboral afecta las expresiones faciales de los empleados. Al observar las variaciones en las expresiones a lo largo del día, se pudo identificar patrones que sugieren la relación entre el ambiente laboral y el estado emocional de los individuos.

El análisis de las imágenes capturadas facilitará la comprensión de cómo las condiciones laborales impactan el bienestar emocional y permitirá establecer una

base sólida para la comparación con los datos que se recopilarán en la segunda etapa del estudio.

Durante la primera etapa, se obtuvieron fotografías en momentos clave del día, específicamente al inicio y al final de la jornada laboral. Para el análisis de estas imágenes, se utilizó la tecnología DeepFace, desarrollada por Facebook, diseñada para proporcionar herramientas y modelos pre-entrenados que faciliten el desarrollo de aplicaciones de reconocimiento de emociones en imágenes. DeepFace utiliza una red neuronal profunda de nueve capas, compuesta por más de 120 millones de parámetros, y emplea capas localmente conectadas, en lugar de capas convolucionales estándar, lo que mejora la precisión en el reconocimiento facial. El modelo fue entrenado con un conjunto de datos de cuatro millones de imágenes faciales, correspondientes a más de 4.000 identidades, alcanzando una precisión del 97.35% en el conjunto de datos Labeled Faces in the Wild (LFW) [7].



Fig. 1. Fotografías tomadas para realizar el estudio de emociones mediante DeepFace en ambas etapas del estudio.

Se recopilaron datos emocionales como enojo, disgusto, miedo, felicidad, tristeza, sorpresa y neutralidad. Con el objetivo de obtener resultados lo más naturales posibles, se instruyó a los sujetos a tomarse fotografías sin forzar ninguna emoción en particular, permitiendo así capturar sus expresiones genuinas a lo largo del día.

En esta segunda etapa, se volvieron a recopilar fotografías proporcionadas por los empleados, pero con un enfoque diferente al de la primera etapa. Mientras que anteriormente se tomaban imágenes únicamente al inicio y al final de la jornada laboral, en esta ocasión se capturaron cuatro fotografías en momentos clave del día (Fig. 1). Esto permitió realizar un análisis más evolutivo y detallado sobre cómo varían las emociones de los empleados a lo largo de la jornada laboral,

6 Alejandro M. Vega, Martín Bilbao, and Marcelo A. Falappa

Tabla 1. Evolución de las emociones promedio de los sujetos de prueba a lo largo de varios días, obtenidos durante la primera etapa del estudio.

Día	Enojo	Disgusto	Miedo	Felicidad	Tristeza	Sorprea	Neutralidad
1	1.533	0.016	15.855	1.446	27.243	0.053	53.850
2	1.906	0.041	12.095	0.031	16.356	0.008	69.562
3	3.571	0.007	6.287	0.056	24.279	0.009	65.788
4	5.125	0.009	3.261	0.138	22.953	0.013	68.498
5	3.031	0.022	2.483	0.840	39.465	0.012	54.144
6	4.198	0.004	4.083	0.534	20.449	0.0129	70.716
7	2.336	0.096	12.999	0.029	18.735	0.010	65.793
8	0.120	1.33E-06	0.552	0.0007	1.626	0.0001	97.699
9	9.554	0.001	5.777	0.053	18.990	0.014	65.608
10	0.723	1.05E-05	0.182	0.0005	1.815	3.01E-05	97.277
11	0.123	7.59E-08	2.126	0.0006	7.347	7.95E-05	90.401
12	1.069	0.0007	29.177	0.025	5.818	0.048	63.859

Tabla 2. Evolución de las emociones promedio de los sujetos de prueba a lo largo de varios días. Obtenidos durante la segunda etapa de estudio.

