

ASPECTOS DE LA ERGONOMÍA COGNITIVA EN LOS OPERADORES DE CENTROS DE CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ASPECTS OS COGNITIVE ERGONOMICS IN THE OPERATORS OF ELECTRIC POWER CONTROL CENTERS

Miguel Otávio Melo*
Thais Cohen de Almeida**
Luiz Bueno da Silva***
Nelson Torro-Alves****

Resumen: Uno de los grandes retos a los que se enfrentan las empresas está relacionado con la salud y el bienestar de trabajadores, especialmente aquellos directamente conectados a la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos. Al igual que los sistemas desarrollados para otros sectores industriales, la automatización en el sector eléctrico ha resultado en un equipo más sofisticado que requiere más atención por parte de los operadores, que ahora deben monitorear y operar un conjunto creciente de equipos. Esta situación resulta en un aumento de la carga cognitiva y en entornos más propensos a errores. Los sistemas eléctricos se pueden clasificar como sistemas críticos, donde las fallas pueden resultar en pérdidas económicas significativas, daños físicos o amenazas a la vida humana. El objetivo principal es evaluar los aspectos ergonómicos cognitivos y de carga de trabajo en los operadores de los Centros de Operación y Control de Energía Eléctrica. El análisis involucró una muestra de operadores de Centros de Control en Brasil, mediante el método NASA-TLX. A continuación, se realizaron también pruebas psicométricas y electroencefalograma (EEG). Los datos finales de percepción del operador tienen algunos valores muy altos. Esto caracteriza un tipo de trabajo con dificultad, tareas complejas, que requieren mucho esfuerzo mental para alcanzar la meta. Dado lo anterior, la interacción ergonómica cognitiva en las actividades laborales de los operadores de los Centros de Operación y Control de Energía Eléctrica tiene una alta demanda mental, así como una alta demanda de tiempo y requiere un fuerte nivel de esfuerzo.

Palabras clave: Ergonomía cognitiva, fatiga, carga mental de trabajo.

Abstract: One of the great challenges that companies face is related to the health and well-being of

*Centro de Tecnologia, Laboratório de Análise do Trabalho, Laboratório de Ciências Cognitivas e Percepção, Cidade Universitária, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brazil. Correo electrónico: mobcmelo@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2741-8111>. Autor de correspondencia.

**Centro de Tecnologia, Laboratório de Análise do Trabalho, Laboratório de Ciências Cognitivas e Percepção, Cidade Universitária, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brazil. Correo electrónico: thaiscohen01@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4212-1719>

***Centro de Tecnologia, Laboratório de Análise do Trabalho, Laboratório de Ciências Cognitivas e Percepção, Cidade Universitária, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brazil. Correo electrónico: bueno@ct.ufpb.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4624-2075>

****Centro de Tecnologia, Laboratório de Análise do Trabalho, Laboratório de Ciências Cognitivas e Percepção, Cidade Universitária, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brazil. Correo electrónico: nelsontorro@yahoo.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3678-5762>

workers, especially those directly connected to the operation and maintenance of electrical systems. Like systems developed for other industrial sectors, automation in the electrical sector has resulted in more sophisticated equipment that requires more attention from operators, who now monitor and operate a growing set of equipment. This situation results in an increase in cognitive load and in environments more prone to errors. Electrical systems can be classified as critical systems, where failures can result in significant economic loss, physical damage, or threats to human life. The main objective is to evaluate the ergonomic cognitive and workload aspects of the operators of the Electric Power Operation and Control Centers. The analysis involved a sample of Control Center operators in Brazil, through the NASA-TLX method. Subsequently, psychometric tests and electroencephalogram (EEG) were also performed. The final operator perception data has some very high values, this characterizes a type of work with difficulty, complex tasks, which require a lot of mental effort to reach the goal. Given the above, the cognitive ergonomic interaction in the work activities of the operators of the Electric Power Operation and Control Centers has a high mental demand, as well as a high demand for time and requires a strong level of effort,

Keywords: Cognitive ergonomics, fatigue, mental workload.

Recepción: 22.11.2021 / Revisión: 14.03.2022 / Aceptación: 26.04.2022

Introducción

Las transformaciones institucionales que se están produciendo actualmente en el sector eléctrico global tienen como objetivo establecer un mercado energético libre, aumentando la eficiencia del sector a través de la competencia y posibilitando la captación de recursos para la expansión. En este mercado, como en cualquier otro, los participantes y agentes buscan mejorar su posición estratégica mediante la obtención de ventajas competitivas en relación a los competidores, a fin de permitir su supervivencia y crecimiento en el sistema de libre competencia.

Los técnicos del sector están en el centro de este proceso, en el que se exige más eficiencia y productividad. Estar en el centro, como componente determinante para el éxito de cualquier empresa, uno de los grandes retos a los que cada vez más se enfrentan las organizaciones está relacionado con la salud y el bienestar de estos trabajadores, especialmente los directamente vinculados al funcionamiento del sistema.

