

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



“Efecto de la implementación de un sistema de información en la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

AUTOR

Bach. Hernán Nery Soto Chávez

ASESOR

MANUEL ENRIQUE MALPICA RODRÍGUEZ

Ingeniero de Sistemas

Cajamarca – Perú

Octubre 2020

Agradecimiento

Mi agradecimiento a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios y mis padres, quienes en todo momento están conmigo y que sirvieron de motivación para la realización de este proyecto de investigación.

También agradecer a todos los docentes de la EAPIS por brindarme su conocimiento y sabiduría durante mi formación profesional; y de manera muy especial al Ing. Manuel E. Malpica Rodríguez por su orientación, asesoramiento y apoyo incondicional. Al Ing. José A. Bravo Castro por el apoyo brindado durante el desarrollo de la investigación.

Finalmente, a los compañeros y amigos de universidad quienes me brindaron su apoyo en la realización de esta investigación.

Dedicatoria

A mi padre y madre

Ellos quienes son el motor y motivo para poder lograr todo lo que me propongo. A todo el resto de mi familia que de una u otra manera me han llenado de voluntad, motivación y sabiduría para terminar esta tesis.

Contenido

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes teóricos de la investigación.....	17
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Sistemas de información	20
2.2.2 Accidentes	36
2.2.3 Definición de términos básicos	46
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1.1 Procedimiento.....	51
3.1.2 Configuración del computador Opguard.....	57
3.1.3 Comprobación del estado de componentes	63
3.1.4 Traslado de materiales y herramientas de oficinas administrativas a taller	67
3.1.5 Inspección del área de trabajo	68
3.1.6 Instalacion de la antena GPS	93
3.1.7 Pruebas de funcionamiento del sistema en el volquete	94
3.1.8 Retiro de equipos, herramientas y materiales.....	103
3.1.9 Orden y limpieza en el trabajo	104
3.2 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	105
3.2.1 Tratamiento	105
3.2.2 Análisis de Datos.....	110

3.2.3	Presentación de resultados	118
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		121
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		123
4.1	Conclusiones.....	123
4.2	Recomendaciones	125
ANEXOS.....		134
Anexo 1: Tabla de la figura 13, accidentes mortales 2000 - 2019.....		134
Anexo 2: Formato para la lista de herramientas.....		135
Anexo 3: Formato de IPERC		136
Anexo 4: Ficha de registro de datos		137
Anexo 5: Ficha de observación		138
Anexo 6: Cuadro de resumen de accidentes.....		139
Anexo 7: Ficha de encuesta para usuarios del sistema.....		140
Anexo 8: Ficha de encuesta para operadores de volquete.....		142
Anexo 9: Validación de los instrumentos		144
Anexo 10: Coeficiente de validación aplicado a las encuesta.....		154
Anexo 11: Tabla de la General Electric para medir la cantidad de ciclos a estudiar		156
Anexo 12: Registro de la Funcionalidad del sistema		157
Anexo 13: Registro de la actualización del sistema		158
Anexo 14: Gestión SSYMA		159
Anexo 15: Evidencia fotográfica.....		163

Índice de tablas

Tabla 1: Primeros sistemas expertos y sus aplicaciones.	27
Tabla 2: Costo por cada accidente mortal.	39
Tabla 3: Comparación de factores de riesgo	41
Tabla 4: Ficha de descripción del proceso de control de fatiga antes de implementar el sistema OpGuard	52
Tabla 5: Ficha de descripción del proceso de implementación del sistema OpGuard	54
Tabla 6: Características de cada computador	69
Tabla 7: Lista de componentes del sistema de acuerdo al diagrama.....	79
Tabla 8: Cables eléctricos que llegan al switch de la batería	85
Tabla 9: Cables de reversa que llegan al Switch de la batería y Deutsch (DT)	86
Tabla 10: Descripción funcional del conector DT13-6P.....	86
Tabla 11: Cables empleados para conexión del sistema	87
Tabla 12: Variables de la investigación	106
Tabla 13: Matriz de variables, dimensiones e indicadores.....	106
Tabla 14: Ficha para el registro de la funcionalidad del sistema	108
Tabla 15: Ficha para el registro de la actualización del sistema	108
Tabla 16: Niveles de encuestas	110
Tabla 17: Resumen de sistemas con correcta funcionalidad.....	111
Tabla 18: Tabla resumen del número de accidentes por distracción (pre y post test).....	112
Tabla 19: Tabla resumen del número de accidentes por fatiga (pre y post test)	112
Tabla 20: Cuadro resumen del pre y post test de la dimensión distracción	112
Tabla 21: Cuadro resumen del pre y post test de la dimensión fatiga.....	115
Tabla 22: Tabla resumen del número de accidentes por distracción y fatiga	119

Tabla 23: Resumen del promedio de distracciones por operador y mejora	120
Tabla 24: Resumen del promedio de fatiga por operador antes y después de implementar el sistema.....	120

Índice de figuras

Fig. 1: Sistema de información de la organización empresarial.	20
Fig. 2: Componentes de un sistema de información basado en computadora.....	23
Fig. 3: Sistemas de información empresarial.	24
Fig. 4: Modelo conceptual de inteligencia artificial.....	26
Fig. 5: Diagrama de flujo del algoritmo Perclos	32
Fig. 6: Captura del rostro del operador	32
Fig. 7: Ojos detectado en el rostro del operador	33
Fig. 8: Evaluación del estado del ojo	33
Fig. 9: Efecto del periodo de PERCLOS.....	34
Fig. 10: No hay alerta.....	34
Fig. 11: La fatiga es superior al 50%	35
Fig. 12: La fatiga alcanza más del 80%	35
Fig. 13: Evolución de accidentes mortales de 2000 al 2019.	38
Fig. 14: Víctimas mortales por tipo de accidente.....	40
Fig. 15: Desatención y distracción.	44
Fig. 16: Avances en las tecnologías de la información y la comunicación en el mundo, 1998 – 2009.....	45
Fig. 17: Organigrama de la empresa Mur-Wy	49
Fig. 18: Ubicación del proyecto Cerro Corona	50
Fig. 19: Metodología para la implementación del sistema OpGuard.....	51
Fig. 20: Diagrama de procesos del control de fatiga antes de la implementación del sistema OpGuard.....	53
Fig. 21: Diagrama de proceso de la implementación del sistema OpGuard	55

Fig. 22: Tiempo en el que se hizo la instalación de los sistemas OpGuard	56
Fig. 23: Componentes del sistema OpGuard antes de ser instalado.....	57
Fig. 24: Transformador de corriente de 220V a 12V	58
Fig. 25: USB conectado al computador para cargar el SO.....	58
Fig. 26: Instalación del sistema operativo (SO) en el OpGuard.....	58
Fig. 27: Instalación del SO desde el USB	59
Fig. 28: Conexión de la antena wi-fi con el puerto Amphenol de 24 pines	59
Fig. 29: Conexión wi-fi desde una pc para ingresar a la interfaz.....	60
Fig. 30: IP para ingresar a cargar archivo netconfig.json.....	60
Fig. 31: Cargando el archivo “netconfig.json”	61
Fig. 32: Asignación del código al volquete 392.....	61
Fig. 33: Inicio de sesión	62
Fig. 34: Interfaz gráfica del sistema ya configurada	62
Fig. 35: Antena USB	62
Fig. 36: IP que brinda la red.....	63
Fig. 37: Pantalla de logueo.....	63
Fig. 38: Interfaz gráfica del sistema	64
Fig. 39: Interfaz del módulo Test Device.....	65
Fig. 40: Cámara captando movimiento de ojos.....	66
Fig. 41: Comprobación de componentes.....	66
Fig. 42: Herramientas inspeccionadas.....	67
Fig. 43: Inspección y revisión del ambiente de trabajo.....	68
Fig. 44: Vehículo bloqueado	69
Fig. 45: Computador OpGuard 2.0.....	70

Fig. 46: Convertidor de voltaje	71
Fig. 47: Iluminador IR.....	71
Fig. 48: Cámara OpGuard	72
Fig. 49: Altavoz Guardvant.....	72
Fig. 50: Antena GPS.....	73
Fig. 51: Vibrador para asiento.....	73
Fig. 52: Módem de internet	74
Fig. 53: Cable Power.....	74
Fig. 54: Cable network.....	75
Fig. 55: Cable Pig Tail	75
Fig. 56: Cable USB 6M para cámara	76
Fig. 57: Cable para el altavoz.....	76
Fig. 58: Corrugado	76
Fig. 59: Cable GPS.....	77
Fig. 60: Conectores GPS	77
Fig. 61: Base del GPS	77
Fig. 62: Data Power.....	78
Fig. 63: Bracket.....	78
Fig. 64: Diagrama de conexión sistema OpGuard	79
Fig. 65: Cables conectados al computador.....	80
Fig. 66: Antena Wi-fi	81
Fig. 67: Base del computador y convertidor	82
Fig. 68: Base de la cámara	83
Fig. 69: Empernado de la base en la bocina.....	83

Fig. 70: Base y empernado del vibrador	84
Fig. 71: Empernado del módem	84
Fig. 72: DEUTSCH (DT) de 6 pines.....	85
Fig. 73: Conector DT13-6P.....	86
Fig. 74: Conector Amphenol de tres pines.....	87
Fig. 75: Deutsch (DT) Macho y Hembra	88
Fig. 76: Correcta conexión de conectores DT.....	90
Fig. 77: Conexión de cables del iluminador.....	90
Fig. 78: Conexión de cables de la cámara.....	90
Fig. 79: Conexión del cable poder con el convertidor	91
Fig. 80: Montura del OpGuard con la descripción de cada conector.....	91
Fig. 81: Conectores de la descripción del OpGuard.....	92
Fig. 82: Conexión de todos los cables con cada uno de sus conectores en la computadora	92
Fig. 83: Antena GPS encima del techo de la cabina del volquete.....	93
Fig. 84: Diagrama del funcionamiento del sistema.....	94
Fig. 85: Sistema energizado y con led encendidas.....	95
Fig. 86: Login del sistema OpWeb.....	96
Fig. 87: Página Principal de OpWeb	96
Fig. 88: Operadores en pantalla.....	97
Fig. 89: Reporte por turno del sistema OpWeb.....	97
Fig. 90: Operadores con la cámara monitoreando en tiempo real.....	98
Fig. 91: Operador con evento de microsueño bajo.....	98
Fig. 92: Operador con evento de microsueño moderado	99
Fig. 93: Evento de microsueño Crítico.....	99

Fig. 94: Cuadro de barras para los eventos clasificados como eventos bajos, moderados y críticos	100
Fig. 95: Reporte de eventos de microsueño por día	100
Fig. 96: Reporte de eventos de microsueño por hora	101
Fig. 97: Reporte de eventos de microsueño por Camión volquete.....	101
Fig. 98: Reporte de eventos de microsueño por cuadrilla	102
Fig. 99: Herramientas listas para retirarlas.....	103
Fig. 100: Orden y limpieza en la cabina del camión volquete	104
Fig. 101: Tratamiento de variables.....	105
Fig. 102: Diagrama experimental y variables	105
Fig. 103: Resumen de la encuesta realizada a los usuarios del sistema	110
Fig. 104: Resumen de la encuesta realizada a los operadores.....	111
Fig. 105: cuadro resumen de satisfacción por usuario	118
Fig. 106: Cuadro resumen de la satisfacción de cada uno de los operadores	118

RESUMEN

En minería, los accidentes tienden a tener un alto potencial de fatalidad, con un 8% de accidentes mortales, obligando a las empresas a un análisis profundo de las causas; dado este contexto la presente investigación planteó como problema ¿cuál es el efecto de la implementación de un sistema de información en la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca? y como objetivo principal determinar el efecto de la implementación de un sistema de información en la prevención de accidentes en la unidad minera Cerro Corona, mediante el despliegue de un sistema de información para el control de fatiga. En un inicio se desarrolló el diagrama por procesos y actividades para luego dar paso a la configuración del computador OpGuard, a continuación se comprobó el estado de los componentes, es decir se verificó que cada componente no tenga ninguna falla tanto en hardware como software; previa inspección de las herramientas, en el taller se instaló cada uno de los componentes del sistema en las cabinas de los volquetes, realizando a continuación las pruebas de funcionamiento de hardware a través del sistema web encargado del monitoreo de los operadores. Finalmente, se concluye que la implementación del Sistema de información tuvo un efecto positivo logrando prevenir y reducir la cantidad de accidentes por fatiga en un 100%; así mismo se tuvo una mejora del 67%, al lograr disminuir los accidentes por distracción.

Palabras Claves: Sistema antifatiga, OpGuard, prevención, Control de fatiga, implementación

ABSTRACT

In mining, accidents tend to have a high potential for fatality, with 8% fatal accidents, forcing companies to a deeper analysis of the causes; given this context, the present investigation raised as a problem, what is the effect of the implementation of an information system in the prevention of accidents in the Cerro Corona mining operation in the city of Cajamarca? and as the main objective to determine the effect of the implementation of an information system on accident prevention in the Cerro Corona mining unit, through the deployment of an information system for fatigue control. At the beginning, the diagram by processes and activities was developed to then give way to the configuration of the OpGuard computer, then the status of the components was checked, that is, it was verified that each component does not have any failure in both hardware and software; After inspection of the tools, the workshop installed each of the system components in the dump truck cabins, then carrying out the hardware functional tests through the web system in charge of monitoring the operators. Finally, it is concluded that the implementation of the Information System had a positive effect, preventing and reducing the number of fatigue accidents by 100%; Likewise, there was an improvement of 67%, by reducing accidents due to distraction.

Key Words: Anti-fatigue system, OpGuard, prevention, Fatigue control, implementation.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en minería los accidentes tienden a tener un alto potencial de fatalidad. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) calcula que la minería emplea cerca del 1% de la fuerza laboral mundial. Sin embargo, genera el 8% de los accidentes mortales [1]. Esto obliga a las empresas en todo el mundo a mirar y analizar las causas de la ocurrencia de las mismas. Una de las causas de estos accidentes es la presencia de fatiga y somnolencia en operadores de equipos mineros, esto debido al atípico horario de trabajo, los horarios atípicos en la mayoría de empresas mineras es de doce horas produciendo cansancio o fatiga y por lo tanto muchas veces accidentes que pueden llegar a ser mortales, este tipo de accidentes es más común para operadores de equipos de acarreo que van de un punto a otro, es decir que llevan grandes toneladas de material en sus equipos. En Latinoamérica este tipo de accidentes es la mayor causa de mortalidad en minería [2]. Nuestro país no es ajeno a este tipo de accidentes ya que cuenta con muchas minas operando en todo su territorio y una de ellas es el proyecto minero Cerro Corona ubicada en la provincia de Hualgayoc que solo en el año 2019 ocurrió 12 incidentes en todo lo que concierne al área de operaciones los cuales fueron asociados a incidentes por fatiga. Cerro Corona es una empresa minera dedicada a la extracción de cobre, oro, zinc, etc. para ello es importante destacar el área de operaciones que son los encargados de el acarreo del mineral, para este trabajo se utiliza volquetes de aproximadamente 50 toneladas de capacidad que son operados 12 horas diarias en dos turnos, día y noche, el horario atípico conlleva a un problema con los operadores que es la fatiga o somnolencia. Ante esta situación se plantea el siguiente proyecto de tesis, la cual pretende saber **¿Cuál es el efecto de la implementación de un sistema de información en la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca?**, esto conlleva a demostrar la hipótesis de que **la implementación de un sistema de información ayuda a prevenir los accidentes en la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca**. Reduciendo así no solo la cantidad de accidentes sino también las utilidades gastadas en cada accidente y mantenimiento de cada equipo.

Dado el contexto descrito, este proyecto se justifica de manera práctica, académica y socialmente. De manera práctica porque una vez terminado el proyecto servirá para la minera proyecto cerro corona y después de la implementación y los análisis correspondientes se espera prevenir los accidentes ocurridos por somnolencia o fatiga en la operación de tal manera que la eficiencia en cada uno de los operadores sea la más óptima al igual que la producción de acarreo

de mineral. De manera académica se justifica el proyecto ya que se da a conocer no solo el proceso de instalación del sistema, sino también de hardware y software permitiendo que los resultados sirvan de información no solamente para la minera en mención sino también para otros proyectos mineros. Así también el informe del proyecto sirva de análisis en la eficiencia, producción y lo más importante que es la prevención de accidentes por somnolencia y fatiga en la operación de la unidad minera. De manera social se justifica porque se espera evite accidentes y quizás hasta la muerte de los trabajadores además de no poner en riesgo la vida de otros o de uno mismo, incluso afectando a los familiares. Finalmente se espera que este proyecto sea replicado en otras empresas en donde exista la posibilidad de ocurrir accidentes por fatiga.

El alcance de la investigación implica que en cada una de las cabinas de los camiones volquete se implemente los componentes principales para el funcionamiento del mismo, tales como: sensor óptico, computadora, generador de vibración, una bocina, módem y antena GSM, los cuales irán conectados entre sí. Luego la computadora de cada volquete necesita ser configurada para que pueda ser anexada al sistema de monitoreo. Finalmente, el sistema alerta de acuerdo a los niveles de fatiga programados y los patrones faciales que detecte una vez que haya creado un perfil para cada uno de los operadores.

