

Prototipo de casco minero inteligente

Jorge Villcáez Castillo
jorgevill2015@gmail.com
Lucio Fernández Ampa
luciofernandez2021@gmail.com
Ingeniería Informática
Universidad Nacional “Siglo XX”
Llallagua-Bolivia

Resumen - El objetivo del presente artículo de investigación fue el de implementar el prototipo de un Casco Minero Inteligente, para lo cual se aplicó los tipos de investigación documental y aplicada para lograr el objetivo, se utilizó el método de la experimentación con la finalidad de cambiar y transformar la situación actual de los trabajadores de interior mina, planteando una propuesta de solución práctica que coadyuve en la seguridad de los trabajadores de nuestro distrito minero de Siglo XX. El procedimiento tuvo tres etapas: en la primera etapa se obtuvo el diseño del prototipo del Casco Minero Inteligente, luego se obtuvieron los dispositivos para su posterior implementación física del mismo. Al culminar dicho procedimiento, se logró obtener resultados satisfactorios para lo cual fue diseñado e implementado el prototipo del Casco Minero Inteligente. El resultado obtenido final del presente trabajo de investigación fue la implementación de un producto tangible que se constituye en un CASCO MINERO INTELIGENTE, producto obtenido de la investigación y la aplicación de las ciencias de la electrónica e informática. La investigación realizada se llevó a cabo en la gestión 2022.

Palabras clave - *Casco Minero Inteligente, Sensores, Seguridad, Prototipo, Actuadores*

ABSTRACT

Abstract - The objective of this research article is to implement the prototype of an Intelligent Mining Helmet, for which the types of documentary and applied research were applied to achieve the objective, the method of experimentation was used in order to change and transform the current situation of workers inside the mine, proposing a proposal for a practical solution that contributes to the safety of workers in our Siglo XX mining district. The procedure had three stages: in the first stage, the design of the Intelligent Mining Helmet prototype was obtained, then the devices were obtained for its subsequent physical implementation. At the end of said procedure, it was possible to obtain satisfactory results for which the prototype of the Intelligent Mining Helmet was designed and implemented. The final result obtained from this research work was the implementation of a tangible product that constitutes an INTELLIGENT MINING HELMET, a product obtained from the investigation and application of electronics and computer sciences.

Keywords - *Smart Mining Helmet, Sensors, Safety, Prototype, Actuators*

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente investigación es el de implementar un prototipo de un Casco Minero Inteligente para los trabajadores mineros de interior mina del municipio de Llallagua.

La **situación problemática** identificada en los trabajadores de interior del distrito minero de Siglo XX, se puede resumir en los siguientes puntos: Presencia de gases tóxicos nocivos para la salud de las personas. Intoxicación debido a la presencia de gases tóxicos de interior mina, Mala calidad de aire, La humedad de interior mina. Derrumbes. Extravío en el interior de la mina. Calor excesivo en ciertos lugares de la mina. Enfermedades producidas por la explotación minera. Iluminación deficiente en las áreas de trabajo. Caídas en interior mina y otros problemas que se presentan en la explotación minera del estaño. (Alfonso, Zambra, & Loredo, 2014)

El **planteamiento del problema** fue

¿Cómo coadyuvar en la seguridad de los trabajadores mineros en la actividad minera? para ello el **objetivo general** planteado fue el de Implementar un prototipo de Casco Minero Inteligente que permita mejorar la seguridad de los trabajadores mineros. Para su concreción se plantearon los siguientes **objetivos específicos**: Analizar los requerimientos de seguridad de los trabajadores mineros en función de los riesgos a los que se encuentran expuestos. Diseñar el prototipo del Casco Minero Inteligente. Obtener los sensores, componentes electrónicos y aplicaciones informáticas adecuadas para el prototipo. Ensamblar el prototipo del Casco Minero Inteligente de acuerdo a las comodidades del trabajador minero. Realizar pruebas del prototipo.