Al observar la actividad de un operador de los Centros de Operación y Control, se comprueba que realiza una intensa actividad en un sistema complejo, especializado y peligroso. Tienen como elemento básico, la prevención de incidencias y errores que perturben el funcionamiento del sistema eléctrico, o cuando esto ya no sea posible, intentar que el proceso vuelva a la normalidad, lo que se denomina recuperación. Lo tienen que llevar a cabo movilizando conocimientos y razonamientos por los cuales recibieron capacitación, que desde el punto de vista de los estándares vigentes son adecuados, sin embargo, hay algunos factores que necesitan ser mejorados, ya que aún existen accidentes e incidentes, ocasionados principalmente por fatiga, falta de concentración.

El operador de sala de control tiene particularidades en el desarrollo de su trabajo, considerando que necesita controlar y regular sistemas generalmente complejos. Por tanto, a

la hora de intentar analizar los procesos mentales en el desarrollo de las tareas que realiza este trabajador, el análisis cognitivo se presenta como una herramienta metodológica sumamente útil, ya que cuenta con un sustento teórico y metodológico que aporta una mayor fiabilidad de los datos a obtener, a pesar de su subjetividad que dificulta su aplicabilidad (Ku & Smith, 2010; Vidal & Carvalho, 2008; Lima & Vieira, 2006).

En la figura 1 se muestra una sala de control de operación y energía eléctrica, donde hay monitores individuales y, al fondo, monitores y paneles generales y monitores del sistema. Se puede apreciar en general que existe un sistema con información compleja donde el operador está en el centro de decisiones entre varios monitores y tablas y diagramas que ocupa todo su campo de visión.

Figura 1. Sala de un centro de operación y control de un sistema de energía eléctrica.



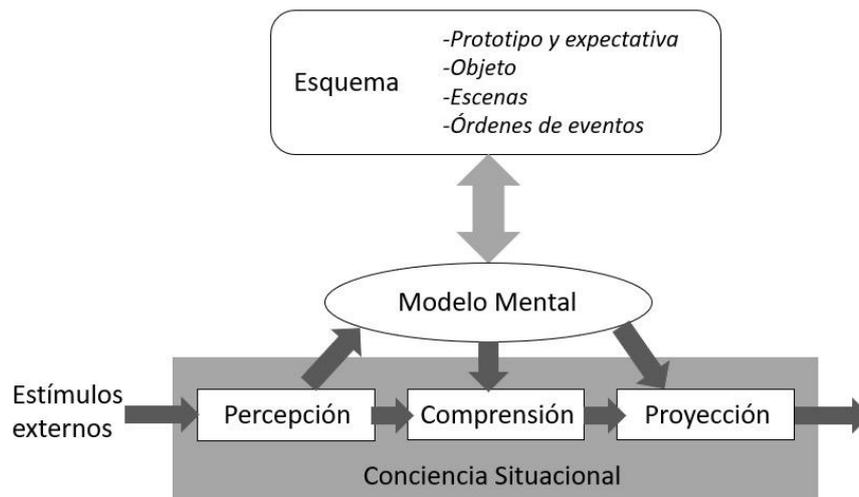
Según Vidal y Carvalho (2008), la función de Regulación es la propiedad que tiene un sistema para permanecer operativo en un período de tiempo determinado. Regular, por tanto, significa adecuar el funcionamiento de un sistema a su entorno interno y externo. Ocurren como respuesta de los sistemas a cambios en el entorno que entran en conflicto con sus objetivos y consisten en seleccionar tareas y ordenarlas a tiempo para corregir disfunciones (Salles, 2008).

En la función denominada control, se relaciona con el cumplimiento de la tarea y su buen desempeño, presentando un doble aspecto. Previo a la implementación, apoya la planificación y, posteriormente, garantiza la evaluación de los resultados de la acción. Por tanto, el control puede ser fuente de una reorientación de la actividad hacia la recuperación de la representación de la situación o puede dar paso a la construcción de nuevas metas.

El concepto de Ergonomía Cognitiva surgió con el desarrollo tecnológico cada vez más acelerado en los tiempos actuales y la naturaleza del trabajo. Los tipos de tareas que utilizan los trabajadores se caracterizan cada vez más por la gran demanda de componentes cognitivos, especialmente los relacionados con la memoria, la atención y la resolución de problemas, asociados a la precisión del contenido de la información y la rapidez del servicio. Así, se busca entender la cognición humana de forma situada y finalista, es decir, en un contexto de acción y enfocado a un objetivo específico. Por tanto, es necesario investigar los procesos mentales y modelos de toma de decisiones y entender cómo el trabajador gestiona su trabajo y la información que pone a su disposición, y tiene un punto de partida que le lleva

a realizar una determinada acción. La figura 2 muestra un diagrama del modelo mental cognitivo para la toma de decisiones. Durante el procedimiento de análisis e intervención, se deben considerar las capacidades y limitaciones, tanto los relacionados con la naturaleza fisiológica como cognitiva del individuo. Así, es posible explicar la génesis de errores e incidentes atribuidos al fallo humano y a la alta carga de trabajo mental (Fajardo et al., 2004a; Fajardo et al., 2004b; Quesada et al., 2003; Di Stasi et al., 2012; Murata et al., 2005; Jones & Endsley, 2000).