Día	Enojo	Disgusto	Miedo	Felicidad	Tristeza	Sorprea	Neutralidad
1	13.71	0.092	9.24	2.04	29.91	0.153	44.85
2	8.36	0.004	12.40	0.62	29.41	0.119	49.08
3	10.27	0.040	5.01	0.48	39.22	0.014	44.97
4	5.03	0.003	12.22	10.07	40.03	0.007	32.63
5	7.39	0.059	9.50	3.05	34.80	0.077	45.13
6	2.73	0.012	16.65	8.33	30.08	0.588	41.61
7	9.41	0.008	9.43	0.16	40.73	0.903	39.37
8	8.01	0.016	15.53	12.94	23.65	0.185	39.66
9	8.76	0.048	15.13	0.41	28.21	0.032	47.41
10	13.50	0.021	9.26	0.63	23.42	0.024	53.14
11	8.35	0.005	17.27	4.64	29.18	0.243	40.32
12	6.99	0.006	6.61	0.01	21.75	0.012	64.61
13	19.42	0.005	6.78	2.27	24.56	0.015	46.95
14	2.93	0.002	6.13	0.02	42.40	0.002	48.52
15	2.33	0.00006	0.44	0.08	5.60	0.003	91.55
16	3.97	0.004	8.24	0.07	20.99	0.019	66.71
17	2.14	0.00004	0.41	0.00	7.23	0.00015	90.22
18	1.53	0.00048	14.41	0.01	24.99	0.002	59.05
19	19.07	0.00018	8.00	0.00	51.85	0.001	21.08

proporcionando una visión más completa de los cambios emocionales que se producen con el transcurso del tiempo en el entorno de trabajo.

3.2 Medición de Ritmo Cardíaco

En la primera etapa, se llevaron a cabo estas mediciones utilizando tres diferentes SmartWatch, basándonos en estudios que indican que estos dispositivos

presentan una precisión del 97.5% en comparación con un oxímetro profesional, que es un dispositivo médico que mide la concentración de oxígeno en sangre a través de LEDs de longitud de onda ajustable y fotorreceptores [12]. En la segunda etapa, al igual que en el análisis de las emociones, se procedió a medir el ritmo cardíaco cuatro veces al día en diferentes momentos clave del día laboral de los sujetos de prueba.

En la primera etapa, el censo se llevó a cabo durante 12 días, mientras que en la segunda etapa se prolongó por 19 días. A lo largo de ambas fases, observamos que la medición más alta durante la primera etapa fue de 79.3, mientras que la más baja fue de 61. En contraste, en la segunda etapa, el valor máximo alcanzó 82 y el mínimo fue de 65.5.

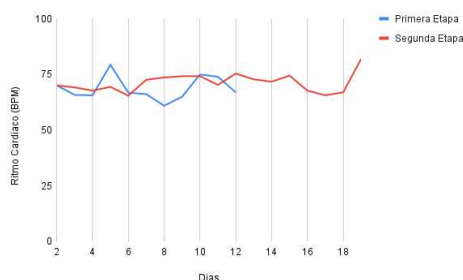


Fig. 2. Promedio del ritmo cardíaco por día en ambas etapas del estudio.

En el gráfico de líneas, se puede observar la fluctuación del promedio de las mediciones en ambas etapas. Es importante señalar que, al tratarse de mediciones realizadas en diferentes épocas del año, los resultados podrían verse afectados por la carga laboral específica de cada período. Dependiendo de esta carga, los empleados pueden experimentar niveles de estrés más altos o más bajos.

3.3 Formulario

En ambas etapas, el formulario incluyó las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es su estado actual? Las posibles respuestas fueron: Cansado, Enérgico y/o Normal.
2. ¿Qué emoción está experimentando? Las opciones de respuesta fueron: Enojado, Disgustado, Miedo, Feliz, Triste, Sorprendido, Neutral.

