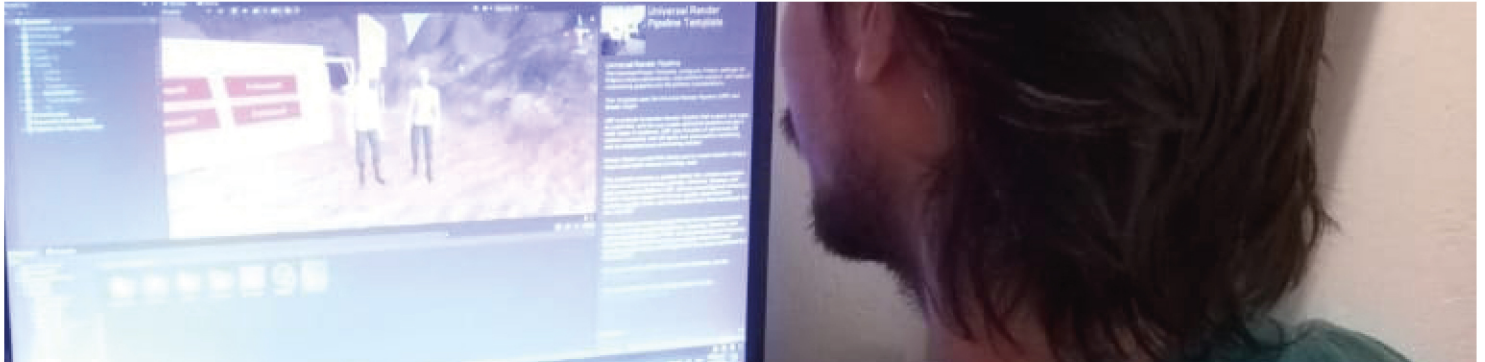




Sistema Visual de Alerta de Riesgos Aplicado a las Minas Subterráneas de Colombia.

Visual risk alert system applied to underground mines in Colombia.

Por: EDISON JOSÉ PEÑARANDA TOSCANO
Ingeniero de minas, Especialista en gerencia de producción y operaciones, Especialista en gerencia de riesgos laborales, seguridad y salud en el trabajo. Instructor del Centro de Formación Minero Ambiental del SENA - Regional Antioquia.
ejpenaranda@sena.edu.co

Resumen

Este sistema tiene como objetivo, minimizar las consecuencias y severidad de los posibles eventos infortunados que puedan presentarse en un área o sector determinado de las minas subterráneas, disminuyendo los posibles accidentes, y si hubiere, las lesiones que se puedan presentar tanto humanas como económicas y así mismo influir en la

optimización de la producción y operación por cuanto el sistema se basa en la implementación de metodologías de mejoramiento continuo como el ciclo planear, hacer, verificar y actuar- PHVA según lo dispone el decreto único reglamentario del sector trabajo (Decreto 1072, 2015) para todo lo relacionado con la Seguridad y Salud en el Trabajo. La metodología del proyecto sigue el orden lógico del ciclo PHVA; para la fase “Planear” se definen la identificación del problema, su observación, el análisis y finalmente la elaboración del plan de acción como resultado de los anteriores pasos; luego en el “Hacer” procedemos determinando el desarrollo del plan de acción propuesto en la fase anterior, teniendo como alcance la aplicación de instrumentos que nos permitan conocer las limitaciones del sistema de acuerdo con los usuarios; seguidamente en “Verificar” se realizará un proceso

de verificación del sistema mediante la elaboración del diagrama de flujo de datos de la información capturada, definiendo el procedimiento para la utilización del sistema y finalmente en “Actuar” realizamos la estandarización y las conclusiones finales del proyecto.

Palabras clave: Minería, Seguridad en el trabajo, Sistema de alerta.