La **justificación** de la investigación se enfocó en la implementación de un Casco Minero Inteligente que permita reducir los riesgos de exposición a gases tóxicos y otros riesgos que se encuentran en interior mina. Para lo cual se plantearon las siguientes justificaciones: **Justificación social**: Los principales beneficiarios del Casco Minero Inteligente serán los trabajadores mineros de las diferentes cooperativas mineras de nuestro municipio, quienes desarrollan sus actividades de explotación minera al interior de los socavones de nuestro distrito. **Justificación técnica**: El Casco Minero Inteligente permitirá

mostrar las potencialidades de la aplicación de la electrónica e informática en un prototipo que permitirá reducir los riesgos de intoxicación en la actividad minera de los trabajadores de nuestro municipio. Se aplicarán los conocimientos teórico prácticos sobre automatización impartidos en la Asignatura de Microprocesadores y Microcontroladores en el Tercer Año de formación en la Carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional “Siglo XX”. **Justificación económica**: La implementación del Casco Minero Inteligente en la actividad minera de las cooperativas de nuestro distrito, permitirá coadyuvar con la seguridad de los trabajadores mineros, lo que permitirá evitar pérdidas humanas y accidentes al interior de la mina.

Como **sustento teórico** para el presente trabajo de investigación, se consideraron como conceptos fundamentales de los Riesgos de la Actividad Minera, Los gases que se encuentran en interior mina, Los sensores, Los Actuadores y la Placa Arduino

Entre los **Riesgos** de la actividad minera, se pueden destacar (ISOTools, 2010): **Riesgo Físico**: lesiones que generan traumas por causa de eventos como explosiones, derrumbes, atrapamientos, inundaciones, la pérdida de la audición que se genera como causa del uso de máquinas y herramientas, la presión que genera golpes de calor, entre otros. **Riesgo químico**: intoxicación por exposición a sílice cristalina, EPOC por exposición a polvo de carbón, cáncer por exposición al asbesto. **Riesgo biológico**: enfermedades que afectan directamente el sistema respiratorio, como lo son la tuberculosis ocasionada por la exposición a la sílice que genera la silicosis, la legionelosis causada por la bacteria Legionella pneumophila presente en las minas por las torres para refrescar el ambiente. **Riesgos psicosociales**: por las condiciones del trabajo, las largas jornadas y la exigencia física, fatiga, desvelos, de los anteriores se derivan en comportamientos como el consumo fuera de límites de alcohol, sustancias alucinógenas. **Riesgos Ergonómicos**: lumbalgia (dolor en la espalda baja), dorsalgia (dolor que es llega hasta el cuello y brazos), cervicgia (dolor del cuello), síndrome de hombro doloroso (dolor intenso en el hombro), que son causados por los movimientos repetitivos, y el exceso de carga.

Los **gases que se encuentran en interior mina**

principalmente son los siguientes (Seguridad Minera, 2013): Nitrógenoanhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Gases nitrosos, Anhídrido sulfuroso, Gas sulfhídrico, Gas grisú y otros.

Los **sensores** son herramientas que detectan y responden a algún tipo de información del entorno físico. (Services, 2015)

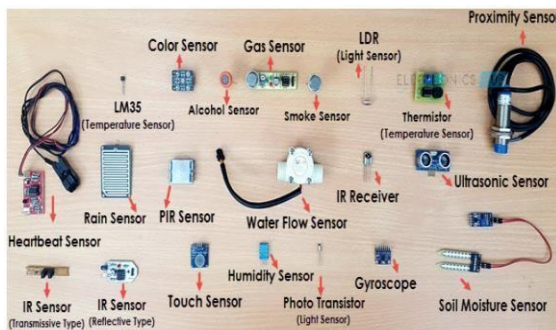


Figura 1: Tipos de sensores

Los **Actuadores** son dispositivos capaces de generar un cambio en la posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía: (UAEH, 2021)

La **Placa Arduino** es una placa electrónica basada en “open-source” o de código abierto cuyos principios son contar con software y hardware fáciles de usar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree. Es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona. (Fundación, 2014)

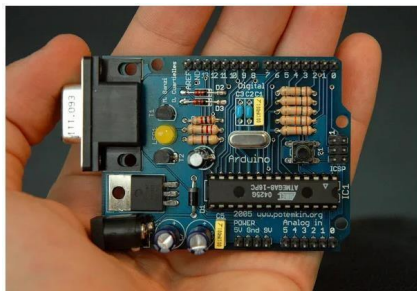


Figura 2: Placa Arduino

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la **investigación bibliográfica** (documental) para realizar la recopilación bibliográfica de aspectos referentes a los riesgos del trabajo en interior mina y la utilidad de la aplicación de electrónica e informática en propuestas de solución.

Se usó la **investigación aplicada** para cambiar y transformar la situación actual de los trabajadores de interior mina, proponiendo una propuesta de solución práctica que coadyuve en la seguridad de los trabajadores de nuestro distrito minero.