Figura 2. Modelo de percepción, comprensión y proyección de la toma de decisiones.



Fuente. Jones & Endsley (2000).

El carácter del trabajo puede dirigirse hacia la persona que lo realiza o hacia la empresa. En cuanto a la dimensión personal del trabajo, están las estrategias que utilizan los operadores para realizar su tarea. Este es precisamente el objeto del análisis ergonómico de la actividad que busca conocer cómo lo hacen los trabajadores que tienen características individuales para alcanzar las metas que se marcan según la tarea encomendada (Guérin et al., 2007).

La información asociada con los sistemas de energía generalmente se presenta usando una pantalla tridimensional (interfaz humano-computadora 3D), que a menudo consiste en un diagrama de una línea o una lista de pestañas en varios colores, como se muestra en la figura 3.

El Nivel de Logro se refiere a la satisfacción con el desempeño personal para realizar la tarea, el Nivel de Esfuerzo se refiere a cuánto hay que trabajar física y mentalmente para lograr un buen desempeño, y el Nivel de Frustración corresponde a factores que inhiben el desempeño del trabajo como inseguridad, irritación, falta de estimulación, contratiempos. Mientras que, la Demanda Mental involucra la actividad mental requerida para realizar el trabajo, la Demanda Física corresponde a la actividad física necesaria para la ejecución del trabajo, y la Demanda Temporal, está relacionada con el nivel de presión impuesto para realizarlo (tabla 1) (Diniz, 2003). Estos indicadores, para una escala de valores absolutos entre 1 y 20, donde 1 representa el valor más bajo y 20 el valor más alto.

Tabla 1. Factores considerados NASA-TLX.

Factores	Límite bajo	Límite alto
Demanda Mental	Tareas de demanda mental consideradas fáciles, sencillas, con metas logradas sin dificultades.	Tareas difíciles, complejas, que requieren mucho esfuerzo mental para alcanzar la meta.
Demanda Física	Tarea liviana, lenta, fácil de realizar, con facilidad.	Tarea pesada, rápida, vigorosa y agitada.
Demanda Temporal	Ritmo de trabajo lento y tranquilo, con baja presión para finalizar actividades.	Ritmo rápido y frenético, con mucha presión para terminar actividades.
Nivel de Logro	Se siente muy satisfecho y recibe elogios cuando alcanza sus metas.	Está poco satisfecho y casi nadie se fija en su trabajo.
Nivel de Esfuerzo	Para que la tarea se realice con éxito, se requiere concentración superficial, fuerza muscular ligera, razonamiento simple, poca destreza.	Se requiere concentración profunda, fuerza muscular intensa, pensamiento complejo y mucha destreza.
Nivel de Frustración	Se siente seguro, contento y tranquilo cuando realiza la tarea.	Se siente inseguro, desanimado, irritado, incómodo con la tarea.

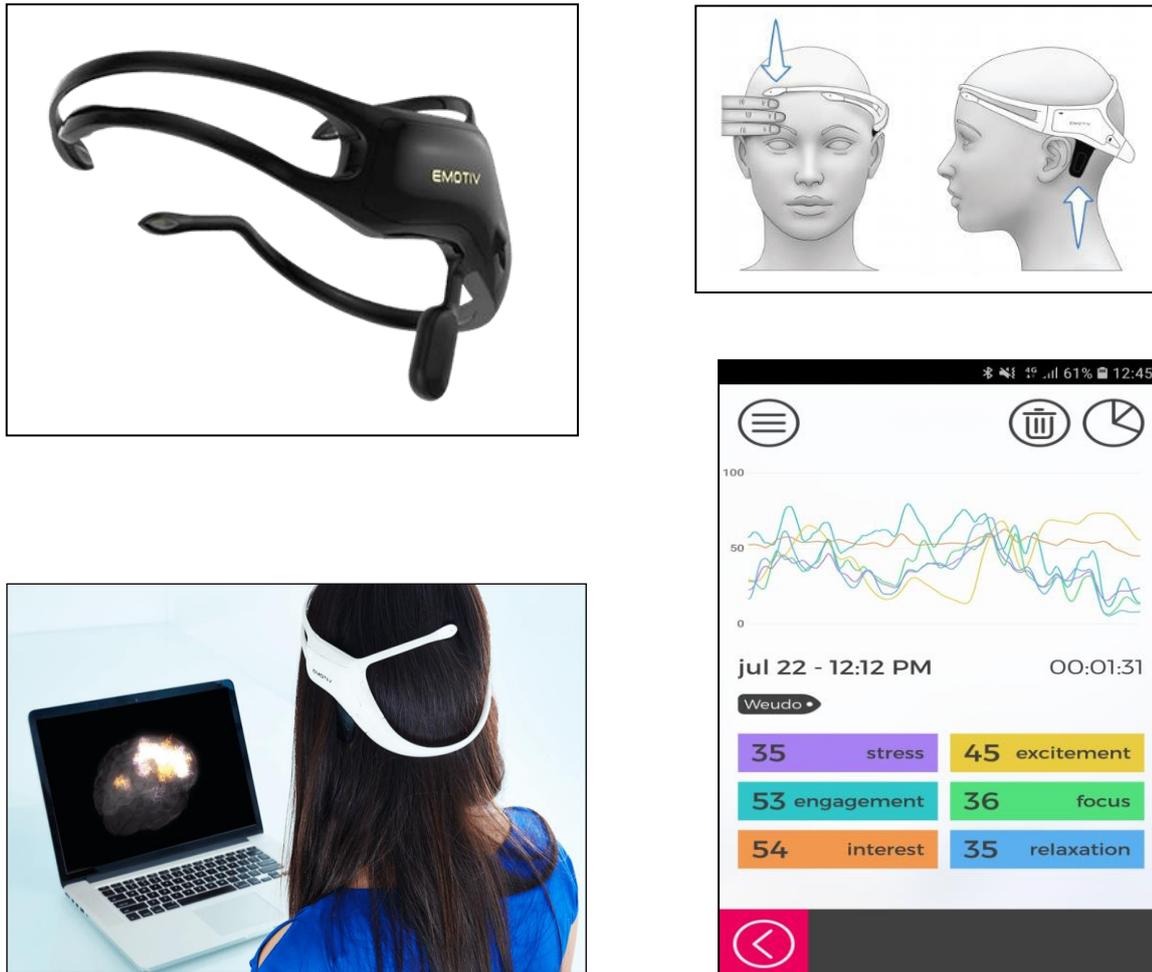
Fuente. Diniz (2003).