Introducción

Según los reportes de accidentalidad de la Agencia Nacional de Minería - ANM de Colombia, se registra para el año 2018 un total de 112 mortalidades, en la vigencia 2019 un total de 82 y para el periodo de enero a junio de 2020, un total de 80 mortalidades (Agencia Nacional de Minería, 2020). Es de notar que las principales causas de estas, son las atmosferas viciadas y los derrumbes, los cuales en muchos casos se puede asimilar a la falta de inspección y monitoreo de los riesgos y su reporte en tiempos oportunos como lo recomienda el reglamento de higiene y seguridad en la labores mineras subterráneas decreto 1886 Ministerio minas y energía, (2015), y su modificación mediante el decreto 539 Ministerio de minas y energía, (2022); la propuesta de un sistema de alertas visual permite reducir los tiempos de reporte y mitigación de los riesgos identificados desde el aporte del talento humano de cualquier organización.

Reflexión

Como medio para el desarrollo de este sistema, se toma una mina subterránea que permita conocer el método utilizado para identificar los riesgos presentes en sus operaciones mineras, del mismo

modo poder modificar su protocolo y de esta manera implementar el sistema de alertas visuales.

En cuanto a la implementación de tecnologías para la reducción y control de los riesgos asociados a las operaciones mineras, encontramos que en su mayoría estas se basan en la prevención de un riesgo en específico o un problema particular presentado en cada unidad de operación minera, tanto en el método a cielo abierto como subterránea; esto se puede evidenciar con lo expuesto por:

Miranda & Changa, (2016) con la implementación de un sistema para medir la fatiga de los trabajadores en los camiones de acarreo de la mina de Arequipa, dedicándose al factor de riesgo ergonómico y las afectaciones por el cansancio de los operarios de maquinaria amarilla.

También tenemos para la minería subterránea sistemas basados en el monitoreo de atmosferas peligrosas propuesto por Carreño, (2010) de los cuales solo atienden una necesidad en materia de riesgos asociados a las operaciones mineras, siendo muy específicos en el factor de riesgo químico por afectación de gases contaminantes.

Otro referente es la relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón, propuesto por Echávez, (2016) que del mismo modo solo se enfoca en la afectación que puede tener un trabajador expuesto al riesgo químico por inhalación de polvo de carbón.

La minería en el mundo evidencia ciertas dificultades con la seguridad y salud en el trabajo; como ejemplo



La minería en el mundo evidencia ciertas dificultades con la seguridad y salud en el trabajo; como ejemplo de esto, se tiene que en la minería de Perú se presenta como factor común los problemas relacionados con la accidentalidad generados en el sector, como lo señala Lijarza diaz, (2019) en su tesis de grado que:

“La minería en el Perú representa uno de los sectores económicos que aporta mayor ingreso al PBI nacional. Asimismo, brinda desarrollo cultural y económico en las zonas donde se ejecuta. Sin embargo, afronta problemas como el incremento de accidentes e incidentes, los cuales no permiten que su producción se desarrolle de manera normal, esta actividad es considerada de alto riesgo por la naturaleza de su ejecución. Toma como caso de estudio la unidad minera en el departamento de Ayacucho, la cual presenta un incremento en los accidentes e incidentes en el año 2017, debido a que no existe una estandarización de sus procesos y no se imparte una cultura de comportamiento seguro antes, durante y después de las actividades. En esta propone la utilización de herramientas y metodologías de Ingeniería Industrial como son la estandarización de procesos, diseño de puestos, 5S y la seguridad basada en el comportamiento, donde plasma que la seguridad no es una condición que se dé de manera espontánea, su presencia requiere articular mecanismos que permitan conocer y hacer seguimiento de los riesgos presentes, planificar acciones preventivas adecuadas para el desarrollo de sus actividades. (p.2).”

Expuesto lo anterior, encontramos que las tecnologías aplicadas en los últimos años se concentran principalmente en la prevención y mitigación de un riesgo en particular; sin embargo, el sistema visual de alertas pretende controlar no solo un riesgo en específico sino todos los que puedan encontrarse en el entorno del puesto de trabajo de cada colaborador y para ello se requiere hacer uso de las metodologías de mejoramiento continuo.

