

LUXOFI, una empresa colombiana

Autores: Solanlly Guzman, David*

Contacto: *solanlly.guzman.6018@miremington.edu.co

País: Colombia

Resumen

Ante las problemáticas presentadas en las empresas Colombianas y sus impactos negativos en la salud de los trabajadores y la productividad empresarial como consecuencia de la falta de identificación e implementación de mediciones higiénicas, tal como el ruido e iluminación, surgió la necesidad de crear un instrumento de bajo costo llamado Luxofi, el cual mide los niveles de ruido (dBA) e iluminación (lux), implementando la normatividad legal vigente colombiana en la resolución 1792 de 1990, artículo 1 y la resolución 2400 de 1979, título III, capítulo III, artículo 83 respectivamente.

El dispositivo consta de lo siguiente:

- Sensor detector de niveles de ruido
- Sensor detector de niveles de iluminación

Es importante mencionar que el medidor de ruido se mejoró empleando un paraboloide encontrando su foco a cuatro (4) milímetros, lo que permite mayor sensibilidad al momento de captar el ruido y así obtener resultados más precisos y fidedignos.

Se debe tener en cuenta que en el mercado laboral mundial no se encuentra un dispositivo que desarrolle estas dos funciones al mismo tiempo, lo cual es muy efectivo implementarlo en las empresas que por su actividad económica están expuestas a factores de riesgos físicos, tales como, la iluminación y el ruido, contribuyendo así a la planeación y ejecución de medidas preventivas para evitar enfermedades laborales.

Para lograr estos resultados el dispositivo se calibró utilizando un sonómetro y un luxómetro con el fin de estandarizar los niveles de ruido e iluminación para posteriormente poder incorporar la legislación colombiana en la programación de dicho instrumento.

Se pudo comprobar que su funcionamiento fue efectivo en la medición de los niveles de ruido e iluminación de acuerdo con la normatividad colombiana existente.

Palabras claves: ruido; iluminación; enfermedades laborales; niveles permisibles; mediciones higiénicas.

1. Introducción

Este proyecto consiste en un instrumento el cual mide la exposición al ruido y la iluminación en el ambiente laboral de acuerdo con la normatividad legal vigente colombiana, contribuyendo a que las organizaciones empresariales puedan tener un control adecuado para que no se presenten deficiencias auditivas tales como pérdida auditiva temporal o permanente y fatiga auditiva, además de otros problemas como el estrés, cefaleas, inestabilidad emocional, irritabilidad, agresividad y síntomas de ansiedad (Sahmurova et al., 2017) por otro lado cuando la iluminación es insuficiente o inadecuada, puede afectar la salud visual, el rendimiento laboral, el estado de ánimo y el bienestar general de los trabajadores, para ello se desarrolló este dispositivo el cual permite determinar a qué nivel de exposición se encuentran los colaboradores y de esta manera las organizaciones puedan implementar medidas de prevención ayudando a proteger la salud de los empleados que pueden verse afectados por el ambiente de trabajo mejorando

la calidad de vida laboral y reduciendo los costos asociados con lesiones y enfermedades profesionales (McCoy et al., 2005).

En los últimos años se vienen presentando altas cifras de pérdida auditiva, el ministerio de salud y protección social de Colombia indica que del 11% y 14% de la población colombiana son propensos a sufrir enfermedades auditivas a causa del ruido, alcohol y drogas, pero, principalmente en adultos se ha definido dos variables que aceleran la aparición de enfermedades auditivas y son la exposición al ruido y el envejecimiento (Ministerio de Salud, 2016).