Dispositivo de medición de encefalograma

El equipo de medición de neuroergonomía fue el dispositivo de electroencefalograma (EEG) móvil compacto de 5 canales modelo EMOTIV INSIGHT. Este dispositivo es el único en la categoría de electroencefalogramas del consumidor que mide la actividad de todos los lóbulos corticales del cerebro, proporcionando información detallada que generalmente se encuentra solo en dispositivos de investigación complejos y sofisticados. Se proporcionan las seis variables métricas cognitivas (estrés, concentración, interés, estímulo, atención y relajación). Se muestra el valor de intensidad promedio en una escala de 1 a 100, donde 1 representa el valor más bajo y 100 el valor más alto.

La figura 4 muestra este dispositivo y su salida con las curvas versus el tiempo de medición de las variables y los valores promedio de cada medición.

Figura 4. Equipo de encefalograma EMOTIV y salidas con variables métricas cognitivas.

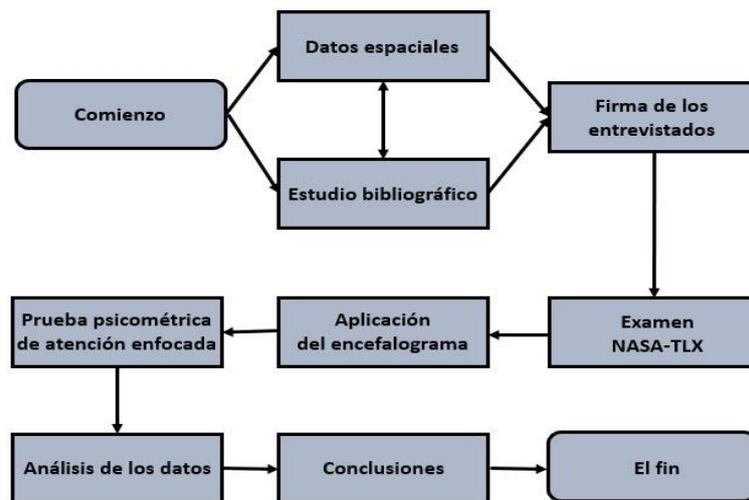


Prueba psicométrica de atención concentrada

Existen varias pruebas psicométricas de atención focalizada. Se utilizó la prueba compuesta por letras y símbolos donde el entrevistado marca la letra o símbolo requerido. Esta aplicación se realizó antes del inicio del turno y al final de la jornada laboral.

Se realizó con una muestra de 32 operadores de los Centros de Control de Energía Eléctrica en una empresa. Observaciones sistemáticas y no sistemáticas con entrevistas, cuestionarios, de guiones preparados previamente. Luego se aplicaron pruebas psicométricas de atención enfocada simultáneamente con mediciones específicas utilizando el dispositivo de medición EEG Emotiv. La metodología operativa de estos instrumentos de investigación estuvo compuesta por los pasos definidos en la figura 5.

Figura 5. Pasos y metodología utilizados en la evaluación de la ergonomía cognitiva.