Es importante anotar que las metodologías de mejoramiento continuo contribuyen un aporte significativo a la seguridad y salud en el trabajo de las empresas que las implementan. No obstante, no se evidencia en Latinoamérica amplitud en la aplicación de esta metodología como lo menciona Reyes-B. et al., (2017)

“Aunque son pocas las experiencias reportadas en publicaciones científicas de implementación de las 5S en el contexto latinoamericano, afortunadamente, existe suficiente literatura a nivel mundial para emprender iniciativas y recomendaciones en el ambiente ecuatoriano, para lograr un mejor ambiente laboral, seguro y productivo con la implementación de la metodología japonesa 5S, (p. 1055).”

Es así como las metodologías de mejoramiento continuo tales como Lean manufacturing y otras, no han gozado de una amplia implementación en la industria minera tal como lo afirma Seifullina et al., (2018) basado en la premisa de que la investigación en estas áreas de aplicación es muy limitada. A pesar de esta afirmación, es necesario aplicarlas puesto que para otras industrias como la automotriz son una

herramienta casi que imprescindible en sus procesos operativos.

Ahora bien, El sistema visual de alertas de riesgo requiere para su aplicación que se ajuste al ciclo PHVA con el objetivo de llevar concordancia en lo establecido en el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo 1072 del 2015, por lo que para cada fase del ciclo se proponen fases en el proceder metodológico del diseño de este sistema, lo que da otra razón más para aplicar las metodologías de mejoramiento continuo en este sistema y que a continuación se explica la manera de aplicarlo.

El ciclo PHVA

El ciclo de Deming es una metodología usada para el mejoramiento continuo de los procesos, la solución de problemas en las empresas como los que no se

visualizan fácilmente. En general, estos problemas también sufrieron varios intentos fallidos de una posible solución. Su propósito es acelerar y perfeccionar las actividades de una empresa, por medio de la identificación de los problemas, sus causas y posibles soluciones.

Planear

El orden lógico del ciclo comienza con el “Planear”, el cual se concentra en la parte estratégica. El propósito es analizar la información para establecer objetivos y metas; para esto, es importante elaborar un plan/estrategia que resuelva los problemas encontrados, desarrollarlos con base en los valores, directivas políticas de la empresa, y tener en consideración el establecimiento de los objetivos pretendidos con el ciclo. En la tabla 1 se presenta el proceso para la fase planear.

Tabla 1.
Procesos de la
fase planear

Proceso	Objetivo	Desarrollo	Herramienta	Resultado
Identificación del problema	Definir el problema y reconocer la importancia de éste para el desarrollo de la actividad. Es tiempo de preguntarse ¿Qué está sucediendo? Realizar un análisis del problema, mostrar las pérdidas causadas por este y proponer una fecha para su solución.	Utilizando la evaluación de estándares mínimos del SG-SST de la empresa encontraremos las falencias presentes; sin embargo, nos ubicaremos principalmente a lo que respecta del grupo de la Gestión de Peligros y Riesgos, donde se observamos los ítems de identificación de peligros, evaluación y valoración del riesgo, y medidas de intervención y control para intervenir los peligros/riesgos que son los puntos clave que trata el sistema	Informes Datos Gráficos Fotos Lluvia de ideas.	Problema encontrado: La identificación de los riesgos de la mina se realiza con métodos no efectivos para su control tales como formatos que luego son archivados sin seguimiento efectivo
Observación del problema	Observar el problema detalladamente con sus características específicas. Esta puede ser la fase más demorada del proceso ya que las características del problema deben ser analizadas desde varios puntos de vista, además de observar el problema en los lugares donde suceden.	Se ubicaron tres puntos de observación, priorizando los puestos de trabajo que más interesaban para la formulación del diseño metodológico de este sistema. Entre estos se encontraban: la oficina de la mina donde se desarrollan los procesos de documentación de la información y específicamente los formatos que se utilizan para la inspección de los puestos de trabajo en la organización; otro de los puestos de trabajo que se tomó como muestra, fue el picador que es uno de los más comunes en la mina; en este, se observó las funciones, la forma de realizar su labor y la distribución del mismo. Finalmente, el tercer analizado fue el operario del malacate interno, el cual presenta condiciones especiales diferenciadas de los demás puestos de trabajo.	Análisis de Pareto Análisis de datos y costos del problema Circulo de Ohno	Flujograma de las inspecciones de seguridad actuales de la empresa Ver figura 1.
Análisis del Problema	Descubrir las causas del problema dentro del proceso que se pretende mejorar. La pregunta que se debe responder es ¿Por qué ocurre el problema?	Para facilitar el análisis del problema, se realizó un diagrama de causa-efecto, el cual permite identificar las posibles causas de la problemática encontrada.	Diagrama de causa-efecto	Diagrama Causa-Efecto Ver figura 2.
Plan de Acción	Crear acciones para resolver el problema identificado y observado	En este punto es posible apoyarse en herramientas como 5w2h en el planteamiento del plan de acción, porque permite describir claramente qué se debe hacer, quién será el responsable y cuándo deberá ser concluida cada tarea planeada.	5w2h	Aplicación de la herramienta 5w2h Ver tabla 1