Juan Sebastián Bejarano, optómetra de Essilor Colombia, dijo que la fatiga visual se presenta por el uso desmesurado de computadores sin la debida protección visual y por una mala iluminación. Cuando el trabajador está concentrado frente a su pantalla de computador deja de parpadear con la regularidad necesaria y esto ocasiona las dolencias. Se manifiesta con molestias oculares (picor, ardor, sequedad, lagrimeo, parpadeo, dolor ocular), trastornos visuales (visión borrosa, visión fragmentada y diplopía) y síntomas extraoculares (cefalea, vértigo, molestias cervicales, náuseas), explicó. (RCN Radio, 2019)

En Colombia se tiene que aproximadamente el 70% de la población sufre fatiga auditiva a causa de lo mencionado anteriormente, esta enfermedad está dentro de las cinco enfermedades laborales más comunes en el país y en los últimos años se está en un proceso de seguimiento, debido a que en las compañías se ha incrementado el uso de pantallas electrónicas en los puestos de trabajo y esto altera la probabilidad de desencadenar enfermedades visuales laborales (Escobar-Castro et al., 2021).

2. Normatividad

2.1. Resolución 1792 de 1990

Artículo 1. Adoptar como valores límites permisibles para exposición ocupacional al ruido, los siguientes:

TABLA 1.

Exposición (horas)	Intensidad sonora (dBA)
Para exposición durante ocho (8) horas	85
Para exposición durante cuatro (4) horas	90
Para exposición durante dos (2) horas	95
Para exposición durante una (1) hora	100
Para exposición durante media (1/2) hora	105
Para exposición durante un cuarto (1/4) de hora	110
Para exposición durante un octavo (1/8) de hora	115

Parágrafo. Los anteriores valores límites permisibles de nivel sonoro, son aplicados a ruido continuo e intermitente, sin exceder la jornada máxima laboral vigente, de ocho (8) horas diarias.

2.2. Resolución 2400 de 1979

Título III, capítulo III, artículo 83. Se deberán tener en cuenta los niveles mínimos de intensidad de iluminación, ya sean medidas en lux o en Bujías / pié, de conformidad con la siguiente tabla:

TABLA 2.

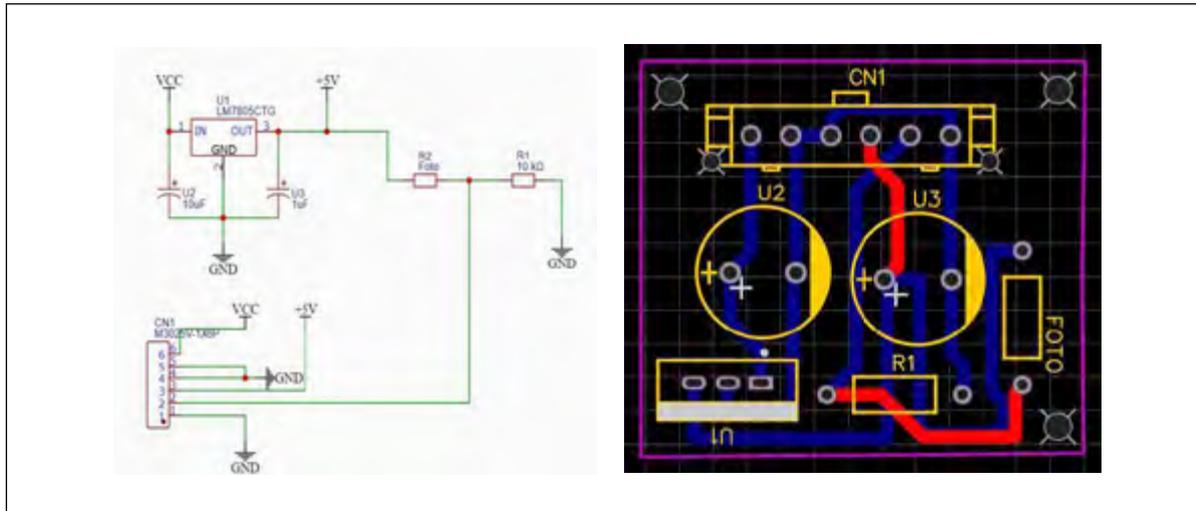
Concepto	Intensidad lumínica (Lux)
Trabajos que necesiten diferenciación de detalles extremadamente finos, con muy poco contraste y durante largos períodos de tiempo	De 1.000 a 2.000
Para diferenciación de detalles finos, con un grado regular de contraste y largos períodos de tiempo	De 500 a 1.000
Cuando se necesita diferenciación no moderada de detalles la intensidad de iluminación será de	300 a 500
Para trabajos con poca diferenciación de detalles la iluminación será de	150 a 250
En trabajos ocasionales que no requieren observación detallada la intensidad de iluminación será de	100 a 200
Zonas de almacenamiento, pasillos para circulación de personal, etc., con intensidad de iluminación de	200
Garajes, reparación de vehículos con iluminación de	1.000
Cuartos para cambios de ropas, con intensidad de	200
Trabajo regular de oficina, con intensidad de	1.500
Corredores, con intensidad de iluminación de	200
Sanitarios con intensidad de iluminación de	300
Bodegas, con intensidad de iluminación de	200