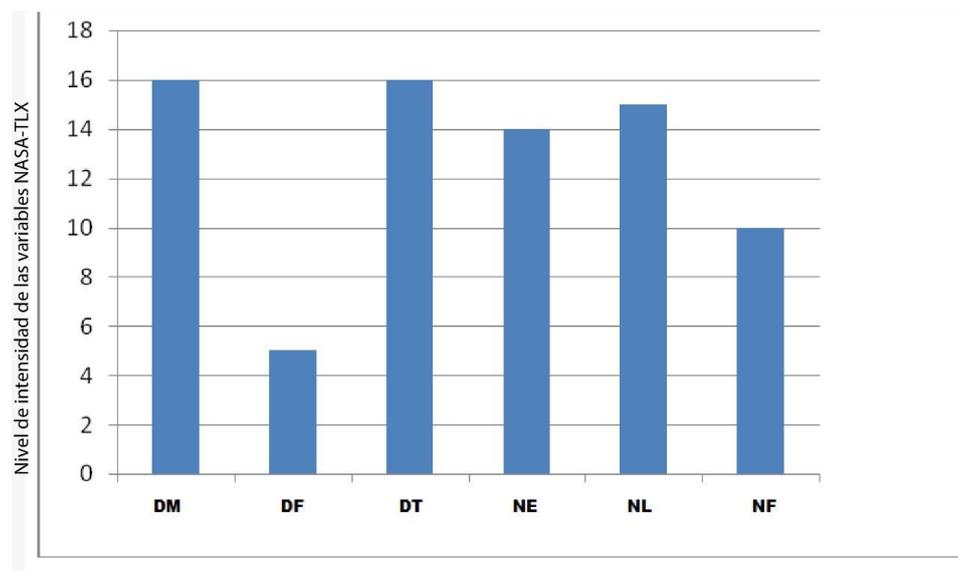


Resultados y discusión

Resultados NASA-TLX

El análisis se basó en el instrumento NASA-TLX, de seis variables: DM (Demanda Mental), DF (Demanda Física), DT (Demanda Temporal), NL (Nivel de Logro), NE (Nivel de Esfuerzo) y NF (Nivel de Frustración). La Figura 6 presenta el gráfico de estos indicadores para una escala de valores absolutos entre 1 y 20, donde 1 representa el valor más bajo y 100 el valor más alto.

Figura 6. Variables del modelo NASA-TLX en relación con la percepción del operador.



Nota. DM (demanda mental), DF (demanda física), DT (demanda temporal), NL (nivel de logro), NE (nivel de esfuerzo) y NF (nivel de frustración).

A partir de los datos de la figura 6, en una escala de 1 a 20, la percepción del operador tiene algunos valores muy altos. Con estos valores resultantes, también fue posible evaluar el valor medio y la desviación estándar de cada una de las métricas, cambiando la ordenada, y en una escala de 1 a 100, dando como resultado los siguientes resultados de la tabla 2.

Tabla 2. Medidas descriptivas de los indicadores NASA-TLX, escala de 1 a 100.

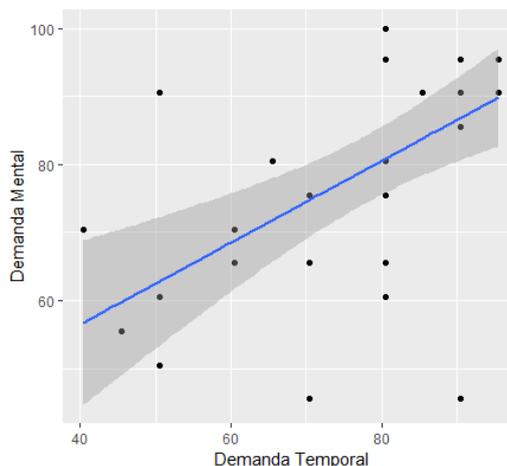
VARIABLES DEL MODELO NASA-TLX	VALOR MEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Demanda Mental DM	79	17
Demanda Fisica EF	23	17
Demanda Temporal ET	78	17
Nivel de Esfuerzo NE	68	19
Nivel de Logro NR	76	14
Nivel de Frustración NF	51	25

Las variables de Demanda Mental (DE) y Demanda Temporal (DT), y Nivel de Esfuerzo (NE), tienen amplitudes en relación a una escala de 1 a 100, correspondiente a amplitudes de 79, 78 y 68.

Posteriormente, se ajustó un modelo de regresión lineal para medir el efecto esperado de una variación en la Demanda Temporal (DT) sobre la Demanda Mental (DM). Se encontró que el modelo lineal presentó parámetros significativos.