La información obtenida de este formulario será utilizada para evaluar la correlación entre las emociones declaradas por los participantes y las emociones

8 Alejandro M. Vega, Martín Bilbao, and Marcelo A. Falappa

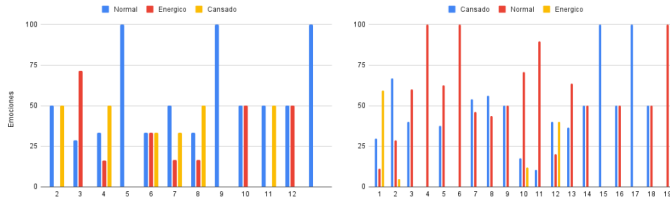


Fig. 3. Gráficos del estado actual obtenido en las diferentes etapas, donde en el eje X se representan los días y en el eje Y se muestra el porcentaje del estado actual. A la izquierda primera etapa y a la derecha segunda etapa.

detectadas por la IA. Asimismo, se realizará una comparación entre el estado emocional declarado y el ritmo cardíaco medido, con el objetivo de analizar posibles relaciones entre ambos factores. Dado que ninguna de las dos fuentes es completamente confiable al 100%, este análisis permitirá identificar si las emociones declaradas por el empleado no fueron precisas, o si la detección de la IA podría haber sido incorrecta. Esto nos brindará una mejor comprensión de las limitaciones y potenciales mejoras en ambos métodos de evaluación.

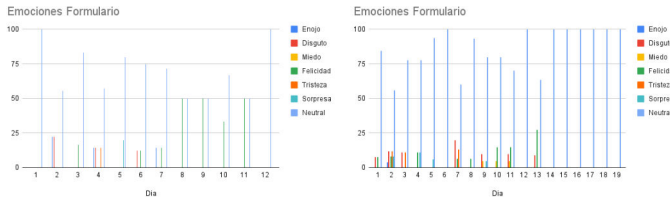


Fig. 4. Gráficos del estado emocional obtenido en las diferentes etapas. A la izquierda primera etapa y a la derecha segunda etapa

4 Resultados Obtenidos

Al comenzar el análisis de los datos obtenidos durante un período de 12 días en la primera etapa y de 19 días en la segunda, recolectamos un total de 92 muestras en la primera etapa y 209 muestras en la segunda. Con esta información, hemos podido llevar a cabo los siguientes estudios:

Al analizar la Tabla1 y Tabla2, correspondientes a la primera y segunda etapa respectivamente, se pueden observar las siguientes tendencias generales en

las emociones:

Primera etapa:

- Enojo: Se observan variaciones significativas, con un pico el día 9 (9.554) y un valor extremadamente bajo el día 8 (0.120), lo que podría sugerir que ocurrió un evento específico que provocó más enojo el día 9.
- Disgusto: Los valores son bajos y, en algunos días, casi nulos, como el día 8 (1.33E-06), lo que sugiere que el disgusto no fue una emoción predominante durante este periodo.
- Miedo: El miedo presenta un pico notable el día 12 (29.177), posiblemente relacionado con situaciones estresantes o incertidumbres.
- Felicidad: Se mantiene baja, con los valores más altos los días 5 (0.840) y 6 (0.534), lo que indica que el entorno no fomenta altos niveles de felicidad.
- Tristeza: La emoción predominante en esta etapa, con el día 5 registrando un valor alto (39.465), lo que podría ser motivo de preocupación.
- Sorpresa: Los valores son bajos y consistentes, sugiriendo que las situaciones inesperadas no son comunes.
- Neutralidad: Domina la mayoría de los días, alcanzando su máximo el día 8 (97.699), lo que podría reflejar un estado de indiferencia emocional.

Segunda etapa:

- Enojo: Varía significativamente, con un pico el día 13 (19.42) y un valor bajo el día 15 (2.33), lo que podría reflejar variaciones en el estrés laboral.
- Disgusto: Los niveles son consistentemente bajos, con el valor más alto el día 1 (0.092), lo que sugiere que esta emoción no es frecuente entre los empleados.
- Miedo: Fluctúa, con el día 6 registrando el nivel más alto (16.65) y el día 15 el más bajo (0.44), lo que podría estar relacionado con incertidumbre en el entorno laboral.
- Felicidad: Se mantiene baja, alcanzando un máximo de 12.94 el día 8, lo que indica un ambiente poco satisfactorio.
- Tristeza: Presenta picos altos, como el día 5 (34.80) y el día 15 (5.60), sugiriendo que algunos días son emocionalmente difíciles.
- Sorpresa: Los valores son bajos, lo que sugiere que los empleados no experimentan cambios inesperados.
- Neutralidad: Es la emoción predominante, alcanzando 91.55 el día 15, lo que indica una posible respuesta adaptativa al estrés.