Parágrafo. Para los efectos de esta tabla, la unidad de medida será el lux, que se define como la intensidad producida en una superficie por una bujía estándar colocada a un metro de distancia.

3. Metodología

Se desarrolló una herramienta que conjuga sensores de sonido e iluminación y adicionalmente emite señales de alerta de acuerdo a la normativa colombiana, este dispositivo se compone de una foto resistencia calibrada para entregar lecturas en Lumens y un micrófono piezoeléctrico de alta sensibilidad calibrado en dB, cuyas lecturas son ingresadas a través de dos puertos de lectura de señales analógicas de 10 bits, cuyos valores mínimos de lectura de voltajes está por debajo del rango establecido por la norma. Lo anterior es procesado con el fin de establecer el nivel de señal, el cual es relacionado dentro de la programación del microcontrolador (Arduino UNO) con la norma técnica colombiana, esto permitirá conocer en tiempo real si los parámetros cumplen la normativa, evitando de esta forma errores de interpretación que pueden repercutir en sanciones para la organización. Para esto se desarrolló el circuito de la Figura 1.

FIGURA 1. Esquema circuital del sistema de medición de Luz



En el caso del medidor de sonido este se compone de un micrófono conectado directamente al Arduino en uno de los puertos de conversión Análogo-Digital (ADC), dado los niveles de ruido no requirió de ningún tipo de circuito extra para la adquisición de la señal, es de resaltar el nivel mínimo de señal detectable es de 5 mV, el cual para esta aplicación es suficiente, dado que se busca medir niveles de ruido considerables.

4. Desarrollo

Se diseñó en FreeCAD un paraboloide, el cual tiene la finalidad de captar mejor el nivel del ruido al concentrar las señales de audio en el foco, para este fin se empleó la ecuación de la parábola $y = a(x - h)^2 + k$, en donde a , h , k son respectivamente la coordenada del foco en el eje X y el punto (h, k) la posición del vértice. Estos parámetros se ajustaron para determinar la posición correcta del micrófono.

Para este caso se seleccionó el foco del paraboloide para ubicar el micrófono donde se va a tener mejor recepción del ruido, esto es, a 4mm del vértice del paraboloide.

FIGURA 2. Impresión 3D del paraboloide diseñado para la captación de señales de ruido acústico



Esta configuración permite disminuir los costos generales del instrumento ya que evita el uso de amplificadores de señal, optimizando de esta forma el diseño.

Por medio del programa Arduino IDE se calibró el dispositivo usando como referencia un sonómetro y un luxómetro de la marca CEM modelo DT-815, serie N°160709468 y marca CEM modelo LUD DT-3809 serie N° 14051114, respectivamente. Al obtener esta calibración permitió que el Luxofi arroje resultados fidedignos para ambos factores de riesgo (ruido e iluminación) y de esta manera poder utilizar el dispositivo en las organizaciones para establecer e implementar medidas de prevención o intervención según sea la necesidad.

5. Resultados

Se realizaron mediciones higiénicas en varias áreas laborales implementando el Luxofi y los resultados obtenidos fueron registrados en la Tabla 3.