Métodos Empíricos

- La **observación**: Empleada para registrar el modo de trabajo y riesgos de los trabajadores en interior mina.
- La **experimentación**: Utilizada para la implementación del prototipo del Casco Minero Inteligente.

Métodos teóricos

- **Método deductivo – inductivo**: Permitió obtener información teórica sobre los aspectos técnicos de dispositivos empleados en el prototipo propuesto.
- **Método análisis – síntesis**: Permitió descomponer y procesar los datos bibliográficos recolectados para proponer la propuesta de solución, que se vio plasmado en la implementación de un prototipo de un Casco Minero Inteligente.

Técnicas

Para realizar la observación se utilizó una guía de observación para registrar las actividades y riesgos de los trabajadores mineros. Se realizaron las pruebas de funcionamiento del prototipo del Casco Minero Inteligente para determinar su buen funcionamiento.

Recursos

Los recursos necesarios para la implementación del presente proyecto son los siguientes:

Dispositivos Electrónicos

- Sensor ultrasónico
- Resistencias
- Cables de conexión
- Placa pre perforada

- Porta baterías
- Batería de Ion Litio de 3000 mA
- Sensor de temperatura y humedad
- Placa Arduino
- Buzzer activo y pasivo
- Leds indicadores
- Sensor de dióxido de carbono CO₂
- Sensor de gas metano CH₄
- Pantalla LCD
- Batería recargable de 9 V
- Interruptores
- Módulo de carga de 5 V

Herramientas

- Soldador
- Estaño
- Pasta de soldar
- Porta cables
- Pinza
- Pistola de silicona
- Cables para conexiones

Equipos

- Multítester
- Osciloscopio
- Protoboard
- Computadora Portátil
- Impresora

Software

- IDE Arduino
- Proteus
- Microsoft Word
- Microsoft Excel

Laboratorio

- Laboratorio de Informática Industrial de la Carrera Ingeniería Informática de la Universidad Nacional “Siglo XX”

3 DESARROLLO

Para la implementación del Casco Minero Inteligente, se establecieron las siguientes etapas:

- a) Diseño del Casco Minero Inteligente
- b) Obtención de dispositivos para el Casco Minero Inteligente
- c) Implementación del Casco Minero Inteligente

a) Diseño de Casco Minero Inteligente

Inicialmente se diseñó el proyecto, para ello se recurrió al software Proteus en su versión 8. En la (Figura 3) se muestra parte del diseño elaborado en Proteus:

Obtención de dispositivos para el Casco Minero Inteligente

En base al diseño realizado, para la implementación del Casco Minero Inteligente, se tuvo que adquirir los diferentes componentes necesarios en el mercado local y el mercado nacional, recurriendo para ello a tiendas especializadas en la provisión de componentes electrónicos de la ciudad de La Paz como ser Arduinel, EPY Electronics y otros.

En la (Figura 4) se muestran los diferentes componentes necesarios adquiridos.

Implementación del Casco Minero Inteligente

Codificación: Se realizó la codificación del software que controlará los dispositivos implementados en un casco de un trabajador minero, en función de las necesidades requeridas de seguridad. Para ello se utilizó el IDE de Arduino.

En la (Figura 5) se muestra parte del código elaborado en el IDE de Arduino:

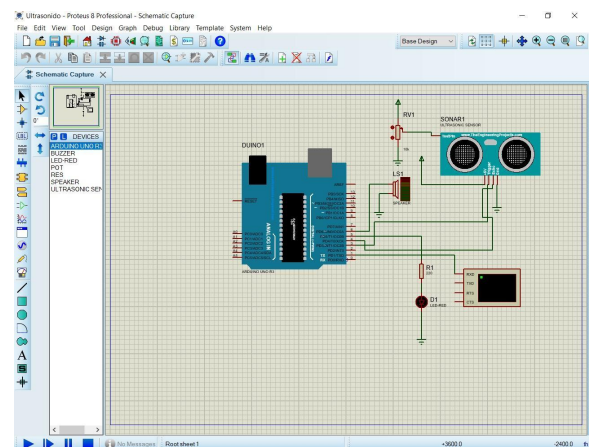
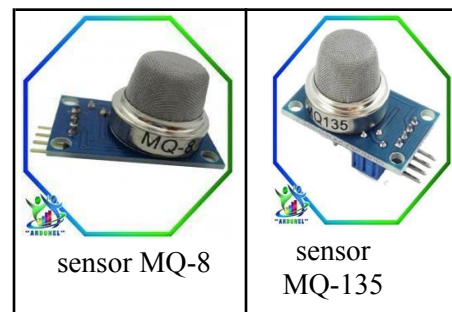