El objetivo principal es **determinar el efecto de la implementación de un sistema de información en la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca**, de este se desprende los objetivos específicos como son: Determinar la cantidad de accidentes ocasionados por fatiga en los operadores de volquete y Determinar la cantidad de accidentes ocasionados por distracción en los operadores de volquete.

El proyecto está organizado en capítulos, el capítulo 1: Introducción, se detalla la parte introductoria que contiene el contexto de la problemática principal, la justificación y alcances de la investigación, en el capítulo 2: Marco Teórico, describe la existencia de otras investigaciones, además incluye los fundamentos teóricos y definición de términos básicos que serán utilizados en todo el desarrollo de la investigación. El capítulo 3: Materiales y métodos, se describe la ubicación geográfica, tiempo y época donde se realizó el proyecto. Así mismo se da a conocer el procedimiento, tratamiento de datos y presentación de resultados. El primer punto es describir paso a paso el proceso del proyecto incluyendo los métodos y técnicas que se utiliza siguiendo un orden cronológico. En el segundo punto se indica el tratamiento de los datos de cada variable y los resultados estadísticos que se obtuvo. Este se capítulo se toma como referencia para el capítulo 4: Análisis y discusión de resultados, donde el análisis y discusión

de resultados se contrasta con la hipótesis. El capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones, se escribe las conclusiones obtenidas del proyecto en base a los objetivos propuestos, las recomendaciones y las referencias bibliográficas, donde se encuentra la fuente de dónde proviene la información y demás instrumentos empleados en el proyecto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación, se presentan tesis de investigación que ayudan al desarrollo del presente proyecto donde se describe su planteamiento, resultados, conclusiones y relación que existe con el proyecto, son antecedentes que ayuda a comprender más y ver los resultados positivos que han tenido cada uno de los informes revisados y de esa manera tener la confianza de resolver el problema que se plantea. Los antecedentes que se describe en la investigación son: 3 a nivel internacional, 2 a nivel nacional y 1 a nivel local; como se muestra a continuación.

Brogi [3] en su tesis titulada “Influencia de los accidentes por somnolencia en camiones de extracción” plantea como objetivo evaluar cómo afectan los accidentes por fatiga y somnolencia a los equipos de transporte de mineral, en cuanto a disponibilidad, producción y costos de reparación y el impacto de utilizar un dispositivo que detecte en etapa temprana los niveles de fatiga y somnolencia del operador. Según su estudio se demostró que utilizando el dispositivo SmartCap Australia, se cuenta con una disminución de un 25% anual de incidentes por somnolencia esto debido a la detención temprana de este dispositivo, lo que implica un aumento de disponibilidad de los equipos y una disminución en los costos en la mantención del equipo. Concluye que, los accidentes por somnolencia pueden reducirse desde un 25% hasta el 100%, si se realiza una buena gestión de esta herramienta. Este proyecto es importante porque demuestra que el uso del sistema antifatiga ha logrado reducir los accidentes.

Carrasco [4] en su tesis de postgrado titulada “Análisis de factibilidad para un servicio integral de gestión de fatiga en Minería” plantea como objetivo identificar los elementos más utilizados a nivel mundial en prevención de riesgos por fatiga. El análisis que hace en un punto de su investigación es que el costo de la implementación de un sistema antifatiga que monitorea en todo momento al operador es mucho menor a la inversión con respecto a un accidente fatal si lograría ocurrir en términos de cifras. Concluye que un accidente fatal puede llegar a costar 5 millones de dólares y la implementación de un sistema completo que consta de: Diagnostico de nivel de riesgo fatiga, plan de acción y el actigrafo de mano llegaría a costar 1, 512,000 dólares al año es decir un accidente cubriría casi la totalidad del costo de este sistema en 5 años de duración que tendría un proyecto. Finalmente, la implementación de este tipo de sistemas no solo ahorraría utilidades para la empresa sino también evitaría accidentes fatales en los trabajadores.

Garces y Salgado [5] en su tesis titulada “Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro” plantean como objetivo mostrar el sistema activo encargado de monitorear el estado de somnolencia de conductores y operarios de vehículos o maquinaria que requiera un estado de vigilia óptimo para llevar a cabo sus labores sin ningún riesgo, hace una comparación de dos sistemas, el de visión por computador y el de análisis de señales bioeléctricas, ambos sistemas usados para medir el sueño o somnolencia, no hace mucha diferencia entre ellos, pero pone al primer sistema como el que hará el monitoreo más eficiente y más fácil de implementar, el segundo sistema que es más efectivo pero quizá más difícil e invasivo al momento de instalar ya que este funciona con la electroencefalografía. Ambos sistemas son una esencial herramienta para prevenir accidentes de tránsito, coloca al primero como el más efectivo ya que se lleva un monitoreo constante y en tiempo real. Así también concluye que las investigaciones futuras sobre los sistemas de detección del sueño deben apuntar a desarrollar sistemas que monitoreen directamente el comportamiento del ser humano de tal manera que estos no sean invasivos. Finalmente, el siguiente informe afianza más la implementación que se desea hacer en el siguiente proyecto.

Tong y Vigil [6] en su tesis de grado titulada “Implementación del sistema Antifatiga - Guardvant para la prevención de accidentes laborales en el área de operaciones Mina de la Unidad Minera Cuajone-Moquegua-2017” plantean como objetivo reducir los accidentes en la conducción de camiones de acarreo a causa de fatiga por largas horas de manejo. Muestra una comparación de accidentes por fatiga antes y después de implementar el sistema. Antes de la implementación del sistema hubo 114 accidentes en 5 años (2010-2014) ocurridos por fatiga, somnolencia o distracción. Después que implementaron el sistema, se registró 9043 eventos de microsueño en 1 año (2015) divididos en 5431 eventos del turno noche y 3612 eventos del turno día. Cabe resaltar que solo fueron eventos de microsueño mas no accidentes como ocurrió en los años anteriores. Durante los accidentes ocurridos se tuvo un gasto de 1, 490,216.44 dólares. Concluye que con la implementación del sistema se logró el objetivo ya que no se registró ningún accidente y se ahorrara un total de 4, 287,948.4 dólares en mantenimiento y reparación de los camiones de acarreo. Finalmente, el proyecto es importante porque se redujo la cantidad de accidentes y los costes del mismo.

Miranda y Changa [7] en su tesis de pregrado titulada “Implementación de un sistema de monitoreo para medir la fatiga DSS-Drive State Sensor en camiones de acarreo en la empresa de gran minería de la región Arequipa, 2016” proponen como objetivo implementar un sistema para monitorear la fatiga en camiones de acarreo en la empresa de gran minería de la región

Arequipa. La región Arequipa cuenta con uno de los yacimientos mineros más importantes del mundo. Por lo tanto, es necesario la implementación de un sistema de monitoreo de fatiga para operadores de equipos de acarreo, conocido como DDS por sus siglas en inglés “Driver State Sensor”. Este es un sistema que permite detectar microsueño y eventos de distracción de tal manera que se pueda reducir el número de incidentes en camiones de acarreo el cual resulta ser muy rentable y de bajo costo, si se lo compara con los costos que ocasionan un accidente de camión, el informe concluye que la disminución de accidentes fue a un 98% en un total de 93 camiones volquete. El informe es importante porque se logró la reducción de incidentes y accidente. Asimismo, hay diversos sistemas antifatiga para hacer la comparación con el que se utilizó, y diferenciar que tan efectivos son.

Villan [8] en su tesis de grado titulada “Ventajas del sistema antifatiga Guardvant en la operación de camiones de acarreo en una mina superficial” plantea como objetivo determinar las ventajas que tendría el sistema antifatiga Guardvant en la prevención de accidentes laborales en la operación de camiones de acarreo en una mina superficial del Perú. Este tipo de sistema controla, analiza y detecta la presencia de fatiga gracias al hecho que las computadoras y las cámaras se activan si el operador no sigue ciertos parámetros. De acuerdo a los resultados que se obtuvieron se puede decir que el número de accidentes ocurridos a causa de fatiga disminuyeron en 22% al año 2018, con respecto al año 2014 cuando recién se implementó el sistema y concluye que se logró cumplir con el objetivo principal que era determinar las ventajas del sistema. Finalmente, la tesis es importante ya que se logró determinar las ventajas del sistema y se redujo el número de accidentes.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

En los últimos años los sistemas de información se han convertido en uno de los principales e importantes temas de estudio en la organización de una empresa. Cada vez más el entorno donde se desarrolla las actividades de una empresa se vuelve más complejo, si a esto se suma la creciente globalización, el proceso de internacionalización de la empresa, la rapidez en el desarrollo de las tecnologías y la reducción de los ciclos de vida de los productos, todo esto hace que los inversores miren de otra manera en estos tiempos a una organización [9]. Una empresa siempre debe estar pendiente de la innovación que pueda tener día a día ya que la competencia cada vez es mayor por lo tanto la información es clave para la gestión y también para la supervivencia y crecimiento de la organización. Por otro lado, si los recursos básicos de la económica eran tierra, trabajo y capital pues ahora la información aparece como otro recurso que se suma a la organización [9].

Existen muchas definiciones para conceptualizar lo que es un sistema de información. Tal vez la más precisa sea la propuesta por Andreu, Ricart y Valor [10, p. 6], que define sistema de información como: “conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo a las necesidades de la empresa, recopila, elabora y distribuye selectivamente la información necesaria para la operación de dicha empresa, apoyando al menos en parte, los procesos de toma de decisiones necesarias para desempeñar funciones de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia”.

En todo sistema de información se utiliza los datos que se obtienen de las empresas como materia prima, los cuales se almacenan, procesan y transforman para después obtener como resultado final la información, como se muestra en la Fig. 1 [9].

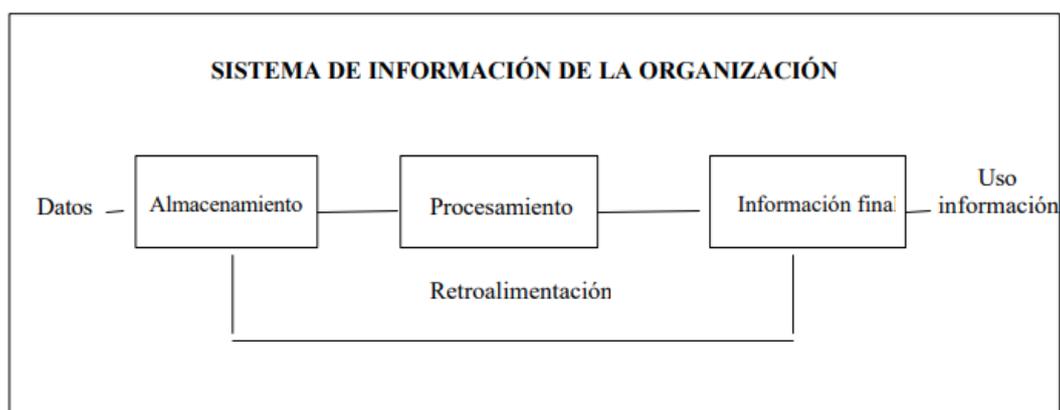


Fig. 1: Sistema de información de la organización empresarial.

Los autores Whitten, Bentley y Dittman [11, p. 7], ofrecen una definición un poco más amplia, quienes catalogan a los sistemas de información como “un conjunto de personas, datos procesos y tecnología de la información que interactúan para recoger, procesar, almacenar y proveer la información necesaria para el correcto funcionamiento de la organización”. Según estos conceptos se pueden extraer los elementos fundamentales de un sistema de información que no solo muestra a la información como indispensable en el proceso, sino también a las personas, los medios para hacer la interacción con la información y normas de trabajo. A continuación, se describe cada uno de estos conceptos:

- Información: es la base, la materia prima sobre la cual se mueve todo el engranaje de un sistema de información, es todo lo almacenado, procesado y distribuido en la organización por el sistema.
- Personas: interactúan con la información, la introducen, utilizan y valoran su importancia en las distintas tareas relacionadas con esta.
- Medios para la interacción con la información: activos tangibles e intangibles de interacción con los usuarios para el tratamiento de la información, pueden ser archivos, documentos, hardware, software, redes de comunicación, intranets, etc.
- Normas y/o técnicas de trabajo: medios utilizados por las personas y las tecnologías para desarrollar sus actividades.

Estos conceptos expresan la síntesis de un sistema informático o basado en computadora, ya que coloca como parte de sus elementos, la utilización de las ventajas brindadas por las tecnologías de la información y las comunicaciones para dar un procedimiento automático a la entrada de datos, procesamiento y distribución de la información [11].

2.2.1.1 OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los principales objetivos de los sistemas de información son los que se resumen a continuación [12]:

- Apoyar los objetivos y estrategias de la empresa: el sistema de información ha de suministrar a la organización toda la información necesaria para su correcto funcionamiento. La información manejada abarca desde la actividad más frecuente hasta aquella necesaria para los objetivos a largo plazo de la empresa.
- Proporcionar información para el control total de la actividad de la organización, pudiendo comprobar el cumplimiento de las metas establecidas por la organización. Los sistemas de información abarcan a todos los departamentos de la empresa y a la gestión global de la organización.
- Adaptar las necesidades de información a la evolución de la empresa: conforme la empresa va creciendo y desarrollándose, surgirán nuevas necesidades de información que han de ser satisfechas por el sistema de información, este último se adecuara a las nuevas circunstancias del entorno.
- Interactuar con los diferentes agentes de la organización, permitiendo, que estos empleen el sistema de información para satisfacer necesidades de un modo rápido y eficaz. La interactividad y flexibilidad de los sistemas de información constituyen un punto clave en el éxito de la empresa.

Para el logro de dichos objetivos, el sistema ha de ser capaz de recibir y procesar los datos de modo eficaz y sin errores, suministrar los datos en el momento preciso, evaluar la calidad de los datos de entrada, eliminar la información poco útil evitando redundancias, almacenar los datos de modo que estén disponibles cuando el usuario lo crea conveniente, proporcionar seguridad evitando la pérdida de información o la intrusión de personal no autorizado o agentes externo a la compañía y generar información de salida útil para los usuarios de sistemas de información, ayudando en el proceso de toma de decisiones de la organización [12].

Según Reynolds [13] dice que los sistemas de información pueden ser manuales y computarizados, para fines de la investigación estudiaremos a los sistemas de información computarizados, cabe resaltar que los sistemas de información manuales antes eran muy

importantes, unas dos décadas atrás la información empieza a tener importancia para algunos inversionistas y consecuencia de ello algunos han hecho millones de dólares con los sistemas de información manuales para el análisis de su mercado.

2.2.1.2 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN BASADOS EN COMPUTADORAS

Los sistemas de información basados en computadoras (CBIS, por sus siglas en inglés: Computer Based Information System) son llamados a menudo la infraestructura tecnológica de una organización, que le sirve de fundamento a esta. Los sistemas informáticos cuentan con algunos elementos como se aprecia en la Fig. 2 [13]:

Hardware: Todas las piezas físicas de la computadora y sus periféricos, dígame teclado, monitor, tarjeta madre, y los demás elementos que conforman el equipo. Este equipamiento es utilizado para llevar a cabo las tareas de entrada, procesamiento y salida.

Software: Son los programas de computación mediante los cuales se dirige la operación de la computadora.

Base de datos: una base de datos es una colección de datos organizados en celdas. Este elemento se encuentra entre los más importantes de un sistema de información.

Redes: Se denomina así la interconexión entre computadoras u otros equipos informáticos para hacer posible la comunicación electrónica, este elemento es muy importante ya que puede ser determinante en la efectividad del sistema de información.

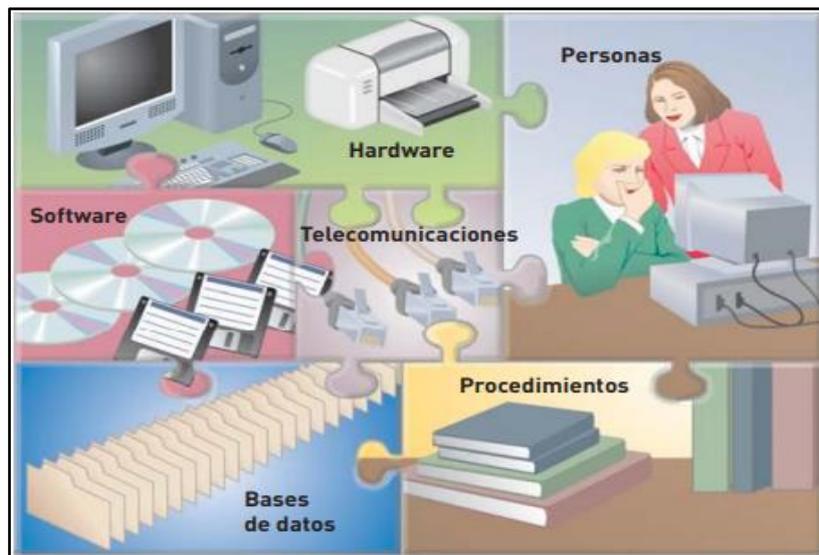


Fig. 2: Componentes de un sistema de información basado en computadora.

2.2.1.3 TIPOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Hay tres clasificaciones que se puede tomar y agrupar a las organizaciones según el sistema de información y las funciones específicas que manejen, como se ve en la Fig. 3 [13]. En esta clasificación por ejemplo hay organizaciones que se centran en sistemas de propósito específico, por ejemplo, en el tercer nivel de la pirámide se encuentra la administración del conocimiento y sistema de información de negocios de propósito específico que emplea en muchos casos, proyectos como la realidad virtual, que no toda empresa está en condiciones de emplear es decir son proyectos a gran escala muy específicos y costos. Estos sistemas de información muchas veces están integrados en un solo producto y se entrega en un solo paquete de software. Por ejemplo, algunos paquetes procesan transacciones, generan información y dan soporte a las decisiones de la empresa [13].