Tendencias y patrones identificados:

En la primera etapa en el día 8 presenta valores anómalos en casi todas las emociones, con una neutralidad extremadamente alta y muy bajos niveles de otras emociones. Esto podría señalar un día de bajo impacto emocional, posiblemente relacionado con un evento como un feriado, vacaciones o una jornada sin actividades relevantes.

La combinación de baja felicidad y alta tristeza en ciertos días podría reflejar un ambiente laboral con desafíos que afectan al bienestar emocional de los

empleados. En particular, la constatación de la tristeza puede tener un impacto negativo en la productividad y la salud emocional de los empleados. Los picos de enojo y miedo sugieren que existen tensiones emocionales elevadas en determinados momentos, lo que podría afectar la dinámica laboral.

En la segunda etapa en el día 15 se presenta un nivel extremadamente alto de neutralidad (91.55) junto con un bajo enojo, miedo, felicidad y tristeza. Esto podría indicar un día de bajo impacto en lo emocional, lo que puede ser positivo en términos de bienestar. Por otro lado en el día 13 tenemos altos niveles de enojo (19.42) y miedo (6.78) junto con niveles relativamente bajos de felicidad y neutralidad. Este día podría señalar que hubo un problema o desafío significativo en el entorno laboral que afectó mucho a los empleados.

En varios días, como el día 5 y el día 6, la tristeza tiende a ser alta, mientras que la felicidad se mantiene baja. Esto puede ser un indicador de que cuando los empleados experimentan tristeza, su nivel de felicidad también disminuye, dando una correlación negativa entre ambas emociones. El enojo tiende a ser más alto en días donde el miedo también está presente. Esto nos indicaría que situaciones que generen miedo pueden también inducir enojo. La presencia de altos niveles de tristeza y enojo en ciertos días podría indicar la necesidad de implementar medidas de bienestar en la institución para abordar estos problemas emocionales.

En los resultados de las mediciones de ritmo cardíaco (Fig. 2). Se observó en ambas etapas unos puntos claves. En la primera etapa el ritmo cardíaco fluctúa entre 61 y 79.3 BPM, lo que indica una variabilidad moderada en los valores. Estos cambios podrían estar relacionados con diferentes factores como el estrés, estado físico o emocional. En la segunda etapa el promedio del ritmo cardíaco varía entre 65.5 y 82 BPM. Este rango es algo más estrecho que el de la primera etapa, pero el valor máximo de 82 puede indicarnos un día o situación de gran estrés. Al observar los valores, parece que hay una ligera tendencia hacia promedios más altos, aunque hay fluctuaciones notables. Por ejemplo, varios días tienen promedios en la banda de 70 a 75, lo que nos podría indicar un nivel de actividad o estrés relativamente constante.

La variabilidad en los promedios puede sugerir que en la segunda etapa de medición podría estar asociado con un entorno laboral más estresante o con mayores exigencias emocionales. Esto es importante, ya que un aumento sostenido en el ritmo cardíaco puede tener implicaciones para la salud a largo plazo.

Al analizar la Fig. 3, podemos observar que la energía de los empleados en la primera etapa de medición varía considerablemente de un día a otro, lo que podría estar relacionado con la carga laboral o eventos específicos en la oficina. En la segunda etapa podemos observar que los empleados no experimentan grandes niveles de energía y que el cansancio es un estado predominante lo que nos puede sugerir un agotamiento constante. Cuando analizamos los datos en conjunto podemos ver una relación entre los niveles de cansancio y las emociones negativas, como el enojo, la tristeza y el miedo. A medida que los empleados se sienten más cansados, tienden a experimentar más emociones negativas, lo que puede afectar a su bienestar y rendimiento. Consideramos que la falta de energía

es un factor critico lo que nos sugiere una necesidad de abordar el cansancio en el entorno laboral.