TABLA 3. Mediciones efectuadas con el dispositivo Luxofi para determinación del éxito en la evaluación de los niveles de ruido acústico y lumínico de acuerdo con las normas técnicas

SONOMETRÍAS				
No.	Sitios de medición	Tiempo (minutos)	Valor promedio dB(A)	Valor máximo dB(A)
1.	Piso 1			
1.1	Entrada	5	70,3	79,1
1.2	Afuera del laboratorio de ingenierías, donde se encuentra la planta del aire acondicionado (chiller)	4	60,1	65,0
2.	Piso 2			
2.1	Zona de descanso	4	60,0	62,4
2.2	Cafetería	5	69,4	75,3
3.	Piso 4			
3.1	Pasillo	4	53,0	65,2
4.	Piso 10			
4.1	Laboratorio desuelos	4	60,0	75,0

LUXOMETRÍAS				
No.	Sitios de medición	Tiempo (minutos)	Valor promedio Lux	Valor máximo Lux
1.	Piso 1			
1.1	Entrada	5	385,7	390,7
2.	Piso 2			
2.1	Zona de descanso	4	92,3	92,5
2.2	Cafetería	5	340,1	360,0
2.3	Ventana	4	122,4	133,2
3	Piso 10			
3.1	Laboratorio desuelos	4	402,5	406,0

En todos los casos detallados el dispositivo pudo distinguir de forma exitosa en cuales escenarios hubo violación de la norma técnica programada.

6. Discusión

Los resultados encontrados se alinean con el propósito inicial el cual fue crear una herramienta o dispositivo de bajo costo, que cumpliera dos funciones al mismo tiempo (medir ruido e iluminación), pero, que a la vez entregara información verídica y de gran importancia para prevenir enfermedades laborales de acuerdo con la norma técnica colombiana. Como se pudo apreciar el instrumento entrega medidas confiables avaladas por instrumentos comerciales calibrados y que al mismo tiempo permite entregar un resultado en tiempo real sin ambigüedad, esto es, evita los errores de interpretación presentándole al usuario la interpretación de la norma en lugar de una medida física.

FIGURA 3. Imagen del dispositivo completamente ensamblado (versión anterior)



7. Análisis

Caso 1: Supongamos que hay una empresa que fabrica maquinaria pesada para la construcción. Esta empresa cuenta con una nave industrial donde se llevan a cabo los procesos de producción, ensamblaje y pruebas de los equipos. La nave es muy amplia y ruidosa debido al funcionamiento constante de las máquinas y equipos.

Sin embargo, el nivel de ruido en la nave industrial ha aumentado en los últimos meses debido a la adición de nuevas máquinas y al aumento de la producción. Los trabajadores han comenzado a quejarse de dolores de cabeza, fatiga, pérdida de audición y otros problemas de salud relacionados con el ruido.

Se recomienda que la empresa implemente mediciones higiénicas auditivas con el dispositivo llamado Luxofi, el cual permite identificar si se están superando los límites legales permitidos por las normas de ruido de la industria, lo que indicará si la empresa está incumpliendo la normativa legal. De acuerdo con los resultados la empresa determinara las intervenciones necesarias para salvaguardar el bienestar de sus empleados.

Caso 2: Imaginemos una empresa que se dedica a la producción de piezas de alta precisión, como componentes para la industria aeronáutica. Los procesos de producción en esta empresa requieren de una iluminación adecuada para garantizar la precisión y calidad de los productos fabricados.

Sin embargo, en los últimos meses, los trabajadores han notado que la iluminación en la fábrica ha disminuido, lo que dificulta la realización de las tareas de manera eficiente y precisa. Además, algunos trabajadores han reportado problemas de vista, dolores de cabeza y fatiga visual debido a la baja iluminación en la fábrica.

Los trabajadores se sienten frustrados y preocupados por su salud y seguridad en el trabajo, ya que la falta de iluminación adecuada puede aumentar el riesgo de accidentes y errores en la producción.

Un día, uno de los trabajadores comete un error en la producción debido a la falta de iluminación adecuada. Como resultado, se produce un retraso en la producción y se pierden importantes contratos con clientes. La empresa se da cuenta de que la baja iluminación en la fábrica ha afectado gravemente su rentabilidad y reputación.