Fuente:
elaboración propia.

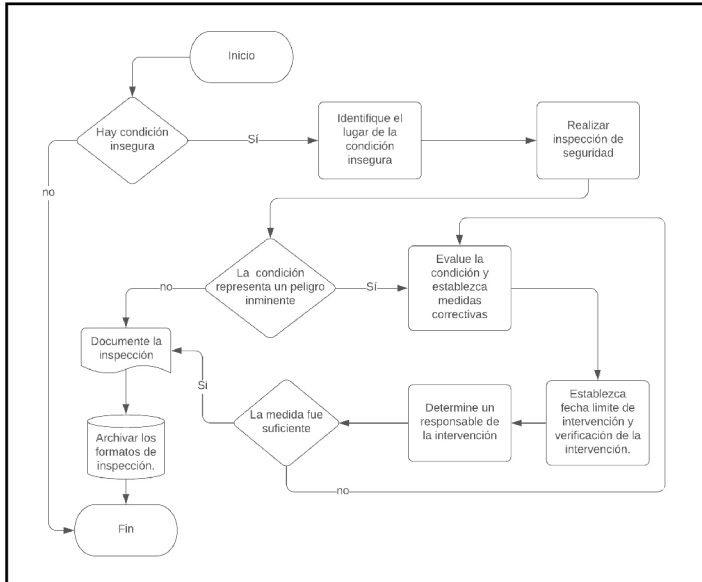


Figura 1. Flujograma de inspecciones de seguridad actuales de la empresa. Fuente: elaboración propia.

El flujograma presentado en la Figura 1, nos muestra inicialmente que las inspecciones de seguridad preceden de una condición de inseguridad, de lo contrario no se realiza. Seguidamente se procede a realizar la identificación del lugar de ocurrencia para realizar la inspección; si la condición de inseguridad representa un peligro inminente se procede a evaluar la condición y a establecer medidas correctivas, se establecen fechas límite de intervención y verificación seleccionando un responsable para la misma hasta que sean satisfactorias las condiciones de seguridad. Posteriormente se documenta el formato de inspección y se archiva finalmente.



Figura 2. Diagrama Causa Efecto. Fuente: elaboración propia.

El diagrama permite reconocer que la principal causa del problema de identificación y mitigación de peligros, es el método que actualmente utiliza la organización, por cuanto es poco práctico, requiere para su correcta aplicación personal calificado, se hace tediosa su aplicación para el entorno y además falta realizar un seguimiento más estricto en cada una de sus etapas; seguidamente se pudo analizar que otra de las causas más importantes es el bajo nivel de escolaridad del personal operativo, que sumado a la falta de capacitación y al poco interés que presentan a la problemática, no permite que se logre satisfacer la necesidad y se llegue a la problemática encontrada.