Fig. 3: Sistemas de información empresarial.

Los tipos de sistema de información se lo clasifica de distinta manera: según el grado de formalidad, automatización, relación con la toma de decisiones, funcionalidad y grado de especialización, pero según Kenneth y Laudon [14] indican que los sistemas de información más usados hoy por hoy en las organizaciones se clasifican o agrupa de acuerdo a la utilidad de los diferentes niveles de la organización. Según esta clasificación son:

- Sistemas de información administrativa (MIS)
- Sistemas de información para procesamiento de transacciones (TPS)
- Sistemas de información para apoyo a la toma de decisiones (DSS)
- Sistemas de información de marketing (SIM)
- Sistemas de información financiera
- Sistemas de información geográfica (SIG)

- Sistemas de información basados en el conocimiento o sistemas expertos: antes de hablar de los sistemas de información basados en el conocimiento o sistemas expertos en sí, primero hablaremos sobre la inteligencia artificial que es la base de los sistemas expertos y considerarlos como un subconjunto de la Inteligencia Artificial (IA). Este último tipo de sistema de información es el que ayudará al desarrollo del proyecto por lo tanto se pondrá un poco más de énfasis en el desarrollo del mismo.

Los sistemas expertos fueron desarrollados por la comunidad de la IA a mediados de los años 60. En este tiempo de investigación en el campo de la IA se creía que con la suma de las pocas reglas de razonamiento y potentes ordenadores se podía producir un experto de rendimiento superhumano. Durante esta época los investigadores Newell y Simon [15] desarrollaron un programa llamado GPS (General Problem Solver). Este programa era capaz de trabajar con criptometría, con las torres de Hanoi y problemas similares programados en una computadora. Sin embargo, era incapaz de hacer lo que su propio nombre indicaba, resolver problemas en la vida real.

Esto hizo que algunos investigadores estudiaran la posibilidad de enfocar sus programas a un dominio más concreto y así intentar simular el modo de actuar y los razonamientos de un experto humano, lo que significó el nacimiento de los Sistemas Expertos tal y como los conocemos hoy en día. Edward Feigenbaum [16], que junto a su equipo logró desarrollar Dendral, el primer Sistema Experto en ser utilizado para propósitos reales (fue utilizado durante más de 10 años), el cual tuvo un gran éxito entre químicos y biólogos ya que era capaz de identificar estructuras químicas moleculares a partir de su análisis espectrográfico. Después de Dendral vino Mycin, un Sistema experto orientado a la investigación y determinación de diagnósticos en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre. Este sistema experto introdujo el conocimiento impreciso a la hora de razonar y la capacidad de explicar el proceso de razonamiento usado dando lugar a un sistema vacío (Shell) que resultó en la aparición de varios sistemas expertos orientados a la determinación de problemas médicos y a la elección del tratamiento para ellos [16].

Los sistemas de inteligencia artificial incluyen el personal, procedimientos, hardware, software, datos y conocimiento necesarios para desarrollar sistemas de cómputo y máquinas que demuestren características de inteligencia. La inteligencia artificial la pueden usar la mayoría de las industrias y aplicaciones. Investigadores, científicos y expertos que estudian cómo piensan los seres humanos se involucran con frecuencia en el desarrollo de estos sistemas [17].

Principales ramas de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial es un campo extenso que incluye muchas áreas de especialidad, como se ve en la Fig. 4. Los sistemas expertos, robótica, sistemas de visión, procesamiento de lenguaje natural, sistemas de aprendizaje y redes neuronales son propios de la IA [18].

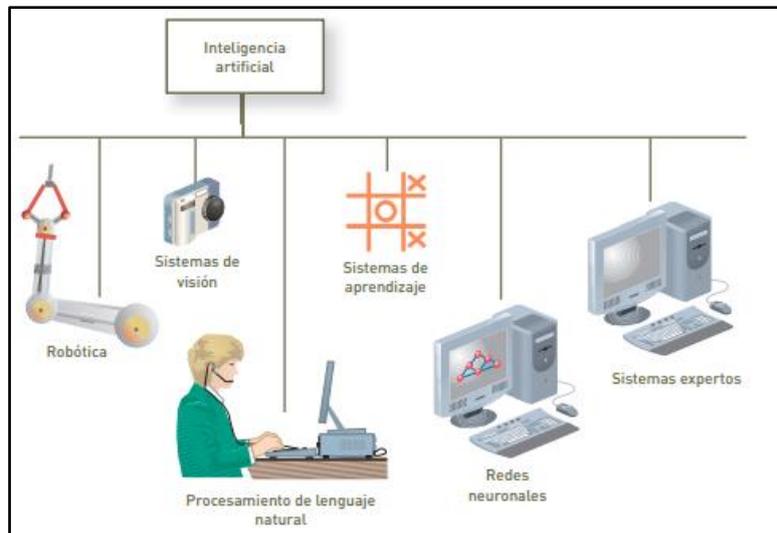


Fig. 4: Modelo conceptual de inteligencia artificial.

Una vez definido lo que es la inteligencia artificial, se puede dar paso a conceptualizar un sistema experto.

Los sistemas expertos

Los sistemas expertos (SE; es, por sus siglas en inglés: Expert System) permiten a una computadora hacer sugerencias y funcionar como un conocedor en un determinado campo. El valor exclusivo de estos sistemas radica en que permiten que las organizaciones puedan capturar y utilizar la sabiduría de peritos y especialistas, de esta manera captar toda la experiencia o sabiduría de la persona y plasmarla en una máquina. Los sistemas expertos, pueden aplicarse a casi cualquier campo o disciplina, se utilizan para supervisar reactores nucleares, elaborar diagnósticos médicos, diseñar y configurar componentes de sistemas de información, realizar evaluaciones crediticias y desarrollar planes de marketing para un nuevo producto o estrategia de inversión. El conjunto de datos, reglas, procedimientos y relaciones que deban seguirse para obtener el valor o la respuesta esperada se encuentra almacenada en la base de conocimiento del sistema experto [19].

Desarrollo histórico de los sistemas expertos

A continuación, la Tabla 1 se presenta de manera resumida los primeros sistemas expertos y sus aplicaciones [20].

Tabla 1: Primeros sistemas expertos y sus aplicaciones.

Sistema	Fecha	Autor	Aplicación
DENDRAL	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras químicas.
Macsyma	1965	MIT	Análisis matemático complejo.
HearSay	1965	Carnegie - Mellon	Interpreta en lenguaje natural un subconjunto de los idiomas.
Mycin	1972	Satanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre.
Tieresias	1972	Satanford	Herramienta para la transformación de conocimientos.
Prospector	1972	Satanford	Exploración de mineral y herramientas de identificación.
Age	1973	Satanford	Herramienta para generar Sistemas Expertos.
OPS5	1974	Carnegie - Mellon	Herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos.
Caduceus	1975	University of Pittsburg	Herramienta de diagnóstico para medicina interna.
Rosie	1978	Rand	Herramienta de desarrollo de Sistemas Expertos.
R1	1978	Carnegie - Mellon	Configurador de equipos de computación para DEC.

Características de los sistemas expertos

Cuando se modelan sistemas expertos se busca que tengan las siguientes características que son propias de los expertos humanos [21]:

- Habilidad para llegar a una solución a los problemas en forma rápida y certera.
- Habilidad para explicar a las personas que no cuentan con ese conocimiento.
- Habilidad para aprender de las experiencias.
- Habilidad de reestructurar el conocimiento para que se adapte al ambiente.
- Conciencia en sus limitaciones: Los expertos pueden evaluar su capacidad para resolver un problema dado y determinar si el mismo se encuentra dentro sus posibilidades de resolución.

Ventajas de los sistemas expertos

Las ventajas que se presenta a continuación es una comparación con los expertos humanos [22]:

- Los sistemas expertos esta siempre disponible a cualquier hora del día y de la noche, y de forma interrumpida.
- Mantiene el humor. Es decir, no puede reaccionar a ningún tipo de reclamo.
- Puede duplicarse, esto mismo permite tener los SE que se necesite.
- Pueden situarse en cualquier lugar, donde sean necesarios.
- Pueden ser consultados por personas u otros sistemas informáticos.

Tipos de sistemas expertos

Los más importantes sistemas expertos están, basados en reglas, y los basados en probabilidad han sido los más estudiados y difundidos. Los SE basados en reglas se definen a partir de un conjunto de objetos, que representen las variables del modelo considerado, ligadas mediante un conjunto de reglas, que representan las relaciones entre las variables. En cambio, la estructura de los sistemas expertos probabilísticos es más abstracta para la lógica humana. La base del conocimiento de estos sistemas la componen un espacio probabilístico, y su motor de inferencia, a través de diversos métodos de cálculo de probabilidades, calcula la probabilidad de los sucesos aplicando diversas hipótesis de independencia. En la actualidad los tipos de sistemas expertos lo clasifican de acuerdo a la función que realizan. De acuerdo a la función que realizan estos pueden ser, de [23]:

Interpretación: La interpretación de estos sistemas es a partir de la recepción de todo tipo de información primaria y de datos de naturaleza diversa (cuantitativos, cualitativos, visuales, etc.) que son obtenidos de múltiples canales. Estos programas, además, pueden efectuar un detallado análisis de esta y posibilitar así la comprensión de la situación en la que se encuentra un sistema en un instante concreto. Un programa que realiza la labor de interpretación como la aquí descrita es SPE. El mismo fue creado por la universidad de Rutgers con el objetivo de que ayudase a distinguir entre varias causas que provocan procesos inflamatorios en un paciente. Para ello el programa realiza un análisis interpretativo de los datos que bajo la forma de ondas generan un scanner cuya función principal es el cálculo de densidades [24].

Predicción: El punto de partida del proceso lo suele constituir una secuencia de datos e información que describen una determinada situación. Esta conformaría el estado inicial en el que el modelo se encuentra. En una segunda fase se procedería a aplicar, sobre ese estado inicial el conocimiento del que dispone el programa para inferir comportamientos futuros que se contemplaría en un conjunto variado de escenarios [25]. Un ejemplo muy claro de esto son las predicciones meteorológicas, de evolución demográfica, de daños producidas en cosechas por

determinadas plagas o enfermedades de las plantas. PLANT/cd o el PLAN/ds es un programa que aparte de predecir cuál puede ser la evolución seguridad por un modelo, suelen llevar a demás incorporado lo que se denomina el módulo de planificación de actuaciones, el cual permite que se puedan proponer líneas de actuación futuras en base a la información que se ha derivado del análisis efectuado inicialmente para proyectar la evolución futura de aquel [26].

Diagnóstico: Infieren las fallas de un sistema en base a los síntomas. Utilizan las características de comportamiento, descripción de situaciones o conocimiento sobre el diseño de un componente para inferir las causas de la falla. Ejemplos: Diagnósticos de enfermedades en base a síntomas, encontrar componentes defectuosos o fallas en circuitos [27].

Diseño: Los sistemas orientados al diseño pueden componer descripciones variadas de objetos y procedimientos para, con posterioridad, verificar si tales configuraciones se ajustan al cumplimiento de todas las especificaciones y restricciones planteadas al inicio del proceso. A pesar que aún no son muy numerosos los programas asistidos por ordenador que se están aplicando asiduamente. Como ejemplo se cita a: XCON (expert configurer for computer systems) este programa presta apoyo en la configuración de distintos modelos de sistemas informáticos, esta creación fue fruto de la colaboración en la investigación que efectuaron el grupo de inteligencia artificial de la universidad Carnegie-Mellon y la compañía Digital Equipment Corporation (DEC), pudiéndose decir, sin miedo a errar, que se trata de uno de los sistemas expertos de mayor éxito ha tenido en su aplicación comercial [28].

Planeación: A la secuencia racional de las distintas actividades por desarrollar hasta alcanzar un determinado logro se le denomina planificación. Cualquier persona puede diseñar un plan de actuación para alcanzar un objetivo concreto. El problema para hacer esto surge cuando el nivel de dificultad crece cada vez más debido a que es necesario manejar, casi de forma simultánea, un número importante de personas, recursos, acciones, decisiones, etc. [29].

Por esta razón es que surgen los sistemas expertos de planificación, como alternativa clara para superar de forma conveniente estas situaciones de mayor dificultad. Como ejemplos de sistemas de planificación son: PTRANS (desarrolla planes para configurar complejos sistema de ordenador), TATR (planea ataques aéreos contra instalaciones aeronáuticas del enemigo) o ISIS (elabora planes de producción en planta y planifica la ejecución de determinadas tareas) [30].

Depuración: La forma en que estos programas trabajan es relativamente simple. En un principio el sistema recibe los datos correspondientes al estado en el que se encuentra un

determinado equipo, mecanismo o individuo. Más tarde será el componente inferencial el que recorra la base del conocimiento del programa para determinar si, base a los síntomas recibidos y procesados, se está ante un caso de mal funcionamiento o, por el contrario, esto no sucede así. Suponiendo que el programa determina que se da la primera posibilidad, en una segunda fase y tras haber concretado ante qué tipo de disfunción se está, se debe apuntar una serie de acciones a desarrollar para corregir problemas o deficiencias que hayan sido detectados. Finalmente, como tercer paso, se elaborará y ejecutara un plan cuyo objetivo es solucionar a las deficiencias detectadas previamente [31].

A cualquier persona experta, mediante la utilización de técnicas convencionales, le costaría posiblemente mucho tiempo y esfuerzo [32] el localizar una avería que se produce en el cableado de una central telefónica digitalizada. Sin embargo, para el sistema ACE (Automated Cable Expertise), que fue creado en los laboratorios de la compañía Bell, esto constituirá una tarea factible de realizar. El programa inicia su actuación analizando todos los datos correspondientes a informes de mantenimiento y reparaciones que se le suministran. Con posterioridad, y tras haber procesado toda la información, determina cuáles serán las acciones de conservación o reaparición que deberán aplicarse en la red para su puesta a punto [32].

Monitoreo o supervisión: El objetivo fundamental de este tipo de programas se concreta en la realización de un seguimiento y estudio continuado del comportamiento de un determinado sistema, a lo largo del tiempo, para poner de manifiesto las posibles desviaciones que su funcionamiento interno puede experimentar y que provocan, a la vez comportamientos externos inadecuados del mismo. Las disfunciones que un programa de estas características pueda detectar tienen que ver, por un lado, con el no cumplimiento de determinadas condiciones de base, prefijadas de antemano, para el funcionamiento de un sistema [33].

En la actualidad la mayoría de procesos industriales, se muestran cada vez en mayor grado de complejidad tanto en la estructuración que reciben como el propio funcionamiento de cada uno. Las grandes cantidades de datos, parámetros e información de todo tipo que es necesario manejar para resolver cualquier problema dentro de este ámbito superan ya, con mucho, las posibilidades ofrecidas por el elemento operativo tradicional que hasta hace poco tiempo ha resultado ser el operador humano. Una de las aplicaciones que servirá para este tipo de actividades es REACTOR. El mismo que monitoriza la lectura de los instrumentos de control de un reactor nuclear. Fue desarrollado por la compañía EG & G Idaho, alcanzando solo el status de prototipo de investigación [34].

Control: Muchos sistemas de control que hoy en día funcionan utilizan programas que incorporan algoritmos para efectuar su labor. Los sistemas expertos pueden aportar inteligencia al desempeño de la labor de control de procesos y sistemas muy en relación con este tema del control de procesos se encuentra una cuestión de suma importancia. La misma tiene que ver con el tiempo que transcurre entre la recepción de los datos (inputs), por parte del programa, y que el mismo elabora y aporta. Existen en la realidad determinados procesos donde se exigen respuestas relativamente cortas. Para estos casos son los determinados programas “en tiempo real” son los idóneos para ser aplicados dado que permiten generar respuestas rápidas a peticiones hechas, ejecutando, además, las necesarias operaciones de resolución casi de forma inmediata. Mediante ellos se permite realizar un seguimiento constante de los procesos que posibilita la corrección inmediata de cualquier desviación producida en los mismos [35]. No ocurre igual con otros muchos programas de control que operan en el momento presente, donde es fácil comprobar cómo se producen retrasos estimables entre la admisión de los inputs y la determinación de las pautas de comportamiento que los sistemas deberán exhibir tras ello. Se trata, en este caso, de los denominados programas en tiempo diferido. No esta aconsejada su utilización en aquellos entornos en los que se produce cambios rápidos y continuos en el estado de estos. Un ejemplo es el caso de PICON (Process Intelligent Control), el cual fue diseñado para trabajar en una importante empresa petrolífera [36].

Los que aportan al desarrollo del proyecto en específico son estos dos tipos últimos de sistemas expertos. El sistema experto de Monitoreo o Supervisión y los Sistemas expertos de control ya que el objetivo fundamental de este tipo de programas se concreta en la realización de un seguimiento y estudio continuado del comportamiento de una persona en tiempo real.