Se recomienda como medida correctiva implementar mediciones higiénicas de iluminación con el dispositivo llamado Luxofí, para determinar los bajos niveles de iluminación y así intervenir en las áreas de trabajo evitando la reiteración de dicha situación.

Es importante mencionar que si se implementaba esta medida de manera preventiva se hubiesen ahorrado costos significativos de producción y preservarían los clientes.

8. Conclusiones

Al realizar todo el proceso se estableció que es necesario conocer y contar con un dispositivo el cual permita identificar si se exceden los límites permisibles en las organizaciones, esto por varias razones, permite a las empresas cumplir con las normas y regulaciones establecidas por las autoridades competentes. Estas normativas buscan proteger la salud y seguridad de los trabajadores y asegurar condiciones laborales adecuadas, siendo fundamental para el bienestar y salud de los empleados y el rendimiento general de la organización evitando posibles sanciones legales y demuestra el compromiso de la empresa con la salud y bienestar de sus trabajadores.

Las mediciones de ruido e iluminación proporcionan datos objetivos sobre las condiciones existentes lo que permite identificar áreas de mejora y tomar medidas preventivas o dado el caso correctivas, esto, para reducir el ruido excesivo y mejorar la iluminación creando un entorno más cómodo y favorable para los empleados, lo que puede aumentar su productividad, satisfacción y compromiso, asimismo se crea un entorno de trabajo más propicio para la realización eficiente de las tareas aumentando la calidad del trabajo y reducción de accidentes y enfermedades laborales.

En muchos casos no se dispone de los medios adecuados para identificar los niveles de ruido e iluminación a los que sus trabajadores están expuestos, como ya se mencionó anteriormente la exposición repetitiva a altos niveles de ruido e iluminación pueden desencadenar enfermedades profesionales auditivas como Hipoacusia ocupacional o pérdida de audición y tinnitus, entre otros y enfermedades profesionales visuales tales como fatiga visual y traumatismos oculares, entre otros. En Colombia, muchas empresas no cuentan con los recursos necesarios para evitar el deterioro de la salud de los trabajadores por lo tanto este dispositivo por su bajo costo permite que las empresas no se vean afectadas económicamente por enfermedades auditivas y visuales ocupacionales al no realizar estas mediciones higiénicas.

Referencias bibliográficas

- Sahmurova, A., Kiyak, M. y Budak, M. E. (2017). Investigation of the relationship between noise pollution and anxiety. En *4th Global Conference on Contemporary Issues in Education* (pp. 19-21).
- McCoy, J. M. y Evans, G. W. (2005). Physical work environment. En *Handbook of work stress* (pp. 219-245).
- Resolución 1792 de 1990 [Ministerio de Trabajo y Seguridad Social Ministerio de Salud] (3 de mayo de 1990). *Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.*

- RCN Radio (17 de junio de 2019). *Al menos 70% de población colombiana sufre de fatiga visual*. <https://www.rcnradio.com/salud/al-menos-70-de-poblacion-colombiana-sufre-de-fatiga-visual>
- Escobar-Castro, D. I., Vivas-Cortés, M. D. J., Espinosa-Cepeda, C. P., Zamora-Romero, A. M. y Peñuela-Epalza, M. E. (2021). Hearing loss symptoms and leisure noise exposure in university students in Barranquilla, Colombia. *CoDAS*, 34.
- Resolución 2400 de 1979 [Ministerio de Trabajo y Seguridad Social] (22 de mayo de 1979). *Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo*.
- Decreto 1072 de 2015 [Ministerio de Trabajo] (26 de mayo de 2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*.
- Ministerio de Salud y Protección Social (3 de marzo de 2016). *5 millones de colombianos tienen problemas de audición*. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/5-millones-de-colombianos-tienen-problemas-de-audicion.aspx>
- Ministerio de la Protección Social (2006). *Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR)*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/guia-atencion-integral-hipoacusia.pdf>