Tabla 2. Plan de acción.

Etapas	Paso	Pregunta	Respuesta
1	¿What?	¿Qué debe hacerse?	Mejorar el proceso de identificación de riesgos y peligros que están presentes en las operaciones de la mina, haciendo que los trabajadores mineros tengan mayor participación en el proceso.
2	¿Why?	¿Por qué debe hacerse?	Es necesario mejorar la identificación de riesgos y peligros en la mina porque los trabajadores mineros se ven expuestos a estos riesgos y el proceso actual no satisface las necesidades del Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) respecto del cumplimiento de los estándares mínimos solicitados.
3	¿Where?	¿Dónde debe hacerse?	El proceso debe ejecutarse en todas las instalaciones de la mina. En primera instancia todos los trabajadores de la mina son responsables del proceso de identificación de riesgos y peligros. Sin embargo, la persona encargada del SG-SST de la empresa es quien debe velar porque se dé la participación y de dar seguimiento para que pueda obtenerse el cumplimiento de los objetivos planteados en el sistema.
4	¿Who?	¿Quién será el responsable?	El empleador deberá asegurar los recursos necesarios para el sistema, tales como los tableros de autoevaluación 5s y el tablero principal.
5	¿When?	¿Cuándo debe hacerse?	Una vez diseñado el sistema para la identificación de riesgos y peligros se tendrá un plazo máximo de 2 meses para la implementación del mismo, siendo este un tiempo prudencial y no extendido que permite dar lugar a la capacitación de los trabajadores, la compra de los tableros y la socialización del sistema en general.
6	¿How?	¿Cómo debe hacerse?	Se debe disponer de tableros en cada puesto de trabajo para que los colaboradores realicen su autoevaluación. Estos tableros deberán realizar 5 preguntas rápidas las cuales serán ¿Seleccionamos lo útil de lo inútil?, ¿Somos ordenados?, ¿Somos aseados?, ¿Sostenemos el estándar de orden y aseo?, ¿Sin fallas en la autodisciplina? Y un tablero general que permita reportar todas las condiciones inseguras detectadas.
7	¿How much?	¿Cuánto costará?	La implementación de este sistema es de bajo costo puesto que la inversión principal es en los tableros que se utilizan para generar los informes y visualizar las alertas. El costo depende de la cantidad de puestos de trabajo. Además, el sistema requiere que se realice capacitación a todos los niveles de la organización para poder

Hacer

A continuación, fue puesto en práctica lo definido en el plan de acción. En el “Hacer” se diseñan los instrumentos que se utilizarán para la puesta en marcha del sistema, los cuales son: la caracterización del talento humano de la empresa y los tableros 5s

En la Mina, se realizó una encuesta a una población de 70 trabajadores, siendo fundamental conocer la edad, nivel de escolaridad, estrato socioeconómico, comprensión lectora, comprensión de escritura, y salud visual.

Luego de la aplicación del instrumento, fue posible evidenciar como dato más relevante lo relacionado con el nivel de escolaridad, arrojando que el 2% de los empleados tienen estudios universitarios y el 98% nivel de escolaridad primaria; siendo esto una limitación a tener en cuenta al momento de diseñar los tableros de control puesto que deberán ser accesibles y entendibles para la población en general donde se incluya la didáctica para su desarrollo.

- Prevención del riesgo

Es necesario que cada uno de los trabajadores de la empresa se involucren haciendo consciencia de la importancia que tiene mantener los protocolos de seguridad en cada puesto de trabajo. Debido a su fácil aplicación, fue determinado el uso de la herramienta metodológica 5s dentro de las organizaciones y permitir al trabajador involucrarse en el sistema. Para poder tener control sobre los dos últimos pasos, normalización y autodisciplina, se agregaron espacios para cada día laboral de la

semana. De esta manera, el trabajador podrá efectuar una correcta autoevaluación sobre su puesto de trabajo. Puesto que el tablero debe presentarse como una herramienta de fácil uso para el trabajador, se propone su diseño de acuerdo con la figura 3.