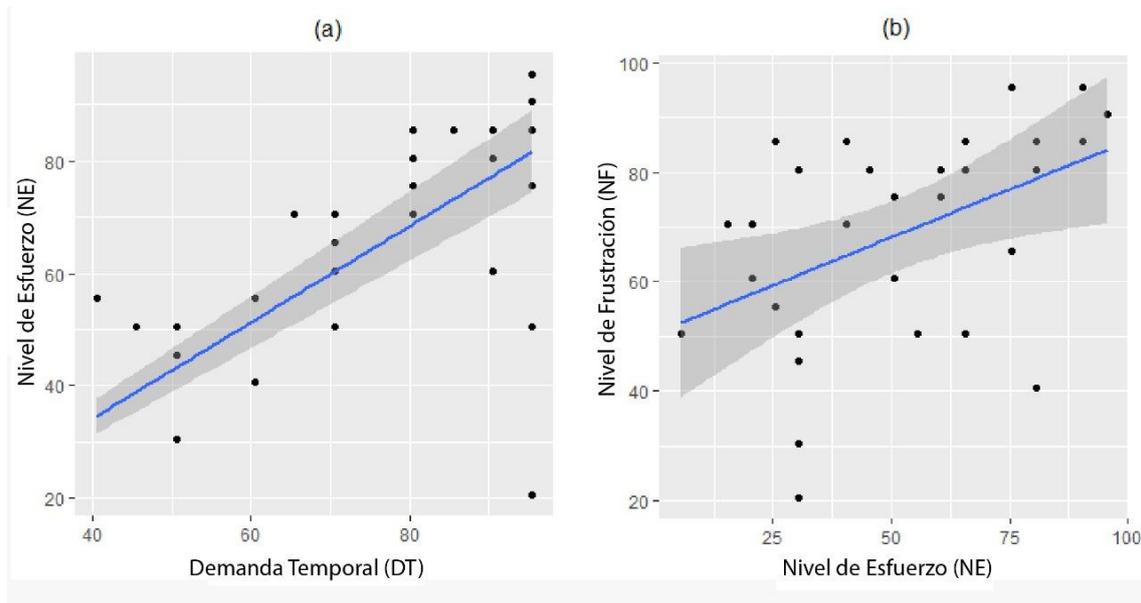
La figura 7 muestra el modelo ajustado en un diagrama de dispersión de las dos variables. Es de destacar que un intervalo de confianza se ajustó mediante un método de suavizado. La línea de regresión ajustada indica que el modelo describe bien la tendencia de mayores Demandas Mentales (DM) cuando se tienen mayores Demandas Temporales (DT).

Figura 7. Línea de regresión ajustada para la relación Demanda Temporal (DT) y Demanda Mental (DM).



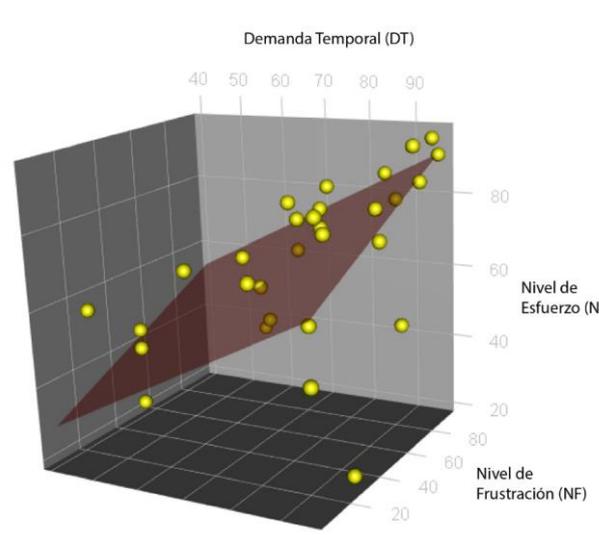
El método de regresión lineal también se utilizó para verificar la tendencia en la asociación entre el Nivel de Esfuerzo (NE) percibido y la Demanda Temporal (DT), además de entre el Nivel de Esfuerzo (NE) y el Nivel de Frustración (NF), como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Línea de tendencia de la asociación de variables Demanda Temporal (DT) y Nivel de Frustración (NF), con el Nivel de Esfuerzo (NE).



La tendencia de la mayoría de los puntos se describe razonablemente mediante la línea de regresión ajustada en el diagrama de dispersión entre el Nivel de Esfuerzo (NE) y los otros dos indicadores NASA-TLX. La figura 9 muestra el ajuste gráfico del modelo de regresión a los puntos del diagrama de dispersión tridimensional. Es posible notar una descripción razonable de la tendencia de aumento del esfuerzo percibido con el aumento en la Demanda Temporal (DT) y el Nivel de Frustración (NF).

Figura 9. Ajuste gráfico del modelo lineal en un diagrama de dispersión entre Demanda Temporal (DT), Nivel de Esfuerzo (NE) y Nivel de Frustración (NF).