Figura 3: Diseño del Casco Minero Inteligente en Proteus



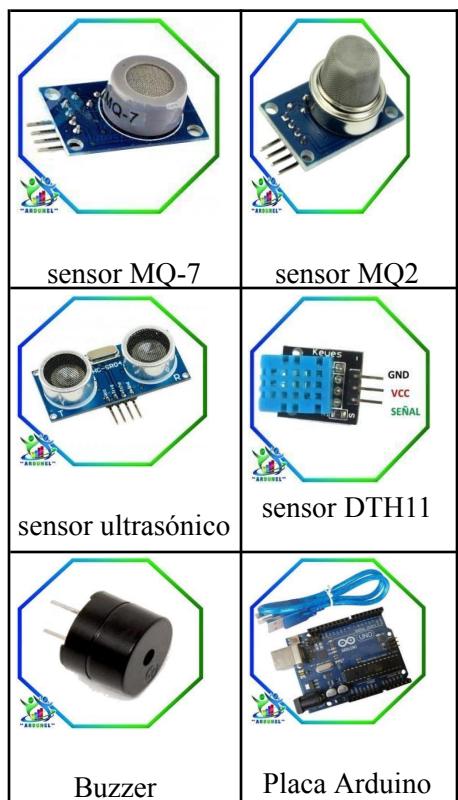


Figura 4: Dispositivos adquiridos necesarios para el Casco Minero Inteligente

correcto funcionamiento.

En las siguientes figuras, se muestran paso a paso cuál fue el proceso de ensamblado del Casco Minero Inteligente:

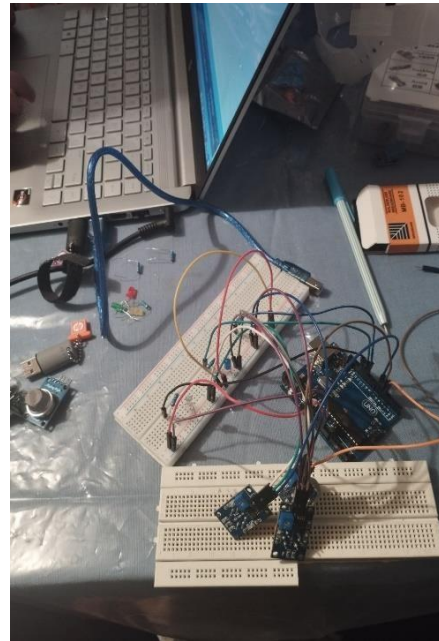


Figura 6: Prueba de sensores



Figura 5: Parte del Código del Casco Minero Inteligente en el IDE de Arduino

Ensamblaje del Casco Minero Inteligente: Con los componentes adquiridos y en base al diseño realizado, se procedió al ensamblaje del Casco Minero Inteligente.

Para el ensamblaje se procedió paulatinamente a la incorporación de los componentes necesarios al casco de un trabajador minero. En cada etapa, se hicieron las pruebas necesarias para verificar el