EN NUESTRA ÁREA:	LUN.	MART.	MIÉR.	JUEV.	VIER.	SÁB.
Selecționamos lo útil de lo inútil						
Somos ordenados						
Somos aseados						
Sostenemos el estándar de orden aseo						
Sin faltas en autodisciplina						

Figura 3. Tablero de control del programa 5s.
Fuente: elaboración propia.

- Identificación de peligros

En este aspecto de identificación de peligros, se debe establecer las inspecciones de seguridad con una periodicidad semanal en cada puesto de trabajo y en las zonas de tránsito común por parte del supervisor o el encargado del SG-SST.

Verificar

En esta etapa se realiza el análisis del sistema propuesto mediante la implementación de un diagrama de flujo de la información. Esto permite conocer cuál es el flujo de datos de la información y verificar las posibles falencias del sistema o mejoras que se pueden implementar en el siguiente ciclo del sistema.

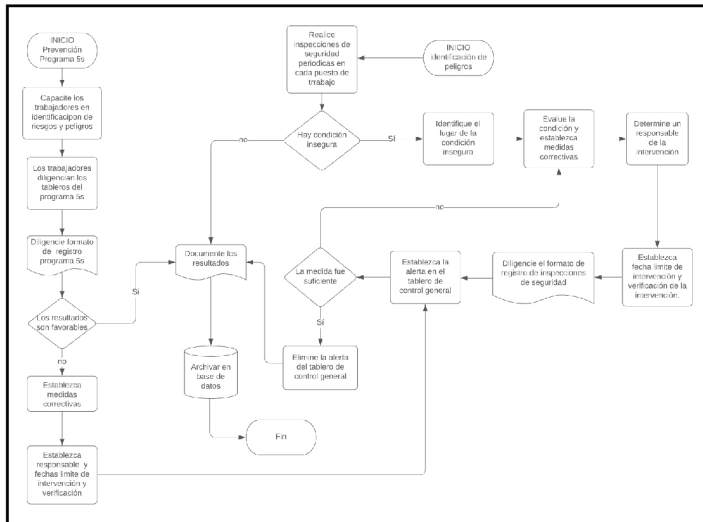


Figura 4. Flujograma del Sistema de Alertas Visuales.
Fuente: elaboración propia.

En el flujograma se presentan los dos procesos de entrada del sistema de alertas visuales como lo son, el programa 5s y el de identificación del riesgo, llegando al tablero general de alertas visuales que mostrara las alertas necesarias cuando se presenta una condición de riesgo detectada en las operaciones.

Actuar

Es la última fase del ciclo y nos permite reflexionar sobre el camino que se tomará, cómo será la divulgación de los resultados y del aprendizaje adquirido y qué hacer con los eventuales problemas remanentes que podrán ser abordados en un nuevo ciclo para la mejora continua de los procesos.

En esta fase se propone el uso de un tablero de control principal el cual también es necesario que sea atractivo, didáctico, de fácil acceso y lectura por parte de los trabajadores, a pesar de que los encargados de su uso son el supervisor de la mina y el encargado de SST de la mina. El diseño de este tablero deberá tener la ubicación de todos los puestos de trabajo de la

mina y se debe tener la posibilidad de mantenerlo actualizado de acuerdo con el avance mensual que se tenga en las labores mineras.



Figura 5. Tablero principal del Sistema de Alertas Visuales.
Fuente: elaboración propia.