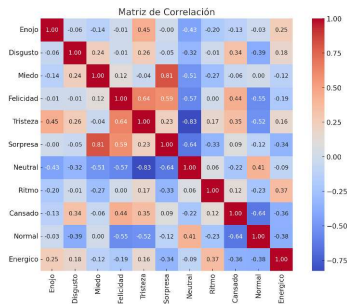


Fig. 5. La matriz muestra la correlación entre diferentes variables emocionales y fisiológicas de la primera etapa del estudio

En la Fig.5 podemos observar que tristeza tiene una correlación negativa fuerte con Neutral (-0.83) y Felicidad (-0.64), lo que sugiere que a medida que aumenta la tristeza, disminuye la felicidad y la neutralidad emocional. En cambio, miedo tiene una correlación negativa con neutral y felicidad. El ritmo cardíaco tiene correlaciones negativas con miedo y felicidad, lo que indica que un aumento del ritmo cardíaco no siempre esta relacionado con cambios en estas emociones.

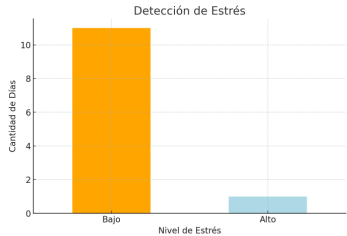


Fig. 6. Representación de la cantidad de días categorizados como "Alto" o "Bajo" estrés de los resultados de la primera etapa

En la Fig.6 la detección de estrés indica que hay un predominio de días con niveles bajos de estrés en el periodo analizado, con solo un día que clasifica como

estrés alto. Esto sugiere que, a pesar de las fluctuaciones emocionales y el ritmo cardíaco, la mayoría de los días se experimenta un estado de menor estrés. Para calcular el estrés en los datos obtenidos se considero un ritmo cardíaco mayor a 75 y emociones negativas altas (enojo, miedo y tristeza)[13].

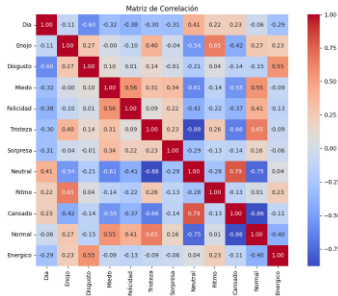


Fig. 7. La matriz muestra la correlación entre diferentes variables emocionales y fisiológicas de la segunda etapa del estudio

En la segunda etapa del estudio como se puede ver en la Fig.7, podemos observar una correlación entre el ritmo cardíaco y las emociones negativas como enojo y tristeza son significativas, lo que indica que a medida que los empleados experimentan estas emociones, sus ritmos cardíacos aumenta, posiblemente debido a la naturaleza estresante de estas emociones. A su vez la neutralidad parece estar fuertemente relacionada con la falta de emociones negativas, como tristeza y cansancio, lo que puede indicar que los empleados que están emocionalmente mas "neutros" tienden a tener menos experiencias emocionales extremas.

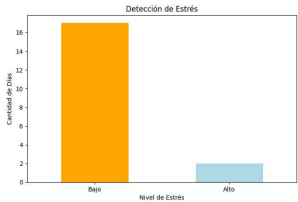


Fig. 8. Representación de la cantidad de días categorizados como "Alto" o "Bajo" estrés de los resultados de la segunda etapa del estudio

En la Fig.8 podemos ver que durante la segunda etapa, la mayoría de los días los empleados experimentaron bajos niveles de estrés. Solo en unos pocos días se observó un nivel elevado, lo que podría estar relacionado con eventos específicos, tal vez picos de trabajo o situaciones más tensas. El predominio del estrés bajo podría sugerir que el entorno de trabajo fue relativamente estable o que los empleados pudieron manejar bien su estrés durante este periodo. Tanto en la primera como en la segunda etapa, los niveles de estrés se mantuvieron en niveles similares.

5 Trabajos Relacionados

Esta investigación se centra en estudiar la posibilidad de descubrir un mecanismo de detección de estrés mediante el análisis de emociones y del ritmo cardíaco de las personas. Hemos tomado los siguientes trabajos como referencia para la realización de este trabajo.