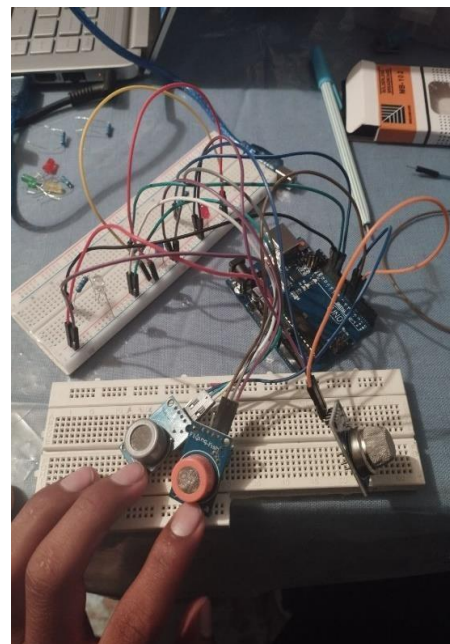


Figura 7: Conexión de los sensores



Figura 8: Ensamblaje al casco de los diferentes sensores



Figura 12: Pruebas con el casco

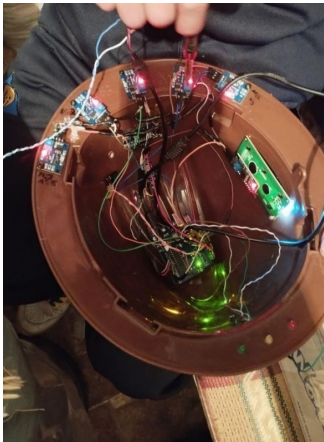


Figura 9: Conexión del cableado del casco



Figura 12: Instalación final del casco

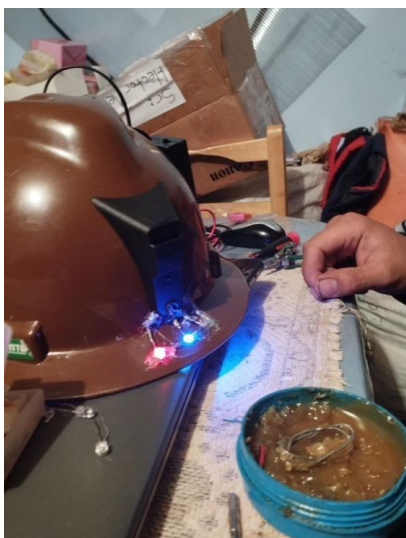


Figura 10: Funcionamiento inicial del casco

4 RESULTADOS

Como resultado final del presente trabajo de investigación, se obtuvo un producto tangible que se constituye en un CASCO MINERO INTELIGENTE, producto de la aplicación de las ciencias de la electrónica e informática que se complementaron para la obtención del casco.

El producto obtenido, se espera pueda ser de gran ayuda y coadyuve en la seguridad de los trabajadores mineros de las diferentes cooperativas de nuestro municipio, quienes realizan sus labores cotidianas al interior de los socavones, poniendo en riesgo, muchas veces, su integridad física.

Esperamos que el Casco Minero Inteligente sea un aporte significativo al sector minero, y que en su

implementación masiva se pueda contar con la colaboración de las autoridades de la Universidad Nacional “Siglo XX” y del municipio.

Para el funcionamiento final, se efectuaron las pruebas necesarias para el funcionamiento del casco minero de manera eficiente, tal como se muestra en la siguiente figura:

Y como producto final, se obtuvo el Casco Minero Inteligente de manera funcional y con las prestaciones para las que había sido diseñado e implementado.

A continuación, se muestran las diferentes figuras que muestran el funcionamiento del Casco Minero Inteligente:

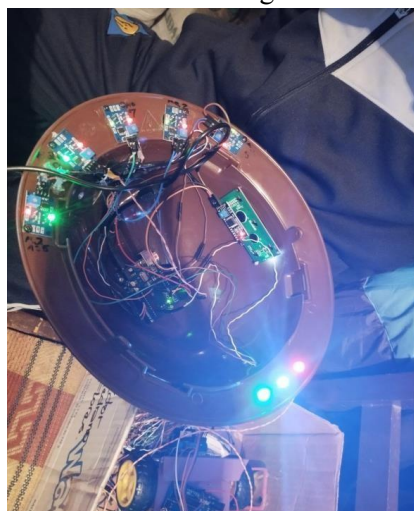


Figura 20: Funcionamiento de los sensores



Figura 21: Funcionamiento de la pantalla LCD



Figura 22: Funcionamiento de la parte frontal del Casco



Figura 23: Prueba del Casco Minero Inteligente con todas sus funcionalidades

5 DISCUSIÓN

Con respecto al presente trabajo de investigación, se puede señalar que:

Revisados trabajos de investigación similares, se pudo destacar los siguientes entre los más relevantes:

- El trabajo realizado por Investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) que crearon un casco inteligente que permitirá reducir accidentes de obreros y mineros en el Perú. Los autores son Luis Kenji Hilasaka Sánchez, Andree Franklin Salazar Rojas, Saúl Quispe Galdós, Daniel Paz Zúñiga y Jhaspeer López

Casihue, investigadores del laboratorio Smart Machine del Centro de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la UNI. Dicho trabajo sacó como resultado un casco para el área minera y energética, donde se hace énfasis solo en la detección de gases tóxicos. (Hilasaka Sánchez, Salazar Rojas, Quispe Galdós, Paz Zúñiga, & López Casihue, 2016)

- El trabajo de investigación intitulado Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales de los autores Henry Nelson Aguilera Vidal, Franklin Landerson Gallegos Ramírez, Anabell Martha Rea Freire1, Michael Nilo Galeas publicado en la Revista de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en año 2021. (Aguilera Vidal, Gallegos Ramírez, Rea Freire, & Nilo Galeas, 2021)

Los resultados indican que se elaboró un casco de seguridad industrial para reducir el índice de accidentabilidad.