La manera de utilizar este tablero es muy simple y se fundamenta en las inspecciones de seguridad periódicas que se realizan en las operaciones mineras. Inicialmente se cuenta con la participación del supervisor de la mina y el encargado el SST que dentro de su planeación se tiene la realización de las inspecciones de seguridad con los formatos establecidos por la organización (el formato debe cumplir con la norma técnica NTC4114). Las siluetas que se ubican en las celdas de la izquierda se desplazan y ubican en los lugares donde se encontró una condición insegura y no puede ser retirado hasta tanto no sea mitigada la condición encontrada.

Conclusiones

El sistema visual de alertas de riesgo permite conocer en un tiempo más corto las condiciones inseguras que se tienen al interior de la mina, permitiendo a todo el personal involucrado en las operaciones mineras mantenerse alerta conforme a lo identificado en las inspecciones de seguridad.

El control de los riesgos encontrados en las labores subterráneas se mejora con la implementación de este sistema puesto que los encargados del SG-SST podrán mantenerse actualizados de las acciones realizadas en cada condición encontrada y tomar nuevas acciones de ser necesario.

A pesar de que el sistema fue aplicado a bajo costo con el uso de tableros acrílicos, es importante reconocer que este puede mejorar con la aplicación de tecnologías 4.0 pudiendo crear una aplicación web y móvil que permita además de visualizar los riesgos encontrados, conocer informes más específicos que permitan conocer a un clic de distancia datos como el tipo de peligro encontrado, la estrategia de mitigación del peligro, el responsable de mitigarlo y la fecha máxima de intervención.

Referencias

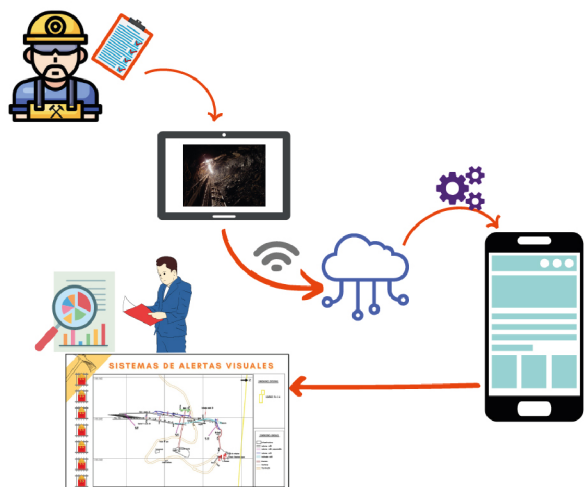
[1] Agencia Nacional de Minería. (2020). *Estadísticas De Emergencias Y Fatalidades Mineras En El Año 2020* (p. 15). https://www.anm.gov.co/?q=emergencias_mineras

[2] Carreño, C. (2010). *Sistema de control y monitoreo automatizado para gases en minas de carbón*. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación UPTC*.

[3] Decreto 1072, 2015. (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo* (pp. 1-386).

[4] Echávez, J. F. M. (2016). *Relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón*. 20.

[6] Lijarza Díaz, I. (2019). *Propuesta de mejora en la seguridad y salud en el trabajo para reducir accidentes e incidentes mediante la estandarización de procesos y la seguridad basada en el comportamiento en una empresa minera*.



[7] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 425. Ministerio de minas y energía. (2022). Decreto 944 de 2022 Por el cual se modifica el Decreto 1886 de 2015.

[8] Ministerio minas y energía. (2015). Decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015, Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.

[9] Miranda, J., & Changa, O. (2016). Implementación de un Sistema Monitoreo para medir la Fatiga DSS "Drive State Sensor" en camiones de acarreo en la empresa de gran minería de la Arequipa 2016. In *Universidad Tecnológica del Perú* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.758>

[10] Reyes-B., J. V., Aguilar-Sánchez, L. A., Hernández-Valencia, J. L., Mejías-Acosta, A., & Piñero, A. (2017). La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral. *Polo Del Conocimiento*, 2(7), 1040. <https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.329>

[11] Seifullina, A., Er, A., Nadeem, S. P., Carza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). A Lean Implementation Framework for the Mining Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1149-1154. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.435>