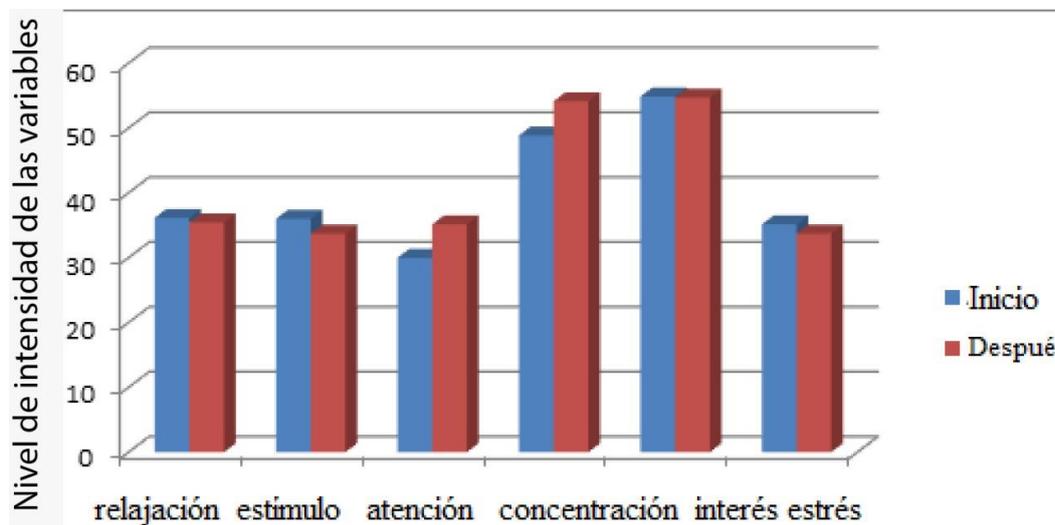


Se puede apreciar, por tanto, en el gráfico de la figura 9 que si bien la percepción del Nivel de Esfuerzo (NE) en la actividad tiende a aumentar con niveles más altos de Niveles de Frustración (NF) y Demanda Temporal (DT), que sería más problemático en términos de la adecuación del trabajo para los individuos, esta percepción del esfuerzo estaría a un nivel tal que los trabajadores juzgarían el ritmo de trabajo como inadecuado. Es importante enfatizar que la percepción de más esfuerzo no necesariamente resultará en una percepción de que el trabajo es inadecuado. Una característica que puede ser importante para el trabajo es que se mantenga el ritmo de trabajo que se percibe como adecuado.

Resultados obtenidos en EEG EMOTIV 5

La figura 10 muestra los resultados de las mediciones con el EEG Emotiv 5 en los operadores. Se presentan las curvas de las seis variables cognitivas, estrés, compromiso (concentración), interés, estímulo, atención y relajación. Se muestra el valor de intensidad promedio en una escala de 1 a 100, donde 1 representa el valor más bajo y 100 el valor más alto.

Figura 10. Métricas cognitivas medidas por EEG Emotiv 5.



Nota. Compromiso (concentración), interés, estímulo, atención, relajación y estrés, en los dos momentos, antes y después, del turno de trabajo de seis horas.

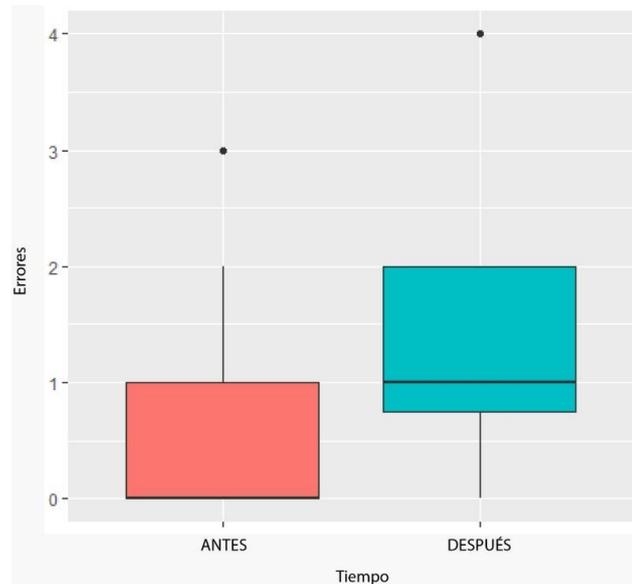
Al analizar la figura 10, se verifica que en las métricas de las variables cognitivas, Atención y Concentración, hubo un incremento en el valor promedio medido antes del inicio de la jornada laboral y después del turno de seis horas. Según los datos, hubo un aumento del 17% en el nivel de Atención y del 11% en el nivel de Concentración. Por otro lado, también hubo una reducción del 4% en el nivel absoluto de la variable Estrés al inicio de la jornada laboral y después del turno de seis horas.

Pruebas psicométricas de atención focalizada, errores y tiempo de ejecución

Las pruebas psicométricas de Atención Focalizada se realizaron en dos momentos: uno al inicio del turno de trabajo y otro al final de este turno, y se realizó un análisis estadístico con un diagrama de caja y utilizando pruebas de hipótesis. El gráfico de la figura 11 sugiere indicios de que el número de errores fue diferente en la aplicación de la prueba antes y después del turno de trabajo, y al final del turno se observa que hubo un aumento en el

número de errores.

Figura 11. Comparación de errores entre los dos momentos de aplicación de prueba.



Discusión

Los datos percibidos por el operador tienen unos valores muy elevados. Las variables de Demanda Mental (DM) y Demanda Temporal (DT), y Nivel de Esfuerzo (NE), tienen amplitudes en una escala de 1 a 100 de 80, 80 y 70, respectivamente, lo que caracteriza un tipo de trabajo complejo, con tareas difíciles, que requiere mucho esfuerzo mental para lograr el objetivo.

La correlación entre el Nivel de Esfuerzo (NE) y la Demanda Temporal (DT) es significativa, es decir, los trabajadores con una Demanda Temporal (DT) mayor tienden a tener una mayor percepción del Nivel de Esfuerzo (NE). Las actividades realizadas tienden a requerir más conocimiento por parte de los trabajadores que la Demanda Física (DF).