La figura siguiente muestra el diseño del casco:



Figura 24: Casco inteligente para seguridad industrial desarrollado por UTE de Quevedo

Cabe señalar que, en sus funcionalidades, el casco está diseñado para que pueda ser utilizado mayormente en entornos externos y solo permite la medición de proximidad, humedad y temperatura.

Con referencia a las investigaciones

mencionadas, se puede señalar que la presente propuesta del presente trabajo de investigación, hace énfasis en la seguridad de los trabajadores de interior mina del distrito minero de Siglo XX. No se pudo establecer trabajos que hagan énfasis en la seguridad de los trabajadores mineros, por lo que se determina su singularidad en estos tipos de investigaciones realizadas.

Las funcionalidades del Casco Minero Inteligente son varias, como la detección de gases tóxicos para la salud de los trabajadores, la medición de distancias ante peligros físicos, alarmas de seguridad, medición y temperatura de interior mina los cuales se muestran en una pantalla LCD incorporada al casco y diferentes tipos de sensores incorporados en el casco que permiten brindar cierta seguridad a los trabajadores mineros.

Por lo mencionado anteriormente, consideramos, que el presente trabajo de investigación se constituye en un trabajo singular en la temática abordada.

6 CONCLUSIONES

A la finalización del presente trabajo de investigación y una vez obtenido el producto del Casco Minero Inteligente, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se pudo analizar los requerimientos de seguridad de los trabajadores mineros que realizan las actividades en interior mina de nuestro distrito. Se pudo observar los riesgos que corren los compañeros mineros.
- Con las herramientas software disponibles, se logró realizar el diseño del prototipo del Casco Minero Inteligente
- En base a los requerimientos y el diseño, se logró obtener los sensores, componentes electrónicos y aplicaciones informáticas adecuadas para el prototipo. Los componentes fueron adquiridos del mercado local y en algunos casos de las tiendas especializadas en electrónica de la

- ciudad de La Paz.
- Se consiguió ensamblar el prototipo del Casco Minero Inteligente de acuerdo a las comodidades del trabajador minero.
- Para el resultado final, se realizaron las pruebas necesarias del prototipo para observar su correcto funcionamiento.

s-cientificos/sensores
 UAEH. (2021). Actuadores. Recuperado el 10 de agosto de 2022, de http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/actuadores.html

7 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Vidal, H. N., Gallegos Ramírez, F. L., Rea Freire, A. M., & Nilo Galeas, M. (enero de 2021). Casco inteligente de seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales. *Revista de ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 4(1), 16. Recuperado el 15 de agosto de 2022
- Alfonso, P., Zambra, R., & Loredó, V. (2014). Relevancia Mundial de la Minería de Estaño de Llallagua, Bolivia. Recuperado el 15 de junio de 2022, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/171829/Alfonso_esta%C3%B1o_Llallagua.pdf
- Fundación, A. (2014). Arduino. Recuperado el 10 de agosto de 2022, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>
- Hilasaka Sánchez, L. K., Salazar Rojas, A. F., Quispe Galdós, S., Paz Zúñiga, D., & López Casihue, J. (2016). Agencia Peruana de Noticias. Recuperado el 25 de junio de 2022, de <https://andina.pe/agencia/noticia-crean-casco-inteligente-permitira-reducir-mas-del-30-accidentes-laborales-612783.aspx>
- ISOTools. (2010). Principales Riesgos de la Industria Minera. Recuperado el 20 de agosto de 2022, de <https://www.isotools.org/2020/10/13/principales-riesgos-de-la-industria-minera/>
- Seguridad Minera. (2013). Salud Ocupacional y Primeros Auxilios. Recuperado el 12 de junio de 2022, de <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/7-gases-presentes-minas-subterraneas/>
- Services, H. &. (2015). Sensores. Recuperado el 20 de agosto de 2022, de <https://www.nibib.nih.gov/espanol/tema>