Emotion recognition from facial expression using deep convolutional neural network [14]. La detección de expresiones faciales ha experimentado un notable crecimiento en la investigación reciente, con numerosos estudios que exploran el enfoque de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) profundas. Este artículo se centra en la tarea de detectar Unidades de Acción (AUs) faciales, una parte fundamental del Sistema de Codificación de Acción Facial (FACS) que representa las emociones humanas. Se emplea un método llamado *dropout*, que ha demostrado ser efectivo para mitigar el sobreajuste. El sistema desarrollado alcanza un rendimiento del 92.81% de precisión, evidenciando la eficacia del enfoque propuesto en el reconocimiento de emociones.

Deep Face Recognition [15]. Realizan contribuciones mostrando cómo puede ensamblarse un conjunto de datos a gran escala (2.6 millones de imágenes, más de 2.6 mil personas) mediante una combinación de automatización y participación humana. Presentan métodos y procedimientos con resultados comparables con los estándares de evaluación de rostros LFW (*Labelled Faces in the Wild en ingles*) y YTW (*Youtube Faces in the Wild en ingles*) [16], logrando el reconocimiento facial con una sola fotografía, reduciendo el error del estado del arte actual en más del 27%, y aproximándose estrechamente al rendimiento a nivel humano.

Mediciones de Estrés Laboral en Docentes de un Colegio Público Regional Chileno [17]. Esta investigación analiza la existencia del síndrome de *burnout* en docentes de un colegio público de enseñanza técnico profesional de la ciudad de Coquimbo, en Chile. El nivel de síndrome de *burnout* global es de tipo medio o bajo en los educadores del colegio. Solamente el agotamiento emocional mostró una incidencia importante (34% de los educadores encuestados), mientras que los problemas de despersonalización y de falta de realización personal en el trabajo se encuentran en niveles bajos y bajo medio respectivamente.

Estrés laboral: estudio de revisión [18]. El estudio del estrés laboral es de gran interés a nivel mundial y nacional por los efectos negativos que genera en la salud de las personas y las organizaciones. El objetivo de esta investigación es el análisis del concepto estrés laboral, sus modelos explicativos y variables asociadas, teniendo en cuenta investigaciones de los últimos cinco años. Para esto se analizan 62 artículos, de los cuales 29 definen el estrés de diferentes formas, aunque algunos coinciden en ciertos aspectos, por ejemplo, como una respuesta psico-fisiológica generada a partir de la percepción amenazante de un estímulo externo: la tensión generada ante un factor de riesgo. También se fundamenta el concepto desde los modelos explicativos del estrés, entre los más destacados, el modelo de Karasek y Siegrist. Finalmente se resalta la importancia de estos dos modelos por ser el fundamento teórico para la construcción de instrumentos de medición del estrés.

Confiabilidad de parámetros fisiológicos estimados por elementos vestibles (wearables). Ritmo cardíaco, posición y aceleración, ECG. [19]. Los dispositivos portátiles podrían ser un método alternativo en el monitoreo remoto de pacientes, midiendo parámetros fisiológicos de interés clínico. Por lo tanto, es necesario verificar la precisión de los dispositivos portátiles con las tecnologías actuales. Se analizan cuatro estudios. El primero compara las mediciones de la frecuencia cardíaca de 10 dispositivos comerciales, que demostraron un porcentaje de precisión del 97.5% respecto a un oxímetro profesional como referencia. En segundo lugar, se comparan los dispositivos Basis Peak y FitBit Charge HR con la frecuencia cardíaca medida a partir de un electrocardiograma (ECG). Por ejemplo, esta investigación se dividió en frecuencias cardíacas altas y bajas, y se obtuvieron mejores resultados en frecuencias bajas, con un sesgo medio idéntico. Por lo tanto, se analizan la posición medida contando pasos en comparación con observaciones, y las mediciones fueron precisas. Sin embargo, los acelerómetros demostraron no ser buenos para mediciones de alta velocidad; de hecho, este estudio comparó acelerómetros con mediciones de puertas de tiempo y cámaras de alta velocidad.