El sistema antifatiga OpGuard, sistema experto desarrollado como apoyo al diagnóstico de fatiga temprana para conductores de vehículos ya sea pesados o livianos, la siguiente invención de sistema experto está desarrollado por la compañía Hexagon. Es un sistema y método para determinar el nivel de fatiga y distracción del operador de vehículo mediante la detección de información física, como los movimientos y comportamientos oculares del operador, así como los datos del vehículo, y calculando una puntuación de fatiga. El método que se implementó en el sistema es el PERCLOS, se conoce como la técnica de seguimiento del porcentaje de cierre de parpado sobre la pupila a lo largo de un determinado tiempo. PERCLOS es un algoritmo que determina el porcentaje de cierre de los ojos durante un intervalo de tiempo. En general, un dispositivo de monitoreo PERCLOS determina el porcentaje de un tiempo específico del parpado y ojo, es decir calcula que el parpado este en un 80% cerrado sobre la pupila [37].

A continuación, en la Fig. 5 [38] se presenta el diagrama de flujo del algoritmo que se usó en la implementación del sistema para calcular el nivel de fatiga del operador.

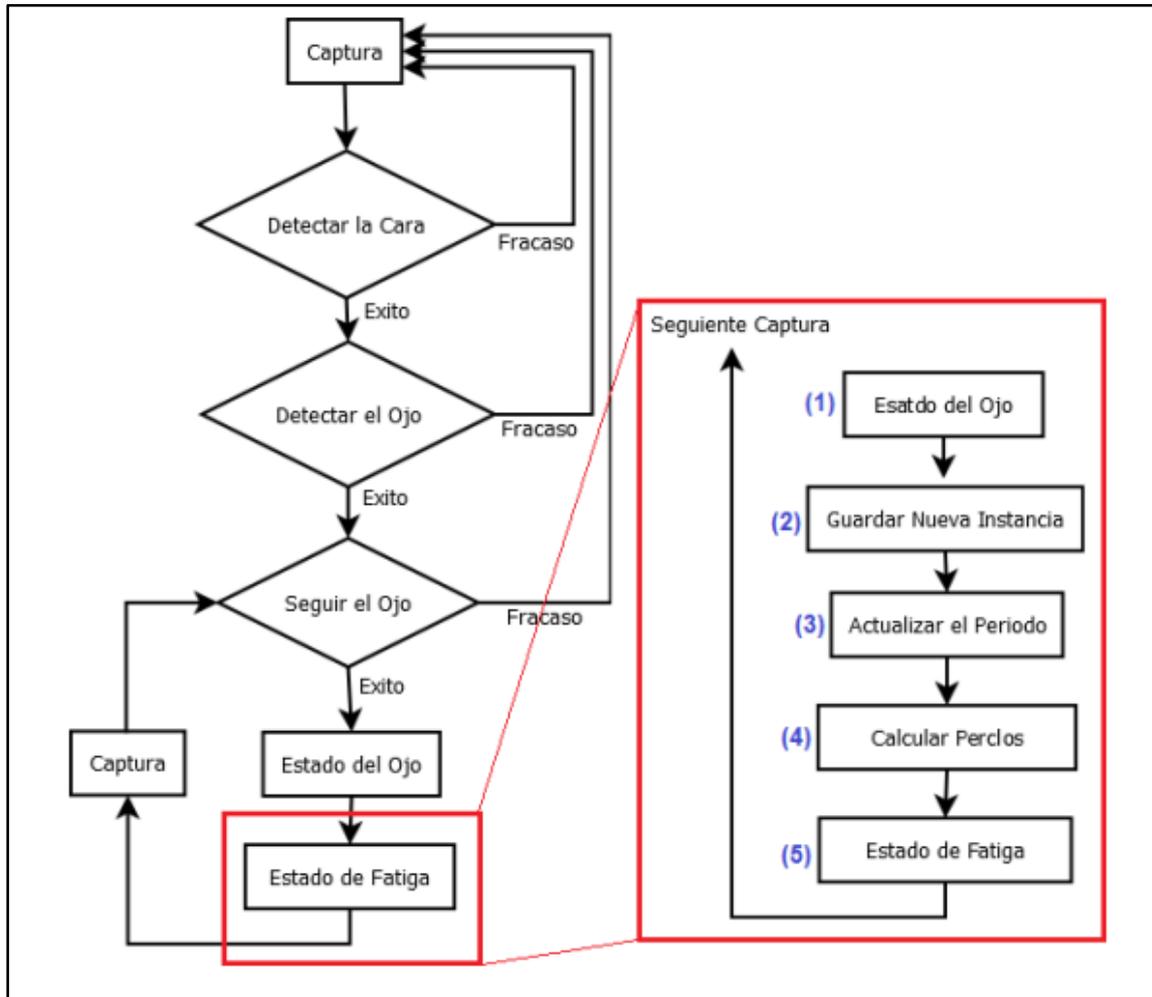


Fig. 5: Diagrama de flujo del algoritmo Perclos

El sensor óptico captura la cara del operador como se ven la Fig. 6

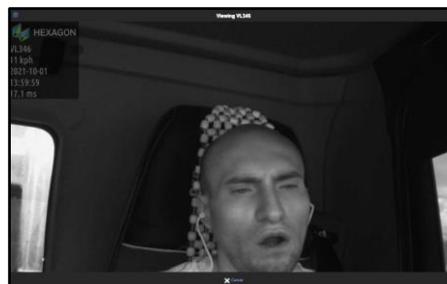


Fig. 6: Captura del rostro del operador

Si este tiene éxito detecta el ojo de la cara como se ve en la Fig. 7, en caso contrario, fracasa y regresara a capturar.

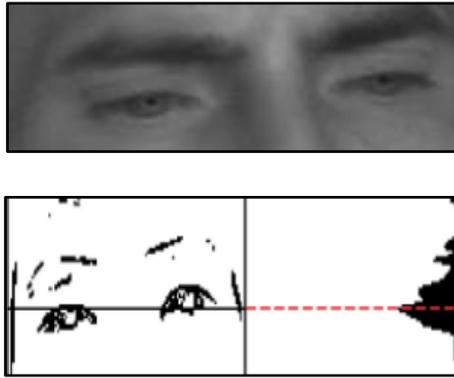


Fig. 7: Ojos detectado en el rostro del operador

Una vez detectado el ojo de la cara, hace seguimiento al ojo en caso contrario no haya podido encontrar el ojo ni hacer seguimiento regresara a la captura de la cara. Si el seguimiento tiene éxito pasa a evaluar el estado el ojo (Fig. 8) y calculara PERCLOS arrojando el estado de fatiga del operador [38].

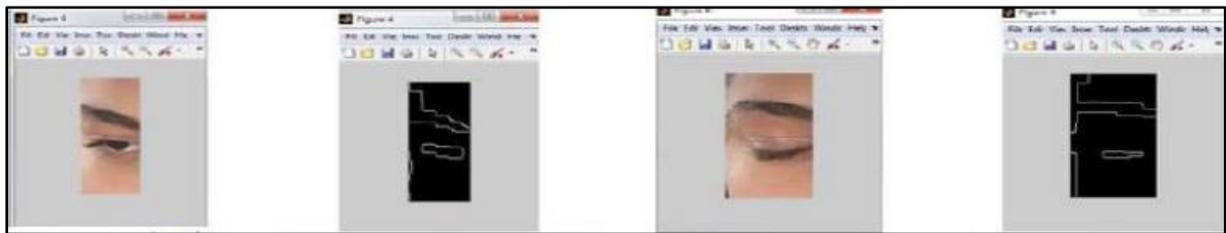


Fig. 8: Evaluación del estado del ojo

Para el testeo de este algoritmo se ha tomado tres conjuntos del estado del ojo, el primer conjunto simula un ojo abierto en 1s, el segundo simula un parpadeo en un tiempo de 1s y el último simula un ojo cerrado. Fijando un threshold (línea umbral) a 0.8 como se muestra en la Fig. 9 [38].

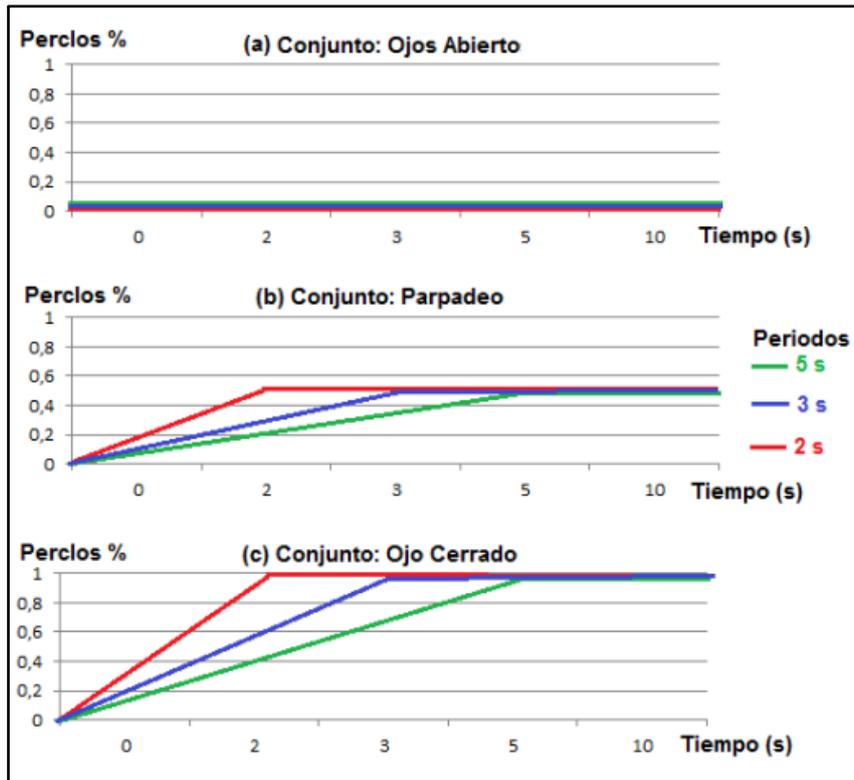


Fig. 9: Efecto del periodo de PERCLOS

Como se puede ver en la figura el PERCLOS no varía del 0%, mientras que con el resto de los conjuntos el PERCLOS empezara a subir hasta un valor máximo (50% en caso de parpadeo, y 100% en caso de ojo cerrado) [38].

El sistema experto para el control de fatiga que se implemento tiene 3 niveles de alerta según el valor de PERCLOS, y cada nivel se indica con color diferente como se muestra en las siguientes figuras: Fig. 10, Fig. 11 y Fig. 12 [38].

- Verde: PERCLOS < 50%
- Naranja: PERCLOS entre 50% y 80%
- Rojo: PERCLOS > 80%



Fig. 10: No hay alerta



Fig. 11: La fatiga es superior al 50%



Fig. 12: La fatiga alcanza más del 80%

El algoritmo que tiene el sistema OpGuard es el encargado de procesar toda la información que capte el sensor óptico, por lo tanto, es uno de los elementos más importantes del software del sistema para la toma de decisiones que se considera del más alto nivel de inteligencia y experiencia humana. Este software experto tiene el suficiente conocimiento almacenado como para resolver problemas complejos que solo un experto humano podría resolver en temas de fatiga. OpGuard es un sistema experto confiable que no debe emitir ningún tipo de error, además es muy flexible y el mecanismo de compilación de información es muy efectivo. Finalmente, este sistema experto es capaz de manejar problemas desafiantes como determinar la fatiga, brindando así soluciones a problemas fisiológicos natos impredecibles del ser humano.

2.2.2 ACCIDENTES

Hay muchas definiciones con respecto a este término por lo tanto obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable. La palabra accidente tiene su origen en el término latino *accidens*. El concepto hace referencia a algo que sucede o surge de manera inesperada, ya que no forma parte de lo natural. El uso más frecuente del término está vinculado al acontecimiento que sucede sin intervención y que genera un daño a un ser vivo o una cosa [39].

En términos elementales y básicos un accidente es un error de alguien que comete y que terminan produciendo daño a alguien o algo. El accidente es siempre el error de una persona, en las más básicas causas de los accidentes siempre se va a encontrar a una persona que por distintos motivos cometió un error. Las maquinas no cometen errores, todavía no logran alcanzar esa capacidad que por ahora solo es un atributo de las personas. Si se considera el accidente como un error, y al error como una instancia de aprendizaje para evitar volver a cometer un error, entonces los accidentes son momentos o instancias de aprendizaje para las personas y las organizaciones [40].

2.2.2.1 ACCIDENTES LABORALES O EN EL TRABAJO

Los accidentes laborales al igual que la tecnología ha evolucionado, es decir que es un acontecimiento sorpresivo o imprevisto, que a veces puede o no causar lesiones y que si ocurre puede o no haber daños físicos a la propiedad. Lo cierto es que si ocurre debe ser detectado, evaluado y gestionado para erradicar en lo posible nuevamente su ocurrencia o minimizar su impacto.

Al respecto Gómez y Orihuela [41] indican que los accidentes son la consecuencia final de obras y de personas que no respetan las exigencias y las normas establecidas. Acotan también que son el precio normal que se paga por el progreso de una actitud demasiado cómoda.

Los accidentes laborales es una realidad que preocupa a nivel mundial y pese a los esfuerzos que se realizan, por implementar una serie de políticas, desde los estados; las cifras indica, que aún se requiere mejorar los sistemas, de la tal manera que permitan asegurar la vida, salud e integridad de los trabajadores. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT): todos los días se mueren personas a causa de los accidentes laborales o enfermedades relacionadas con el trabajo, más de 2, 78 millones de muertes por año. Analizando esta cifra, se tiene que, en accidentes laborales o enfermedades relacionadas con el trabajo, ocurren 231667 accidentes

mortales por mes, 7722 por día, 322 por hora y 5 por minuto; lo cual, debería llevarnos a la reflexión [42].

Cabe resaltar que la primera causa de muerte en el mundo es el cáncer (64.23%), seguido por los accidentes laborales (20.29%), accidentes de tránsito (9.85%) y SIDA (5.52%) esto según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Otra realidad estadística, según la OIT es que anualmente ocurren unos 374 millones de lesiones relacionadas con los trabajos no mortales, que resultan en más de 4 días de absentismo laboral. El costo de estas lesiones más el absentismo laboral y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud es grande se estima aproximadamente en un 3,94% del producto interior bruto global de cada año [43].

El Perú no es ajeno a esta realidad y problemática mundial, según el sistema informático de notificación de accidentes, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales del Perú, en el mes de noviembre de 2019 se registraron 2744 notificaciones, de un total de 1625 empresas, lo que representa un aumento de 15,7% respecto al mes de noviembre del año anterior y una disminución de 12,2% con respecto al mes de octubre del año 2019. Del total de notificaciones el 97.01% corresponde a accidentes de trabajo no mortales, el 0,62% accidentes mortales, el 2,30% a incidentes peligrosos y el 0,07% a enfermedades ocupacionales. La actividad económica que tuvo mayor número de notificaciones fue las industrias manufactureras con el 22,01%; seguido de actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler: con el 20,19%; transporte almacenamiento y comunicaciones con 11,41%; construcción con 11,30%; entre otras. Lo que refleja que los sistemas, pese a existir, se tiene que controlar, retroalimentar y mejorar; para ello existe una serie de herramientas de ingeniería que requieren una adecuada gestión [44].

2.2.2.2 ACCIDENTES LABORALES EN MINERÍA

Una de las actividades que sigue repercutiendo hasta hoy es la minería, esto debido a que los materiales obtenidos en ella son muy importantes para la fabricación de productos que se utiliza día a día. Sin embargo, es una de las actividades más peligrosas y con mucho riesgo debido a las condiciones en que se trabaja, esto a pesar de la tecnología utilizada y las medidas de seguridad que se tiene. Trabajar en minería siempre es un riesgo latente. A pesar de los grandes esfuerzos que se realiza a nivel global, la minería es la ocupación más peligrosa ya que según cifras indica que, aunque la minería representa solo el 1% del trabajo, en accidentes representa el 8% del total de accidentes mortales. A esto se suma las enfermedades profesionales

incapacitantes como: neumoconiosis, la pérdida de audición y problemas por efecto de las vibraciones entre otras, haciéndola como una actividad de alto riesgo [45].