La correlación entre las variables Demanda Mental (DM) y Demanda Temporal (DT) también es importante. El análisis indica que el modelo describe bien la tendencia de mayores Demandas Mentales (DM) cuando hay mayores Demandas Temporales (DT).

Con base en los datos analizados, la percepción de los empleados indica que existe una mayor probabilidad por parte de los individuos de percibir que el ritmo de trabajo es alto, ya que más del 56% están indicando un Nivel de Esfuerzo (NE) igual o mayor de 70.

Se observa que más del 62% de la muestra indicó una Demanda Temporal (DT) por encima del rango de 80 en una escala de 1 a 100. Por lo tanto, se espera, según el modelo ajustado, que la mayoría de los individuos del grupo realizan sus actividades dándose cuenta de que el ritmo de trabajo es elevado.

En las métricas de las variables cognitivas, Atención y Concentración, hubo un incremento en el valor promedio medido antes del inicio de la jornada laboral y después del

turno de seis horas. Según los datos, hubo un aumento del 17% en el nivel de Atención y del 11% en el nivel de Concentración.

Por otro lado, también hubo una reducción del 4% en el nivel absoluto de la variable Estrés, medido antes del inicio de la jornada laboral y después del turno de seis horas, y dos pares de métricas tenían correlaciones significativas, Estrés y Relajación, y Estímulo e Interés.

Conclusiones

Estos resultados contribuyen a la elaboración de una Nueva Metodología de Trabajo para los operadores de los Centros de Control y Operación de Energía Eléctrica. Este nuevo procedimiento permitirá mejorar algunos procedimientos existentes con carácter innovador, así como incluir otros en los temas de neuroergonomía cognitiva, concentración y fatiga laboral en el sector eléctrico.

Teniendo en cuenta los aspectos cognitivos requeridos del operador, donde la atención y la precisión son fundamentales para la ejecución de sus actividades, se concluye que, debido a ciertos niveles de requisitos en un momento determinado, se puede derivar en posibles errores que provoquen daños a la seguridad de los sistemas eléctricos.

Este estudio proporciona datos para mejorar la planificación estratégica de las empresas de energía eléctrica y adecuar mejor las actividades de los operadores de los Centros de Control y Operación de Energía Eléctrica, contribuyendo a la reducción de errores operativos.

Referencias

- Corrêa, F. (2003). *Carga mental e ergonomia* [tesis de maestría, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional da UFSC. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86036>
- Diniz, (2003). *Evaluation of physical and mental demands on the surgeon's work in elective procedures* [tesis de doctorado, Federal University of Rio Grande do Sul]. Repositório Digital UFRGS. <http://hdl.handle.net/10183/3057>
- Di Stasi, L., Cañas, J., & Antoli, A. (2012). Main Sequence: An index for detecting mental workload variation in complex tasks, *Applied Ergonomics*, 42(6), 807-813. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.01.003>
- Fajardo, I., Cañas, J., & Salmerón, L. (2004a). Toward the analysis of the interaction in the joint cognitive system. En *Future Interaction Design* (pp. 85-104). Springer-Verlag.
- Fajardo, I., Salmerón, L., & Cañas, J. (2004b). Ergonomia y psicología cognitivas. *Anuario de Psicología*, 507-519.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2007). *Understanding and transforming work: The practice of ergonomics*. ANACT.
- Jones, D. G. & Endsley, M. R. (2000). Overcoming representational errors in complex environments. *Human Factors*, 42(3), 367-378. <https://doi.org/10.1518/001872000779698187>
- Ku, Chia-Hua, & Smith, M. J. (2010). Organisational factors and scheduling in locomotive engineers and conductors: Effects on fatigue, health, and social well-being. *Applied Ergonomics*, 41(1), 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.04.006>
- Lima, A. T. P., & Vieira, M. F. (2006). Contexto de trabalho, as IHMs e o erro humano na operação de sistemas elétricos. En *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétrico*. C Grande-PB, Brasil.
- Murata, A., Uetake, A., & Takasawa, Y. (2005). Evaluation of mental fatigue using feature parameter extracted from event-related potential. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), 761-770. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.12.003>
- National Aeronautics and Space Administration. (2008). NASA TLX. <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/computer.php>
- Quesada, J. F., Cañas, J., Antoli, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem solving tasks. *Ergonomics*, 46(5), 482-501. <https://doi.org/10.1080/0014013031000061640>
- Salles, P. (2008). *Contribuição da ergonomia cognitiva na análise das atividades do operador de sala de controle*. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. <https://deps.ufsc.br/>
- Vidal, M. C., & Carvalho, P. V. (2008). *Ergonomia Cognitiva: Raciocínio e decisão no trabalho*. Virtual Científica.
- Wiegmann, D. A., Overbye, T. J., Hoppe, S. M., Essenberg, G. R., & Sun, Y. (2006). Human factors aspects of three-dimensional visualization of power system information. En *IEEE Power Engineering Society General Meeting* (pp. 7 pp.). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PES.2006.1709137>