Implementación de una herramienta de medición del ritmo cardíaco basado en plataforma Android [20]. Aquí se analizó e implementó una herramienta para controlar el ritmo cardíaco en la plataforma Android, se propuso la utilización de un sensor HRM (Heart Rate Monitor *en Inglés*) que se lo puede encontrar en celulares. Los mismos utilizan una tecnología llamada foto sensor y dependiendo del resultado obtenido con la aplicación desarrollada se dan a conocer hospitales cercanos a la ubicación del dispositivo utilizando el gps. También se realiza un análisis de otros dispositivos para concluir cuáles serían los más adecuados para esta tarea.

6 Conclusiones y Trabajo Futuro

El estrés laboral ha sido objeto de un amplio abanico de investigaciones, que lo han definido desde diversas perspectivas como la respuesta del individuo a situaciones externas percibidas como amenazantes. Este fenómeno, crucial en el ámbito laboral, ha generado un interés creciente debido a su impacto en la salud y el bienestar de los trabajadores, así como en el desempeño organizacional.

Por otro lado, el estudio de las emociones ha experimentado un avance significativo en los últimos tiempos, impulsado por los desarrollos tecnológicos que han permitido una comprensión más profunda de estos fenómenos complejos. La utilización de inteligencia artificial y la disponibilidad de herramientas de análisis de datos han ampliado las posibilidades de investigación en este campo, brindando nuevas perspectivas y enfoques para comprender la naturaleza y la expresión de las emociones humanas.

En este contexto, hemos realizado un estudio en dos etapas para explorar la relación entre el estrés laboral y las emociones, con el objetivo de contribuir al conocimiento existente y abrir nuevas líneas de investigación. Como resultado de este proceso, hemos identificado varias áreas de interés y posibles líneas de investigación futuras.

A pesar de las limitaciones encontradas en la realización de los experimentos, hemos logrado recabar información valiosa que nos ha permitido obtener datos sobre las emociones y el estrés laboral, sino también adquirir experiencia en el diseño y la implementación de estudios en este campo. Los resultados adquiridos en ambas etapas nos indican que el análisis de emociones mediante la herramienta DeepFace y el uso de dispositivos biométricos es un buen camino a recorrer para identificar patrones emocionales y niveles de estrés en los empleados.

En particular, hemos identificado que las emociones negativas, como el enojo y la tristeza, tienden a estar correlacionadas con picos de estrés y aumentos en el ritmo cardíaco, mientras que la neutralidad emocional predomina en los días de bajo impacto emocional. Estas observaciones subrayan la relevancia de implementar intervenciones preventivas y estratégicas que promuevan el bienestar emocional en el entorno laboral.

La comparación entre las dos etapas del estudio destaca la utilidad de métodos integrales y no invasivos el monitoreo del estrés, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y el desarrollo de programas bienestar laboral. Hemos considerado la posibilidad de llevar a cabo el análisis de emociones a través de señales de audio, lo que nos permitiría explorar cómo las expresiones vocales pueden reflejar estados emocionales en el contexto laboral. Además, hemos contemplado la captura de señales fisiológicas, como la respuesta galvánica de la piel (GSR), para evaluar las reacciones físicas ante situaciones estresantes.

Otra área prometedora para futuras investigaciones es el análisis del comportamiento a través de la observación de vídeo, lo que podría proporcionar información detallada sobre las respuestas conductuales ante estímulos laborales. Asimismo, consideramos la posibilidad de construir conjuntos de datos multimodales que integren información proveniente de diversas fuentes, como

16 Alejandro M. Vega, Martín Bilbao, and Marcelo A. Falappa

audio, vídeo y datos fisiológicos, para obtener una visión más completa de las experiencias emocionales en el lugar de trabajo.

En resumen, el conocimiento que hemos generado en esta investigación es solo el comienzo de un proceso continuo de investigación, en el cual planeamos seguir explorando y ampliando dichas áreas, mejorando nuestros métodos de recopilación y análisis de datos, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y detallada de la relación entre las emociones y el estrés en el trabajo.