2.2.2.3 ACCIDENTES EN MINERÍA OCURRIDOS EN PERÚ

En el Perú, según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en la última década en la industria minera se han registrado 1751 accidentes leves, 581 accidentes incapacitantes, 16 accidentes fatales y 3676 días laborales perdidos. Dichos accidentes han sido generados por: desprendimiento de rocas (30%), choques y atrapado en golpes (11%), caídas (9%), atrapamiento por derrumbes (7%), asfixias (5%) y otros (36%). En el Perú se pierde un aproximado de 10 mil millones de dólares al año que son por enfermedades profesionales y accidentes. Además del 25% del tiempo de trabajo por paralización de procesos y accidentes. Todo esto representa el 4% del PBI [46]. El 2019 fue el año más productivo en cuanto a cobre en una década, según MINEM, pero también será recordado como un año mediocre en cuanto a seguridad en el sector minero formal. 40 mineros muertos son 13 más que el 2018, igual que el 2017, seis más que el 2016 y 11 más que el 2015. Del 200 al 2019 han muerto en el sector minero un total de 1039 personas, según el más reciente boletín estadístico del MINEM que se presenta a continuación en la siguiente Fig. 13 [46]. Anexo 1

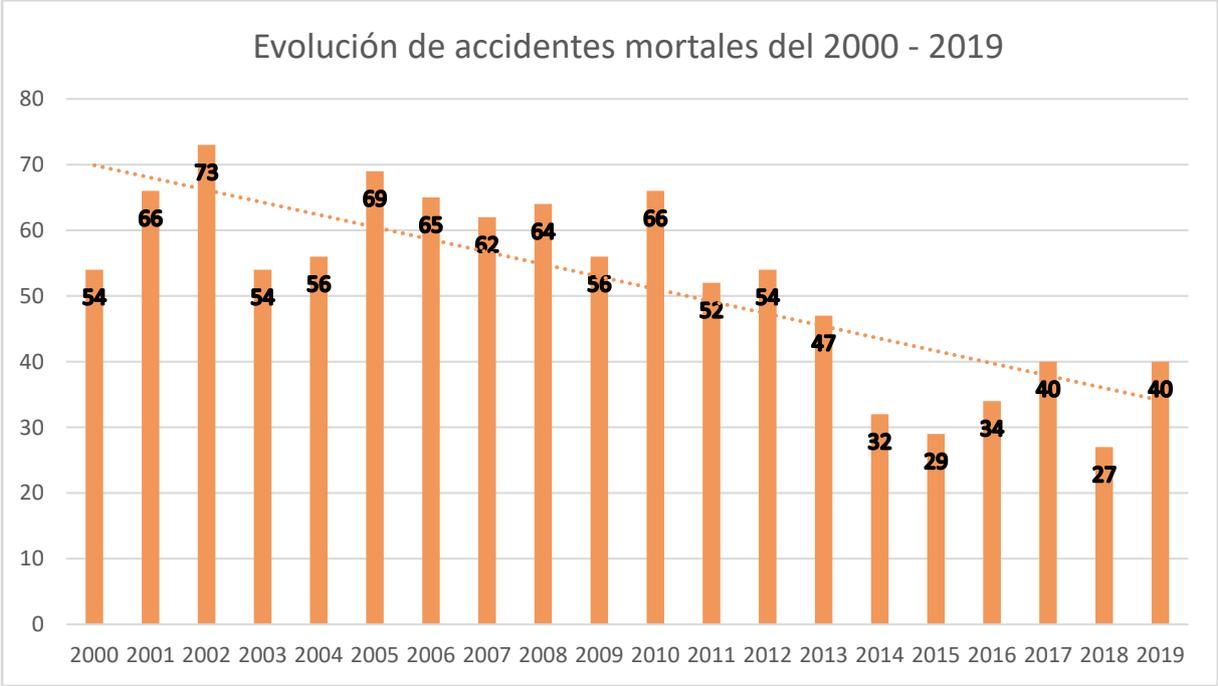


Fig. 13: Evolución de accidentes mortales de 2000 al 2019.

El costo de un accidente. El costo de un accidente constituye una pérdida real en las utilidades de la empresa, por lo tanto, es cada vez más la inversión que hacen las empresas con respecto

a este tema. La empresa suiza líder en calidad SGS distingue dos tipos de costos, los costos directos y los costos indirectos. Los costos directos, son aquellos que involucran tanto a la prevención como el post accidente. Por ejemplo, las aportaciones por concepto de seguro de riesgo o indemnizaciones. Los costos indirectos, son pérdidas que sufren las empresas a causa de los accidentes, los daños causados en instalaciones, maquinaria o equipo, el deterioro de la imagen corporativa, la pérdida de clientes en la organización, entre otros [47].

Según información de Osinergmin, el costo estimado de un accidente mortal en el Perú está en el rango de \$170,000 a \$220,000 a estos hay que sumarle la multa establecida por Osinergmin que es de 100 UIT, esta estimación cabe resaltar que solo es por un accidente mortal, se sabe también que en cada accidente muchas veces no solo es una persona la afectada, sino muchas más. Consultando Osinergmin por cada accidente mortal, ocurre 28 accidentes incapacitantes por lo tanto el costo se eleva. Por consiguiente, el costo de un accidente mortal y 28 incapacitantes sería \$397,895.31 como se puede ver a detalle en la Tabla 2 [48].

Tabla 2: Costo por cada accidente mortal.

Accidente	Número de accidentados	Costo unitario (USD/cu)	Costo total (USD)
Mortal	1	196102,94	196102,94
Incapacitante	28	7206,87	201792,37
Total (Sin tener en cuenta los accidentes leves e incidentes)			397,895.31

Por eso es que el rubro de la minería se ha empeñado en disminuir la accidentabilidad con la meta de daño cero, implementando programas, pero también identificando las zonas de mayor riesgo en este rubro [49].

2.2.2.4 TIPOS DE ACCIDENTES EN MINERÍA

Los tipos de accidentes en minería, al 30 de Setiembre de 2019, la mayor cantidad de víctimas mortales fue por caída de rocas (21%), seguido de tránsito vehicular y ventilación deficiente, atrapamiento y/o golpes por maquinarias u objeto móviles en interior mina y en carretera (16% cada uno); los accidentes de derrumbe, deslizamiento o soplado de mineral/ desmonte, (11%). Asimismo, los accidentes por caída de objetos, golpe por objeto, contacto con energía eléctrica y caída de personas, cada uno tienen una víctima (5% cada uno) [50].

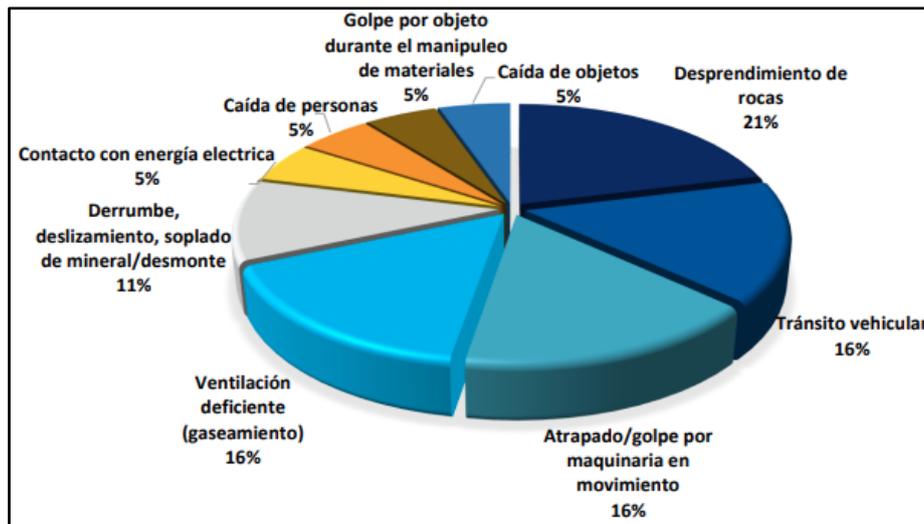


Fig. 14: Víctimas mortales por tipo de accidente.

En la Fig. 14 [50] se puede apreciar según lo reportado ante Osinergmin que, el tipo de accidente con mayor cantidad de accidentes mortales es el desprendimiento de rocas seguido del tránsito vehicular. Es en tal sentido, durante los últimos años la Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo se considera cada vez más como un requisito por las organizaciones. Esta busca identificar y validar el conocimiento de cada colaborador para desenvolverse en el trabajo de una ocupación o grupo de ocupaciones en cualquier rama de la actividad laboral, con la finalidad de un real aporte para enfrentar y afrontar los particulares riesgos en cada puesto laboral. Indicar también que la fatiga está dentro de los accidentes de tránsito que será nuestro tema de estudio para la variable dependiente, por lo tanto, empezaremos definiendo que es la misma.

Fatiga: Toda persona en ocasiones siente fatiga, la fatiga forma parte de la condición humana, las personas se fatigan debido al sobreesfuerzo o tensión. Se puede decir que el esfuerzo que haga cada persona se etiqueta de acuerdo a la intensidad que tenga, esta puede ser desde muy ligera hasta el agotamiento total. Una vez dicho esto la fatiga se podría definir como una sensación de debilidad y agotamiento, incluso dolor e incapacidad para relajarnos [51].

La fatiga es un síntoma de manifestación clínica que se relaciona con diversas patologías y el Sistema Nervioso Central (SNC). La persona que se encuentra bajo los efectos padece de una reducción o disminución del rendimiento. Según reportes este síntoma afecta entre 10 a 33% de la población mundial. Asimismo, se ha demostrado que el síntoma de la fatiga es más insidioso en adultos mayores (18,6% en varones y 28,1% en mujeres), además de ser indicador de fragilidad [52].

La fatiga laboral

Con el afán de que una persona se esfuerce en producir lo máximo y ser competitiva en una organización es cuando se puede desarrollar el estrés y fatiga, llegando a veces a poner en riesgo su salud y muchas veces incluso su vida. Esta enfermedad clínica se caracteriza por: su elevado aspecto subjetivo y psicosomático, su tendencia para hacerse crónica, su dificultad reparadora, y sus implicaciones a todo nivel profesional. Según el criterio psicofísico unicista es decir que no existe una fatiga física o mental aislada. Por lo tanto, la fatiga laboral es definida como una disminución del rendimiento psíquico, y cansancio o agotamiento a causa de una actividad que suele tener muchos factores para la aparición de la misma. Por ejemplo: físicos (iluminación y ruido), organizacionales (turno de la tarea y turno de trabajo) y psicológicos (responsabilidades, expectativas profesionales, niveles de carga entre otros) [53].

Una de las principales causas de los accidentes en minería es debido a la fatiga, esto aumenta más aun cuando una persona está al volante de algún equipo pesado. Por lo tanto, lo que trataremos a continuación son los factores que puede causar este síntoma de la fatiga.

Factores que influyen en la fatiga de un conductor: Los principales factores que influyen en la fatiga del conductor son: Sueño corto, años del chofer, itinerario de labor, experiencia en la conducción, sueño almacenado, la existencia de trastorno del sueño y la hora del día. Entre los factores que influyen en la fatiga laboral, están las que se encuentran relacionadas con el ámbito laboral, así mismo, las que no se relacionan con el trabajo. Como se ve en la Tabla 3 [54].

Tabla 3: Comparación de factores de riesgo

Factores que influyen en la fatiga	Factores no relacionados que influyen en la fatiga
Horas prolongadas de trabajo	Alto nivel de actividades
Diseño de trabajo	Obligaciones pesadas
Cambios tardíos	Problemas emocionales
Tiempo inadecuado para dormir	Tiempos extendidos de viaje
Trabajos por turno	Mala salud y nivel de condición física

Fuentes de la fatiga laboral: la fatiga no solo puede ser física sino muchas veces también clínica es decir por el consumo de algún medicamento. Por ejemplo, cafeína, algunas drogas que causen somnolencia. Las demás fuentes que presenta esta se describe a continuación: no dormir lo suficiente, problemas emocionales como la depresión, estrés ansiedad, músculos

débiles, inactividad por dolor o problemas en las articulaciones pueden causar debilidad en los músculos, mala alimentación o hambre, la falta de sueño, demasiado ejercicio físico [55].

Signos y síntomas de la fatiga laboral: cansancio o somnolencia, lapsos de memoria, dificultad para concentrarse, tiempos de reacción más lentos, los efectos de la fatiga pueden reducir el efecto de un trabajador, capacidad para tomar decisiones, capacidad para hacer una planificación compleja, habilidades de comunicación, productividad y rendimiento, atención, capacidad para manejar el estrés, tiempo de reacción, habilidad para recordar detalles, capacidad para responder a los cambios en el entorno o la información proporcionada, aumento de errores, enfermedades a largo plazo, el absentismo, mayores costos médicos [56].

2.2.2.5 ACCIDENTES POR FATIGA LABORAL

Una persona que conduce con fatiga disminuye gradualmente su capacidad de concentración, atención y pierde la capacidad de respuesta ante cualquier peligro o condición que se presente cuando circula por una carretera o es incapaz de realizar maniobras evasivas para evitar colisiones o despistes. Producto de este tipo de accidentes es que hay gran cantidad de víctimas, heridos y pérdidas materiales. Según información, se indica que del 4 al 30% de los accidentes en carreteras son producidos por el cansancio o somnolencia durante la conducción de vehículos. Según el informe mundial sobre prevención de traumatismos causados por tránsito estima que 1.2 millones de personas mueren y aproximadamente 50 millones resultan heridas como consecuencia de accidentes de tránsito. Según el informe indica que, si no se implementa medidas preventivas estas cifras aumentarían en un 65% en los 20 años siguientes. Según las proyecciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que entre el 2000 y 2020 las víctimas de muertes descenderían en los países de altos ingresos y aumentaría en aquellos de medianos y bajos ingresos, siendo de esta manera los traumatismos la tercera causa de morbilidad y lesiones [57].

Accidentes por fatiga en minería

La Universidad Cayetano Heredia en el 2017 realizó un estudio que indica que, en la altura, la dificultad para dormir es mayor, esto debido a la disminución del oxígeno. El estudio, realizado sobre la base de los accidentes por tránsito, demuestra que la mayor cantidad de trastornos de sueño en conductores mineros se presenta en aquellos que laboran en el turno noche (30%), seguido de los que habían indicado que dormían cinco horas (15%), los que tenían insomnio (10% a 15%), los que tenían hipoventilación o respiración lenta (10% a 20%) y los que tenían

apneas del sueño (6% a 10%). Por esta razón, se crean desordenes del sueño en los conductores mineros que operan en horarios atípicos. [58].

Controlar los riesgos viales, es tan importante como contar con elementos de seguridad en los vehículos. El 90% de los accidentes viales son producto del error humano, por esto es crucial controlar y monitorear el desempeño de los conductores a través de un perfil de conducción y de fatiga humana, sabiendo que se exponen, muchas veces, a sistemas de turnos atípicos 24/7. La fatiga cobra mayor importancia y peligro en vehículos pesados, ya que se ha comprobado que en un rango de 30% a 47% de los accidentes donde se involucra un camión o bus ocurren por esta causa. Cabe destacar que conducir con fatiga perjudica a la memoria y esto equivale a conducir ebrio, todo esto a consecuencia de causas laborales y no laborales [59].

2.2.2.6 DISTRACCIÓN

El diccionario de la Real Academia Española, define a la distracción como “cosa que atrae la atención apartándola de aquello a que esta aplicada y, en especial, un espectáculo o un juego que sirve para el descanso” [60].

Manejar un vehículo en una pista o carretera es estar expuesto a percibir continuamente el tráfico cambiante, evaluar y decidir la acción más adecuada a realizar en cada caso y ejecutar correctamente todas estas acciones para un manejo que te permita llegar a tu destino. Para este tipo de procesos el conductor tiene que estar en óptimas condiciones psicofísicas de tal manera este pueda llevar a cabo adecuadamente todo el proceso. Cuando uno mismo conduce su automóvil. Por ejemplo, ¿cuántas veces sintoniza una emisora de radio mientras sujeta con una mano el volante?, ¿la frecuencia que usa el teléfono móvil?, ¿acostumbra a entablar conversación con la persona que tiene a lado? Todas estas actividades son distracciones que podría tener un conductor en el momento que está conduciendo [61].

Más específicamente, la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) hace una diferencia entre la desatención y la distracción en la conducción de vehículos. Son causas de desatención [61]:

- Que la persona que conduce realice una tarea adicional mientras conduce de modo que su atención se aparte de la tarea de conducir (por ejemplo, hablar por teléfono móvil u observar publicidad en la calle).
- Realizar maniobras que aparten la atención del conductor con la vía (por ejemplo, mirar por el espejo retrovisor).

- La somnolencia o el adormecimiento del conductor.
- Cualquier otro evento que desvíe la atención del conductor de la tarea de conducir.

Estas causas descritas en mayor o en menor grado y que no están relacionadas con la conducción, son a las que llamaremos distracción que está dentro de los tipos de desatención como se muestra en la Fig. 15 [61]. Una distracción en la conducción es el suceso, actividad, objeto o persona, fuera o dentro del vehículo, que capta la atención del conductor y la desvía de la tarea de conducir. Una mosca dentro del vehículo, una llamada en el teléfono móvil, etc. son ejemplos que pueden distraer al conductor y por lo tanto ocasionar un accidente. Asimismo, estas causas son las que podrían poner en peligro la vida del conductor [61].



Fig. 15: Desatención y distracción.

Tipos de distracciones que existe: los cuatro tipos de distracción que existe en la conducción son [62]:

- Visuales (por ejemplo, desviar la vista de la carretera para realizar una tarea no relacionada con la conducción).
- Cognitivas (por ejemplo, poner atención sobre un tema que te preguntaron por teléfono, en lugar de analizar la situación de la carretera).
- Físicas (por ejemplo, sujetar con una sola mano el volante mientras se cambia un CD por otro, comer o beber, provocando que el volante gire).
- Auditivas (por ejemplo, oír música a alto volumen no permitiendo escuchar otros sonidos como la sirena de la ambulancia o responder el celular cuando suena).

Una de las distracciones que más riesgo puede provocar es el uso del teléfono celular. Según un miembro de Epidemiology Resources de Boston indica que el móvil en la salud humana es el de provocar un accidente de tráfico. Hablar por móvil durante la conducción puede aumentar entre 5 y 10 veces la posibilidad de sufrir un accidente de tráfico. El uso del teléfono celular

puede llegar al mismo nivel que conducir con una tasa de alcohol de 1.0 g/. Se altera la distancia de seguridad, se confunden itinerarios y se cometen más infracciones de lo habitual. La evolución de la tecnología hoy en día ha hecho que muchas veces actuemos de manera negativa y más con el uso del celular a continuación en la Fig. 16 [63] se presenta un cuadro de la evolución de la telefonía móvil celular [63].

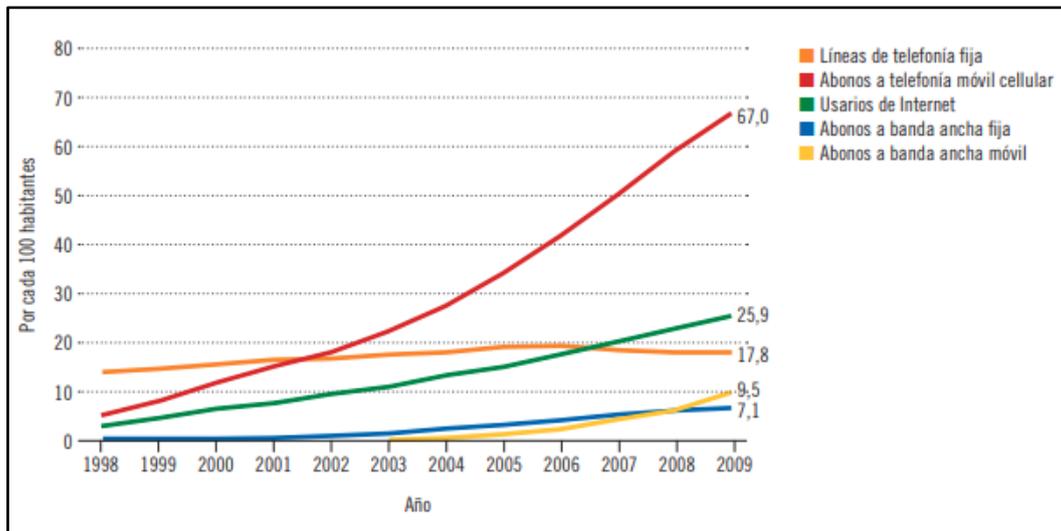


Fig. 16: Avances en las tecnologías de la información y la comunicación en el mundo, 1998 – 2009

Hacer algo tan habitual como cambiar de emisora en una radio, de canción o simplemente subir/bajar el volumen de la música. Son prácticas que se usa habitualmente y que se ha integrado en la conducción como algo normal, sin embargo, estos comportamientos entrañan un riesgo que podría muchas veces costar la vida de uno mismo o de muchas personas más. Por lo tanto, debemos analizar y reflexionar sobre esto. Si se tiene compañía en un auto, este acompañante debería encargarse de estas cuestiones, solo debemos pedirle [63].

2.2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Fatiga: estado clínico que toda persona presenta ya sea por cansancio físico o psicológico. La fatiga puede ser un síntoma que indica que una persona puede estar levemente cansada o está agotada totalmente [52].

Somnolencia: es la necesidad de dormir después de haber realizado ya sea un trabajo mental o físico. Este síntoma de sueño es más insidioso en personas que trabajan de noche [64].

Acarreo: es el desplazamiento de un vehículo pesado cargado de algún material, de un lugar de origen a un destino [65].

Distracción: es la desatención que se pone en el momento de conducir un vehículo, pudiendo llegar a ocasionar un accidente ya sea leve o mortal [63].

Camión volquete: son vehículos pesados que se utiliza para el movimiento de tierras y para el acarreo de materiales en general, transporta carga de 20Tm en adelante [66].

Atípico: para nuestro caso es el horario de trabajo que se tiene en empresas que no dejan de producir de día y noche, por lo tanto, los horarios son más largos pudiendo llegar a trabajar 12 horas diarias [67].

Sistema experto: es una máquina que puede hacer el trabajo de una persona experta en algún ámbito que se desempeñe [35].

Experto: Persona que se diferencia de las demás por ser especialista o es competente en un área determinada y que puede dar una alternativa a una pregunta que se le plante [68].

Motor de inferencia: es el encargado de examinar los hechos de los sistemas expertos y también decide en qué orden se hacen las inferencias es decir las conclusiones de las premisas [69].

Inteligencia artificial: es un programa de computación que está diseñado para realizar tareas propias de la inteligencia humana, como por ejemplo el autoaprendizaje [36].

Transacciones: es cualquier intercambio relacionado con el negocio, por ejemplo: venta a los clientes, pago a los proveedores, etc. [70].

Antifatiga: para el caso que se está desarrollando Antifatiga es un sistema que previene de accidente de somnolencia o sueño a conductores de camión volquete que conducen casi 10 horas al día [51].

OpGuard: hardware principal del sistema antifatiga OpGuard, encargado de procesar los datos de lo que la cámara capte.

IPERC: herramienta de gestión que permite identificar peligros, evaluar los riesgos asociados a los procesos y establecer las medidas de control en una organización [71].

SSOMA: (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente) modelo de gestión donde su principal objetivo es prevenir y controlar los riesgos. Una empresa puede elegir implantarlo para cumplir con las normas de gestión de Seguridad y Salud en el trabajo y la Gestión Ambiental [72].

SSYMA: (Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente) son los procedimientos y políticas de la empresa minera Goldfields [73].

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la empresa

Mur-Wy es una empresa dedicada a brindar servicios especializados en minería, transporte y mantenimiento. En minería brinda servicios al sector de minería y construcción como son: supervisión y control de minado, operación de mina, perforación y voladura, carguío y acarreo, cierre de mina, movimiento de tierras a grandes volúmenes y PADS de lixiviación. En alquiler de equipos cuenta con equipos pesados de última generación para mediana y gran minería: excavadoras, cargadores frontales, perforadoras, camión volquetes, etc. En mantenimiento brinda el servicio de mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo y reparación de componentes, cuenta con equipos nuevos y reparados en stand by con el cual el cliente se beneficia por qué se hace la reparación por intercambio disminuyendo el tiempo de paradas de los equipos.

Datos generales de la empresa

- RUC: 20470407442
- Razón social: Mur-Wy
- Actividades comerciales: movimiento de tierras y transporte de carga por carretera.
- Gerente general: José Navarro Alanya
- Inicio de actividades: 01/07/2000
- Dirección legal: Av. Malecón Checa Nro. 3777, urbanización Campoy, San Juan de Lurigancho, Lima - Perú

Misión: somos una empresa que brinda soluciones integrales de servicios mineros y movimientos de tierras, a precios competitivos y con estándares según los requerimientos de nuestros clientes.

Visión: ser la empresa latinoamericana líder en brindar soluciones integrales de servicios mineros, reconocidas por su eficiencia y flexibilidad.

Valores de la empresa

Confianza, honradez, compañerismo, agilidad e integridad

Objetivo general de la empresa

Establecer un sistema de gestión mediante el desarrollo de programas, actividades de promoción y prevención, pendientes en mejorar las condiciones de trabajo, salud de los empleados y colaboradores, rentabilidad en nuestras operaciones y cuidado del medio ambiente, en fiel cumplimiento con la política de seguridad, seguridad ocupacional, medio ambiente y comunidades de la empresa.

Objetivos específicos de la empresa

- Evitar accidentes de trabajo.
- Alcanzar la máxima rentabilidad en cada uno de los trabajos que ejecute.
- Prevenir lesiones y accidentes profesionales en los trabajadores controlando los riesgos de seguridad y salud ocupacional a que está expuesto el trabajador.
- Identificar y prevenir a todo nivel los impactos negativos al medio ambiente mediante la implementación de controles.

Estructura organizacional de la empresa

En la Fig. 17 se muestra el organigrama en general de toda la empresa y las áreas en las cuales está dividida.

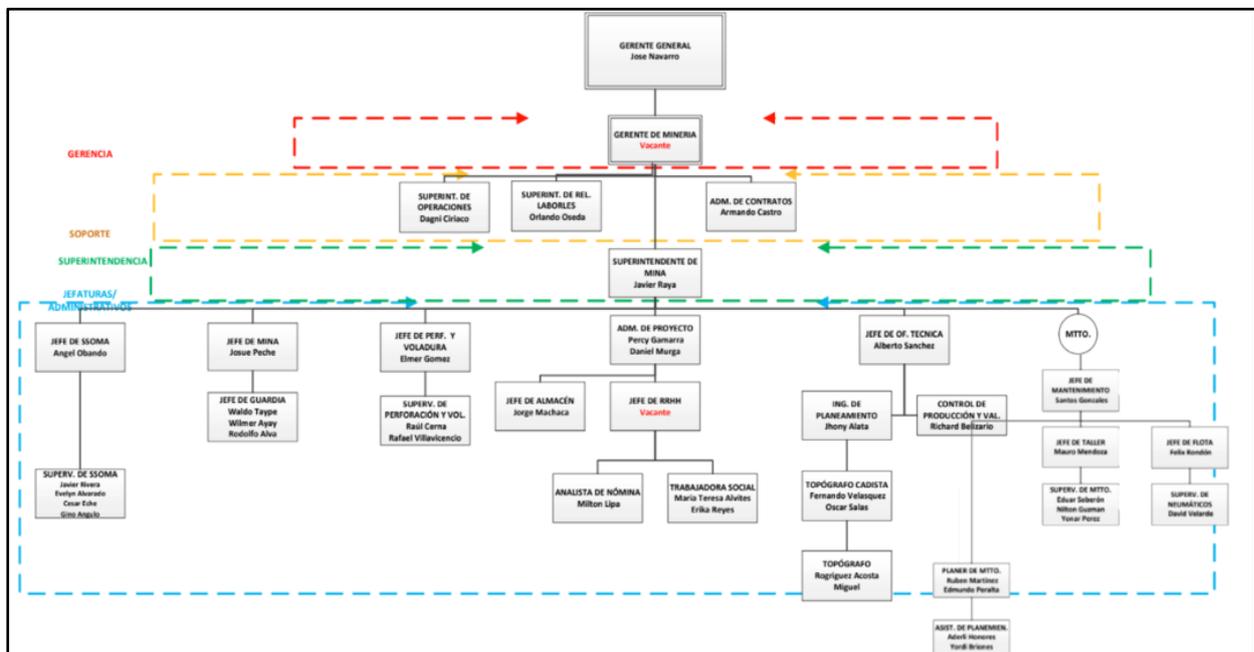


Fig. 17: Organigrama de la empresa Mur-Wy

Ubicación geográfica de la empresa

En la Fig. 18 se muestra la ubicación geográfica en el proyecto donde opera la empresa.

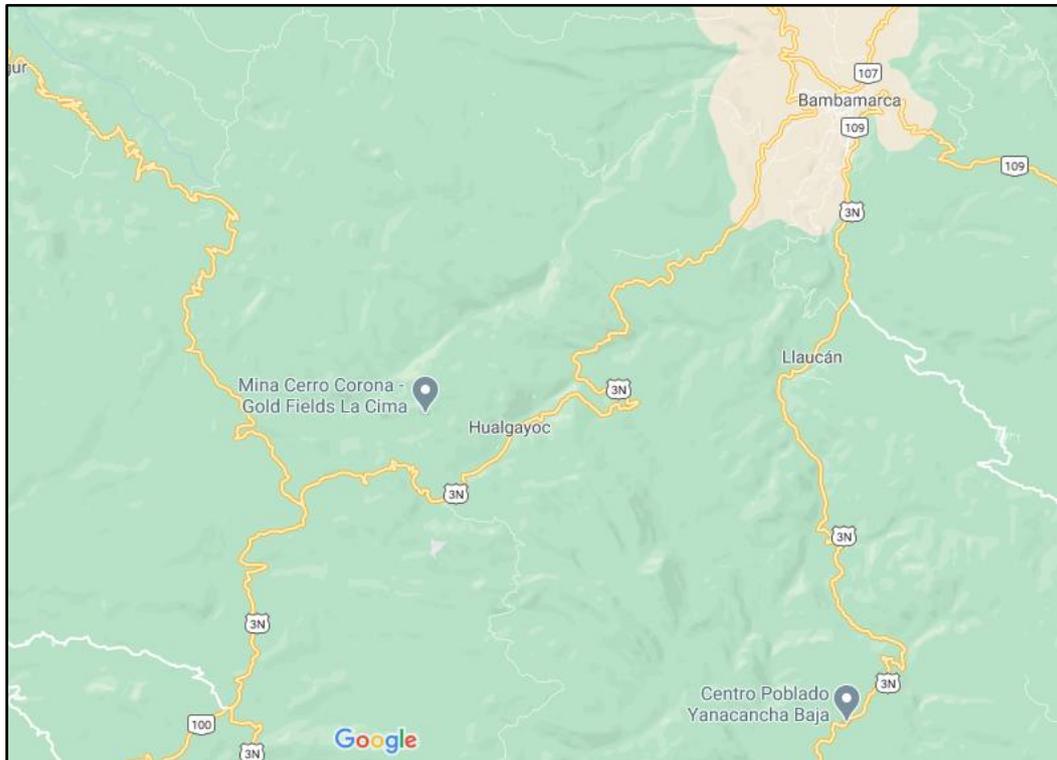


Fig. 18: Ubicación del proyecto Cerro Corona

La presente investigación fue desarrollada en la empresa Mur-Wy S.A.C en la unidad minera Cerro Corona del departamento de Cajamarca, provincia Hualgayoc y distrito de Hualgayoc, para lo cual se recolectó la información necesaria de tal manera que se pueda realizar la investigación. El desarrollo de la presente investigación tuvo una duración aproximada de 6 meses, donde se realizó la implementación, análisis, documentación, funcionamiento y resultados del sistema Antifatiga

3.1.1 PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la investigación se ha seguido el proceso de la Fig. 19, estos procesos han sido planteados y elaborados por la compañía Hexagon Minig [74] en colaboración con la minera GoldFields, adecuando los procesos y actividades a su Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSYMA) [75] de la minera. El diagrama se divide en dos partes, las actividades y las tareas, la primera que abarca a la segunda y esta a su vez se divide en nueve tareas como se observa en el diagrama. Así mismo se hizo el diagrama de Gantt con cada una de las tareas y el tiempo en la que esta se implementó; teniendo como más tiempo empleado en la tarea de la instalación de componentes dentro de la cabina de cada volquete como se muestra en la Fig. 22. Para más detalle de los procedimientos de la gestión SSYMA podemos ver el Anexo 14.

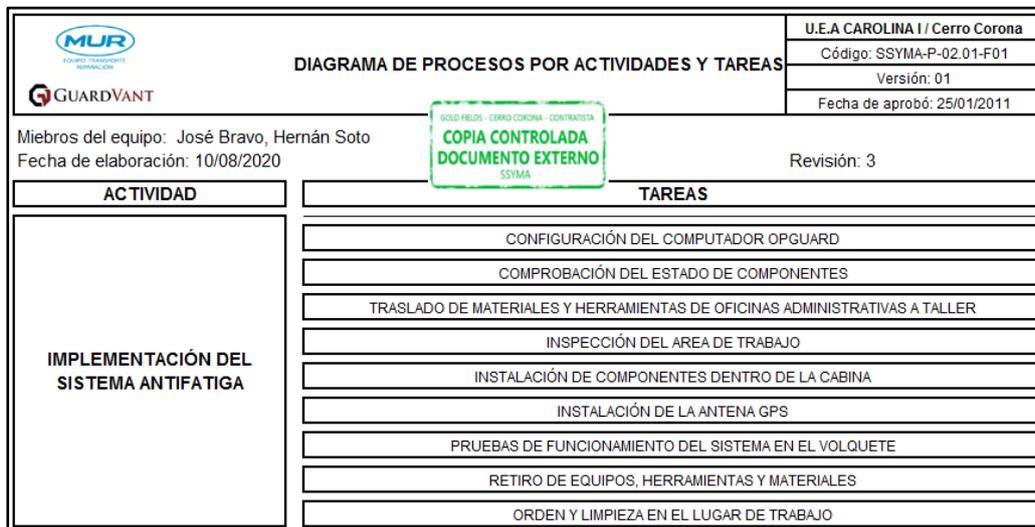


Fig. 19: Metodología para la implementación del sistema OpGuard

Antes de la implementación del sistema antifatiga OpGuard el proceso que se seguía era el que se presenta en la Fig. 20, así también se presenta cada uno de los procesos descritos en el diagrama en la Tabla 4 para mayor entendimiento.

Para la realización de la implementación del sistema antifatiga OpGuard se siguió el proceso que se presenta en la Fig. 21, explicando paso a paso la descripción de cada actividad que se hizo en la Tabla 5 para su mayor entendimiento.

De acuerdo a los diagramas de procesos se ha optimizado los tiempos en lo que se refiere a la intervención a los operadores ya que antes de la implementación del sistema no se tenía un control estricto de la fatiga en cada uno de los operadores y muchas veces el operador descansaba hasta el término de la guardia perjudicando la producción de la minera.