Referencias

1. Vega, Alejandro; Bilbao, Martín; Falappa, Marcelo A. Detección de estrés laboral mediante reconocimiento de emociones y ritmo cardíaco. In Proceedings of the 53 Jornadas Argentinas de Informática, Bahía Blanca, Argentina, 12-16 August, 2024.
2. Huang, D.; Guan, C.; Ang, K.K.; Zhang, H.; Pan, Y. Asymmetric spatial pattern for EEG-based emotion detection. In Proceedings of the 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Brisbane, Australia, 10-15 June 2012; pp. 1-7.
3. Chowdary, M.K.; Nguyen, T.N.; Hemanth, D.J. Deep learning-based facial emotion recognition for human-computer interaction applications. *Neural Comput. Appl.* 2021, 35, 23311-23328.
4. Singh, S.K.; Thakur, R.K.; Kumar, S.; Anand, R. Deep learning and machine learning based facial emotion detection using CNN. In Proceedings of the 2022 9th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, India, 23-25 March 2022; pp. 530-535.
5. Cui, Y.; Wang, S.; Zhao, R. Machine learning-based student emotion recognition for business English class. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 2021, 16, 94-107.
6. Ganster, D. C., & Rosen, C. C. (2013). Work Stress and Employee Health: A Multidisciplinary Review. *Journal of Management*, 39(5), 1085-1122. <https://doi.org/10.1177/0149206313475815>
7. Venkatesan, R.; Shirly, S.; Selvarathi, M.; Jebaseeli, T.J. Human Emotion Detection Using DeepFace and Artificial Intelligence. *Eng. Proc.* 2023, 59, 37. <https://doi.org/10.3390/engproc2023059037>
8. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M. A., & Wolf, L. (2014). Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1701-1708).
9. Peiró, J. M., & Salvador, A. (1993). *Desencadenantes del estrés laboral* (Vol. 2). Madrid: Eudema.
10. Atalaya, M. (2001). El estrés laboral y su influencia en el trabajo. *Industrial data*, 4(2), 25-36.
11. Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 5, 258.
12. Sirio, L. Confiabilidad de parámetros fisiológicos estimados por elementos vestibles (wearables). Ritmo cardíaco, posición y aceleración, ECG.
13. Chalmers, T.; Hickey, B.A.; Newton, P.; Lin, C.-T.; Sibbritt, D.; McLachlan, C.S.; Clifton-Bligh, R.; Morley, J.; Lal, S. Stress Watch: The Use of Heart Rate and Heart Rate Variability to Detect Stress: A Pilot Study Using Smart Watch Wearables. *Sensors* 2022, 22, 151. <https://doi.org/10.3390/s22010151>

14. Liliana, D. Y. (2019, April). Emotion recognition from facial expression using deep convolutional neural network. In *Journal of physics: conference series* (Vol. 1193, p. 012004). IOP Publishing.
15. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., & Wolf, L. (2014). DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification. 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1701-1708.
16. Parkhi, O., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2015). Deep face recognition. In *BMVC 2015-Proceedings of the British Machine Vision Conference 2015*. British Machine Vision Association
17. Zuniga-Jara, S., & Pizarro-Leon, V. (2018). Mediciones de estrés laboral en docentes de un colegio público regional chileno. *Información tecnológica*, 29(1), 171-180.
18. Osorio, J. E., & Cárdenas Niño, L. (2017). Estrés laboral: estudio de revisión. *Diversitas: perspectivas en psicología*, 13(1), 81-90.
19. Sirio, L. Confiabilidad de parámetros fisiológicos estimados por elementos vestibles (wearables). Ritmo cardíaco, posición y aceleración, ECG.
20. Gómez, B. A. C., De La Hoz, O. J. R., López, D. M. S., & Solorzano, J. G. (2021). Implementación de una herramienta de medición del ritmo cardíaco basado en plataforma Android. *Ciencia e Ingeniería: Revista de investigación interdisciplinar en biodiversidad y desarrollo sostenible, ciencia, tecnología e innovación y procesos productivos industriales*, 8(2), 6