Tabla 4: Ficha de descripción del proceso de control de fatiga antes de implementar el sistema OpGuard

Ficha de descripción del proceso			
Denominación del proceso	Control de fatiga para operadores de camión volquete antes de la implementación del sistema OpGuard	Área a la que pertenece	Operaciones y SSOMA
Entradas	Operador indica que esta fatigado	Salidas	Descanso del operador
Objetivo		Alcance	
Realizar control de la fatiga		Se inicia con la indicación de fatiga por parte del operador y termina en descanso médico o descanso inmediato del operador durante la guardia	
Secuencia de actividades			
–	Operador indica que esta fatigado		
–	Supervisor O3 indica si el operador esta fatigado		
–	El operador entra en descanso		
–	Calistenia y firma de formato de descanso por parte del operador		
Subprocesos			
–	Seguimiento al operador si la fatiga es reiterativa		
–	Descanso medico si no es una fatiga simple		
–	Charla por parte de Salud Ocupacional si la fatiga no es reiterativa		

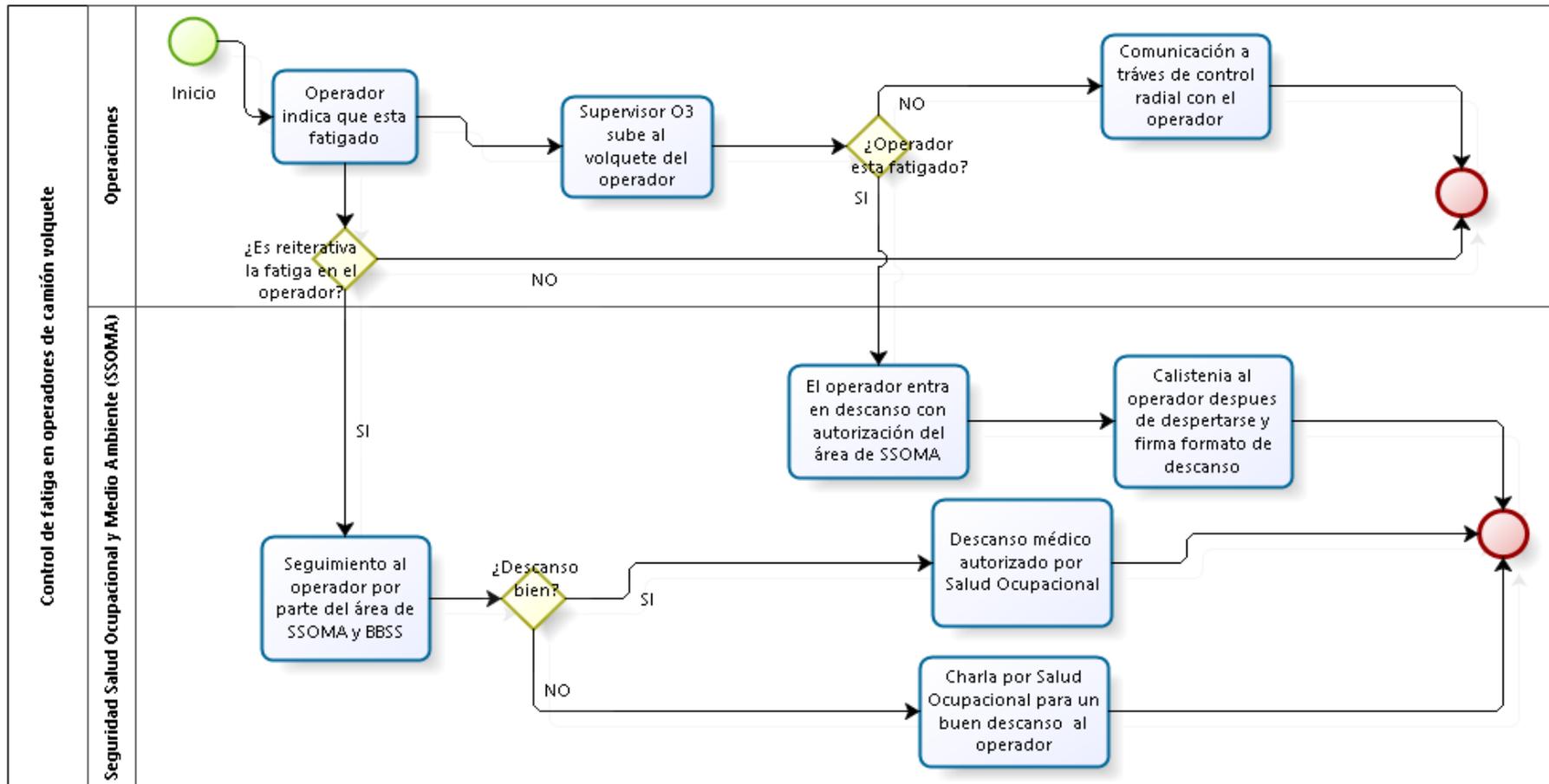


Fig. 20: Diagrama de procesos del control de fatiga antes de la implementación del sistema OpGuard

Tabla 5: Ficha de descripción del proceso de implementación del sistema OpGuard

Ficha de descripción del proceso			
Denominación del proceso	Implementación del sistema OpGuard	Área a la que pertenece	Sistemas y Comunicaciones
Entradas	Comprobación del computador	Salidas	Funcionamiento del sistema
Objetivo		Alcance	
Realizar la implementación del sistema OpGuard y ponerlo en funcionamiento tanto en cabina como en el sistema OpWeb		Se inicia con la comprobación del computador se revisa el hardware y se termina con el funcionamiento del sistema OpGuard	
Secuencia de actividades			
–	Recepción de componentes del sistema por parte del área de almacén		
–	Verificación del estado del OpGuard		
–	Configuración del OpGuard		
–	Comprobación de componentes externos		
–	Instalación en la cabina del volquete		
–	Configuración del Modem		
–	Configuración del enlace entre el OpGuard y el OpWeb		
–	Verificación del funcionamiento del OpGuard y OpWeb		
Subprocesos			
–	Recepción y cambio de OpGuard con fallas		
–	Recepción y cambio de componentes del OpGuard		

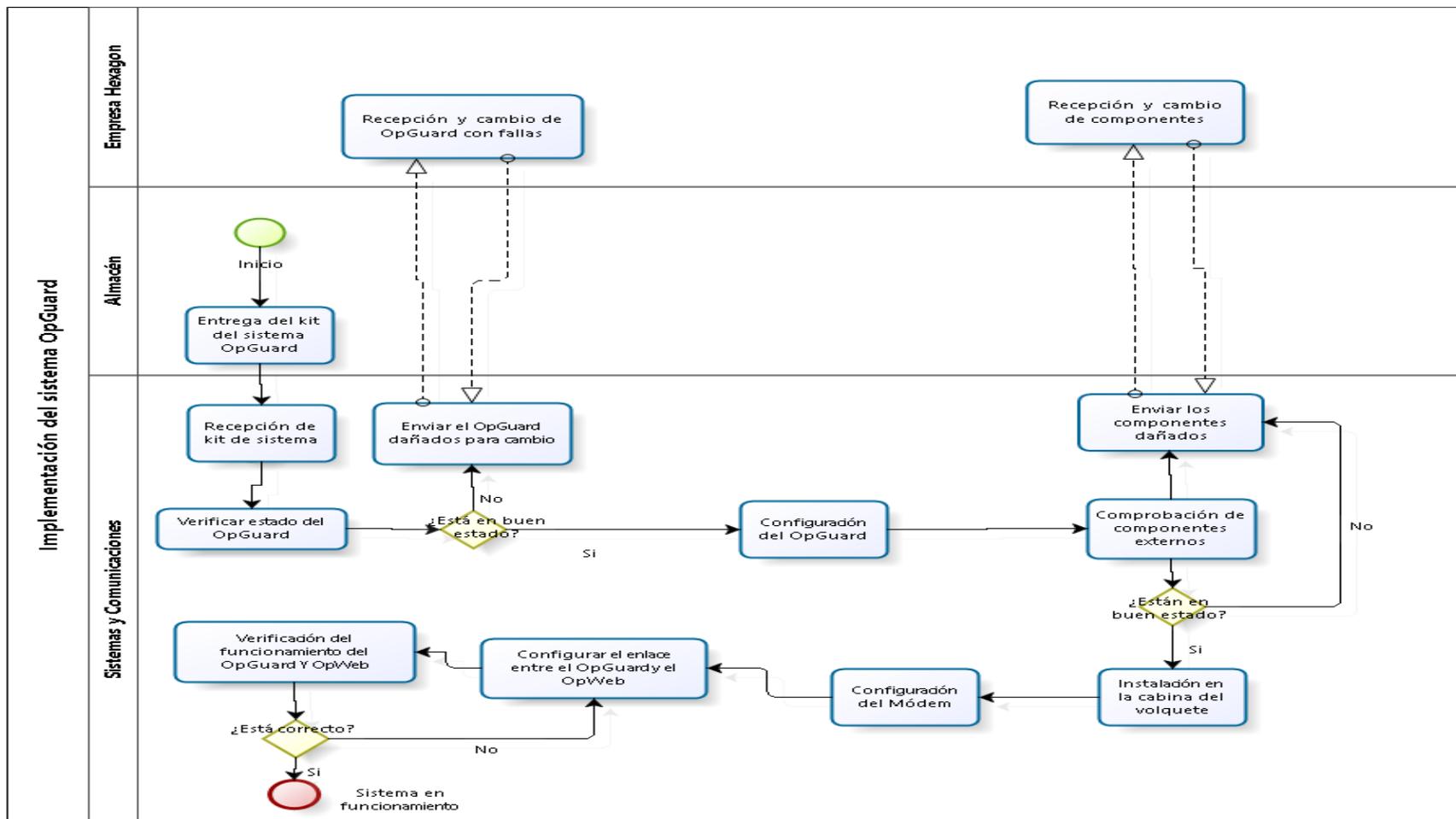


Fig. 21: Diagrama de proceso de la implementación del sistema OpGuard

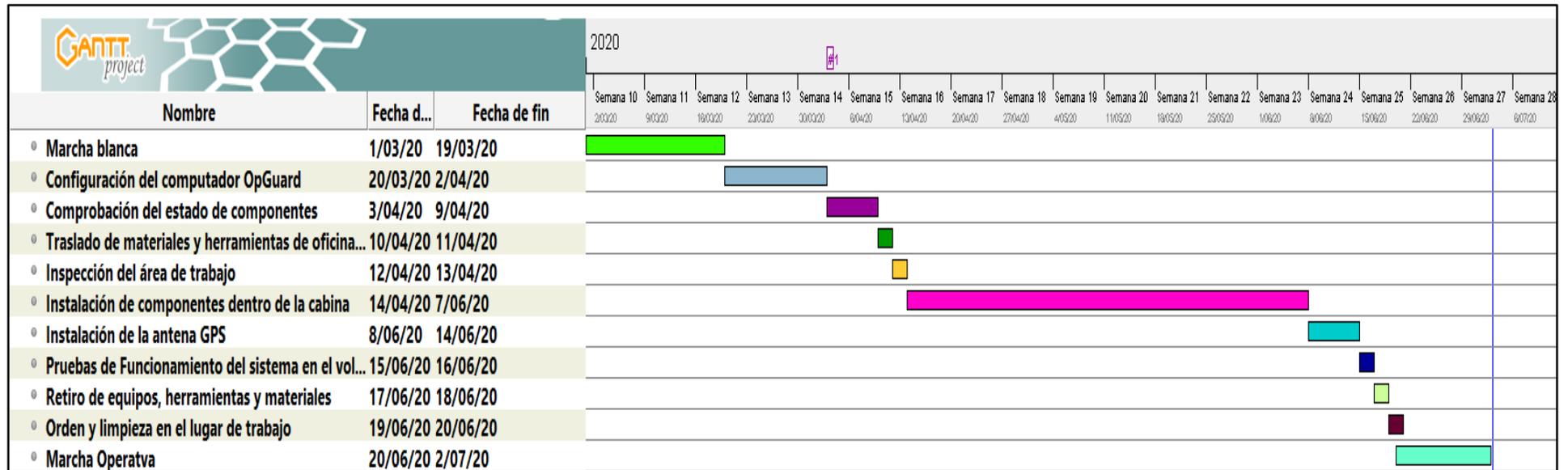


Fig. 22: Tiempo en el que se hizo la instalación de los sistemas OpGuard

3.1.2 CONFIGURACIÓN DEL COMPUTADOR OPGUARD

Se inició con la configuración del computador, debido a la facilidad que se tuvo al momento de ser configurado como se ve en la Fig. 23, ya que, si se lo hacía después de empotrarlo en la cabina del volquete, eso implicaría poco espacio y no tener comodidad al momento de hacer la configuración. La otra ventaja es que una vez configurado ya se puede hacer la comprobación de componentes, es decir probar uno a uno cada componente ya que la mayoría de ellos fueron conectados en el computador.



Fig. 23: Componentes del sistema OpGuard antes de ser instalado

La configuración del sistema se hizo en el OpGuard (computador), para esto se necesitó: monitor con conexión HDMI, teclado USB y una memoria USB. Una vez que se adquirió el servicio por parte de la compañía que en este caso es Hexagon, hubo dos maneras de hacer la configuración. Una de ellas es a través de permisos que otorga la compañía Hexagon para ingresar a sus servidores y desde allí hacer la configuración; y la segunda, es solicitar el software, y así hacer la instalación. Para este caso, se procedió con la segunda manera, esto debido a que según contrato se contó con una copia del software, juntamente con los componentes del sistema; y cuando ya se tuvo todo lo necesario para la configuración del sistema se procedió a conectar el computador a la fuente de poder, que pasa por un transformador que convierte la energía de 220V a 12V, cabe resaltar que esta conexión se hizo con corriente de un tomacorriente normal en la oficina de pruebas como se ve en la Fig. 24.

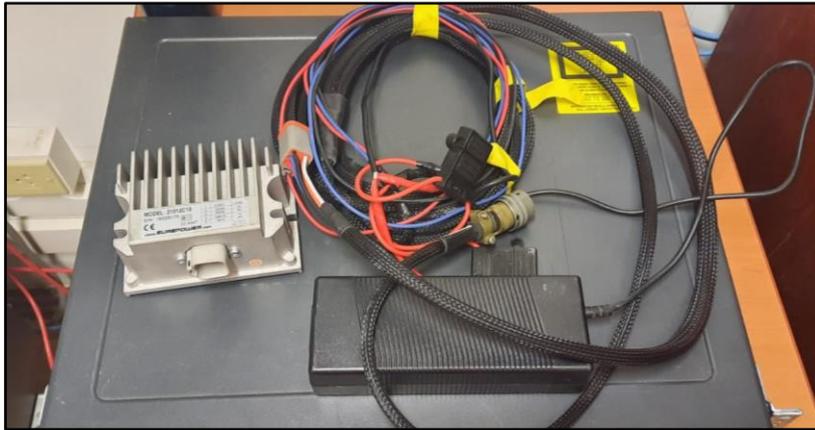


Fig. 24: Transformador de corriente de 220V a 12V

Luego se procedió a destapar el computador y conectar el USB booteado al OpGuard con la información para cargar el sistema operativo (SO) como se ve en la Fig. 25.

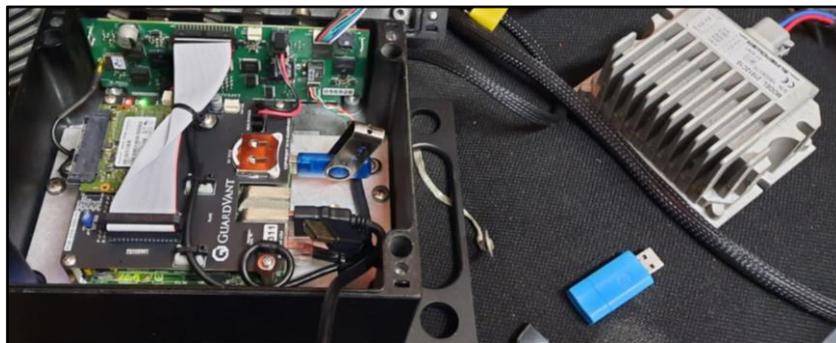


Fig. 25: USB conectado al computador para cargar el SO

Cuando se conectó el cable al tomacorriente, el USB en el OpGuard y el cable poder al convertidor el sistema empezó a funcionar, luego para que el SO se instale se presionó la tecla F10 de tal manera que obtengamos las opciones para levantar el USB con el archivo de nombre gvpc-x86_64-5.0.sqfs como se ve en la Fig. 26.

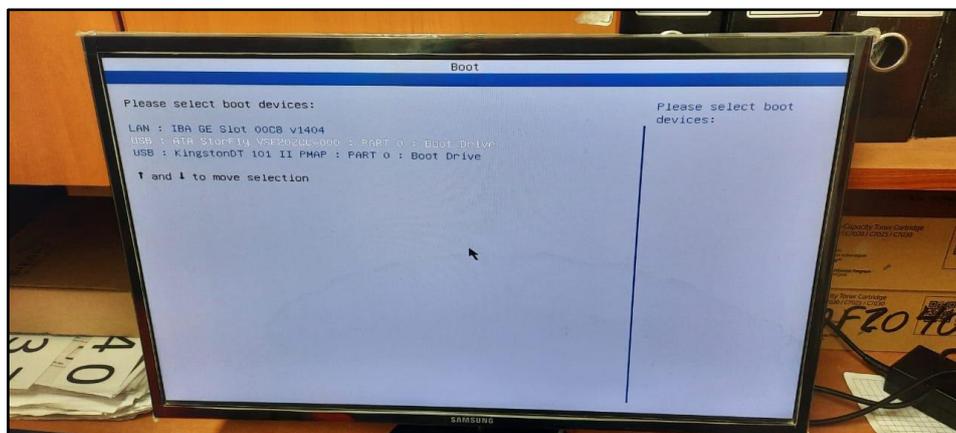


Fig. 26: Instalación del sistema operativo (SO) en el OpGuard

El SO empieza a cargar una vez elegido la forma de instalación que se desea hacer, como se ve en la Fig. 27 se hará de dos maneras a través de un disco o desde el USB que en este caso es la segunda opción para luego dar permiso a la instalación.

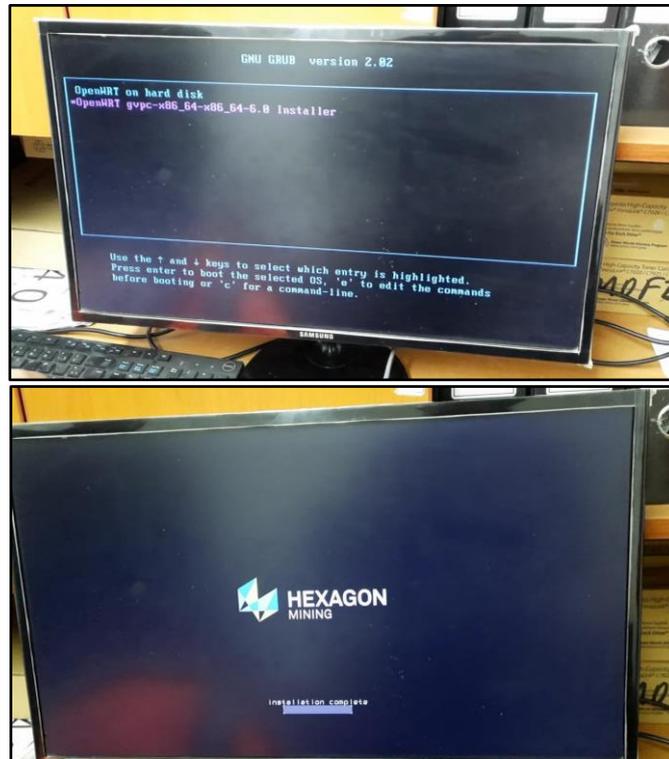


Fig. 27: Instalación del SO desde el USB

Una vez instalo el SO se procedió a configurar el código que fue asignado de acuerdo al código del volquete en el cual fue instalado, iniciamos con la instalación de la antena en el puerto del computador de 24 pines como se ve en la Fig. 28, esto con el fin de poder conectarnos a la pc desde el wi-fi del computador.

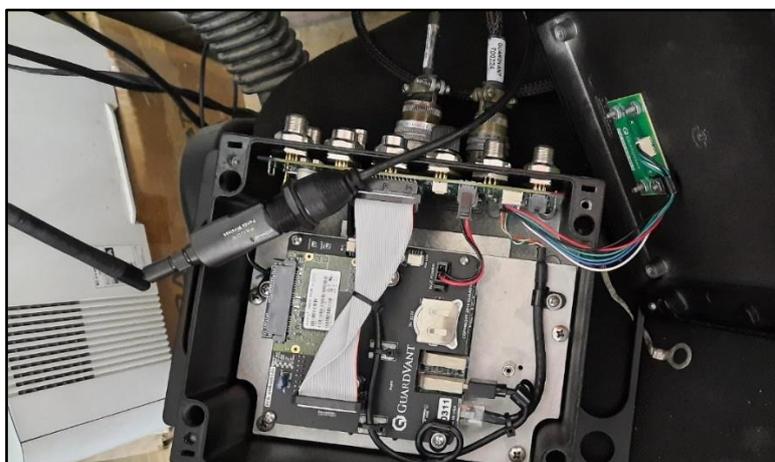


Fig. 28: Conexión de la antena wi-fi con el puerto Amphenol de 24 pines

Se buscó la red el wi-fi del computador, en este caso desde un ordenador que tenga tarjeta de red wi-fi nos conectamos a la misma, que tendrá de nombre “gvpc” como se ve en la Fig. 29.

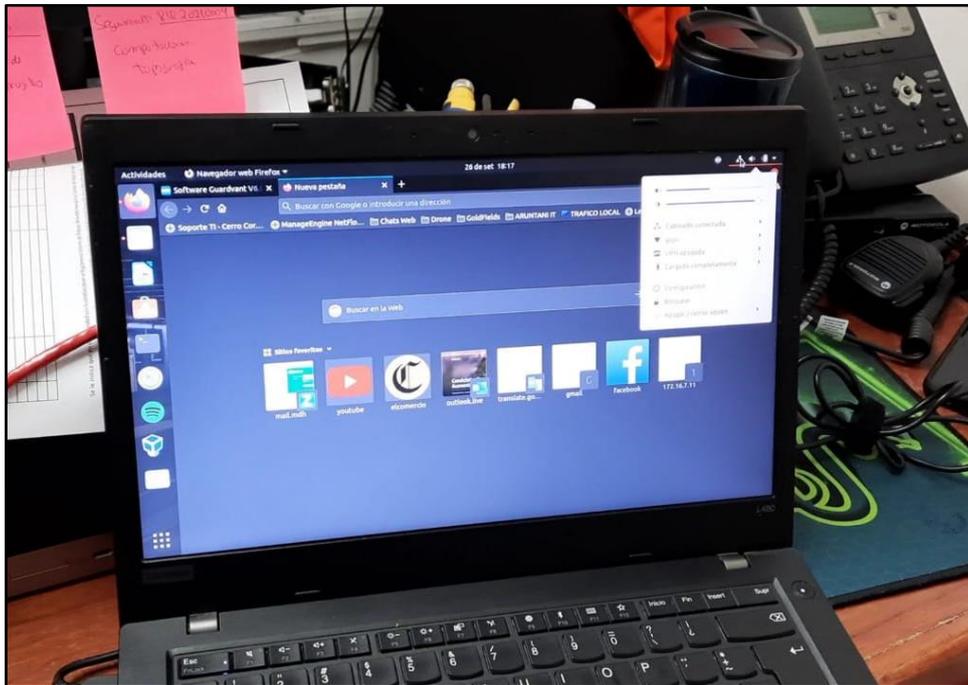


Fig. 29: Conexión wi-fi desde una pc para ingresar a la interfaz

Esta conexión permitió que pudiéramos ingresar a la interfaz del sistema ingresando el siguiente IP en la barra de direcciones como se ve en la Fig. 30 y desde allí poder cargar el código del volquete al cual se le asignara este sistema. Como se puede visualizar en la interfaz gráfica del sistema operativo podemos ver que la versión de desarrollo en la que se encuentra el sistema es en la 6.0 y para todo SO de 64 bits.

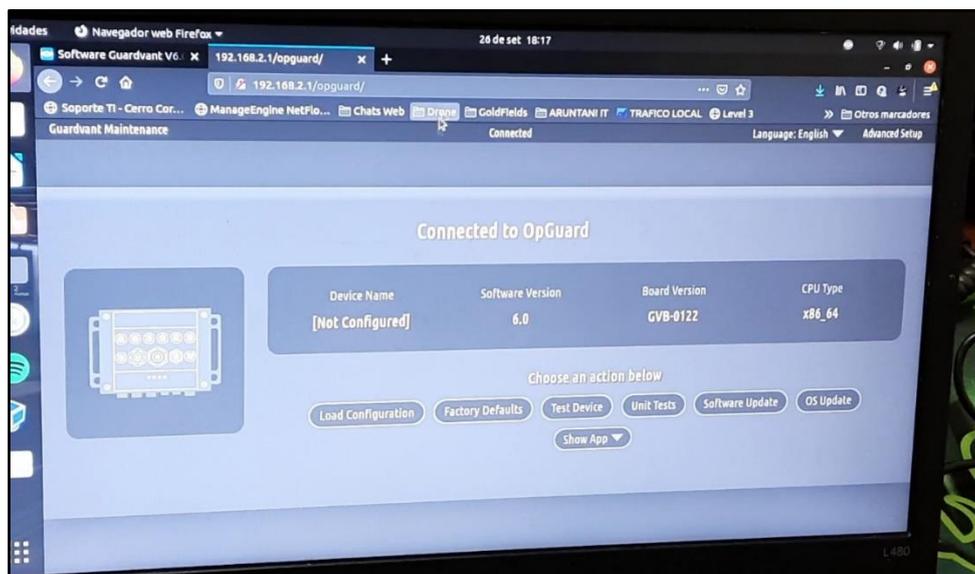


Fig. 30: IP para ingresar a cargar archivo netconfig.json

Para dar el código al volquete se tuvo que cargar el archivo de nombre “netconfig.json” que lo importamos desde la opción Load Configuration como se ve en la Fig. 31, este archivo que se mencionó anteriormente permitió asignar el código al volquete, como se ve en la Fig. 32 se configuró el volquete VL-392.

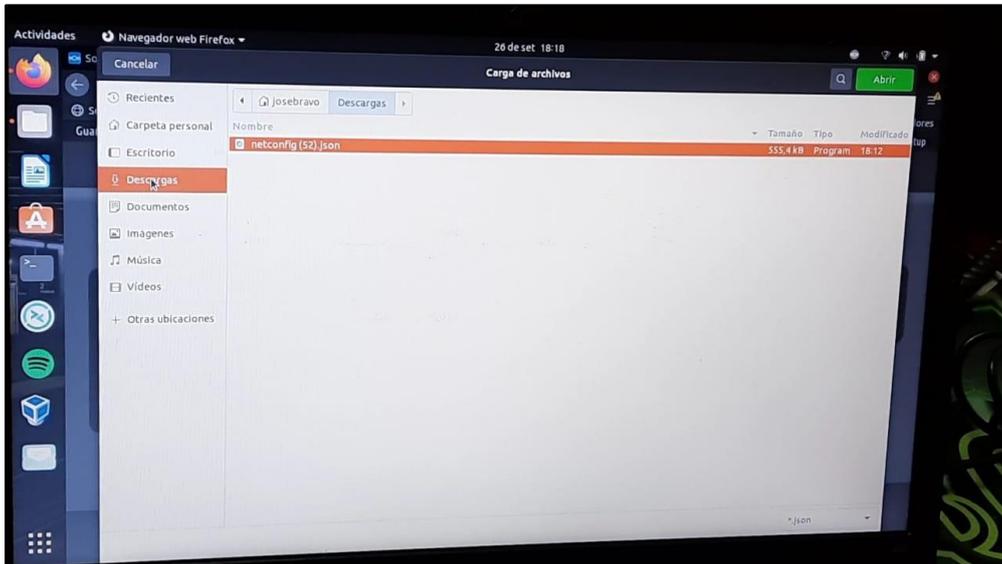


Fig. 31: Cargando el archivo “netconfig.json”

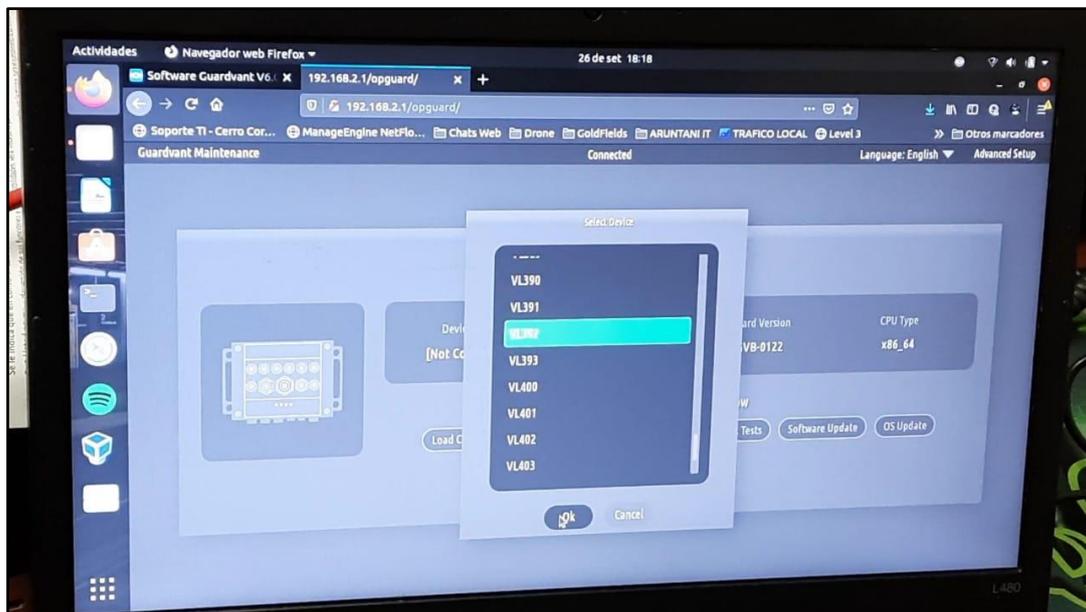


Fig. 32: Asignación del código al volquete 392

Después de la asignación del código al volquete el sistema pedirá iniciar sesión para ya poder hacer el testeo de cada uno de los componentes del sistema como se ve en la Fig. 33

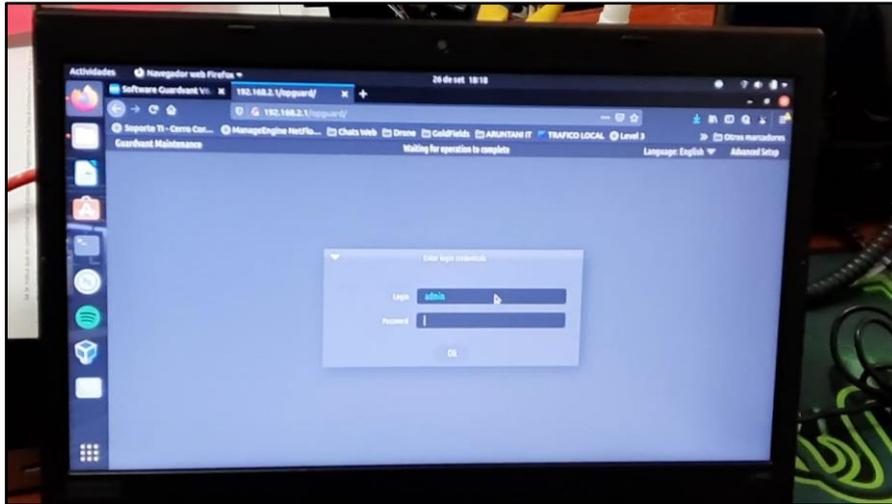


Fig. 33: Inicio de sesión

Una vez que se ingresó las credenciales y obtuvo la interfaz (Fig. 34) para el testeo de los componentes se ha finalizado con la instalación y configuración del SO.

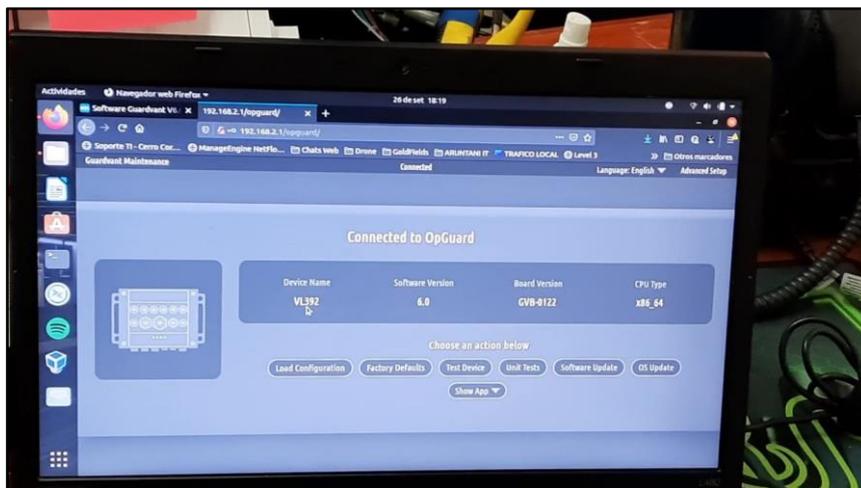


Fig. 34: Interfaz gráfica del sistema ya configurada

Finalmente, en la Fig. 35 podemos observar la antena que se usó para poder hacer la conexión del computador con la pc a través del wi-fi.



Fig. 35: Antena USB

3.1.3 COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE COMPONENTES

Una vez que se adquirió todos los componentes del sistema se procedió con la prueba de funcionamiento de cada uno de ellos como se indica en el diagrama de conexión (Fig. 64); antes de este paso, ya se había configurado el OpGuard obteniendo la comprobación de cada uno de los componentes que se necesitaba probar. Los computadores ya tienen asignado una dirección IP; por lo que solo quedó instalar y comprobar. Para ingresar a la configuración se puede hacer de dos maneras; una es con código, y la otra a través de la interfaz gráfica que proporciona el computador.

Para dar inicio a la prueba de componentes primero se ingresó la dirección IP asignada al computador como se ve en la Fig. 36. Se digitó en la barra de direcciones de una página web la dirección IP que antes ya se configuró para el OpGuard.

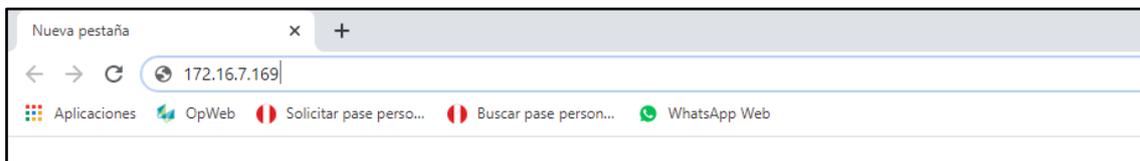


Fig. 36: IP que brinda la red

Con esta dirección IP se ingresó a la interfaz gráfica de logueo del sistema de testeo, como se ve en la Fig. 37.

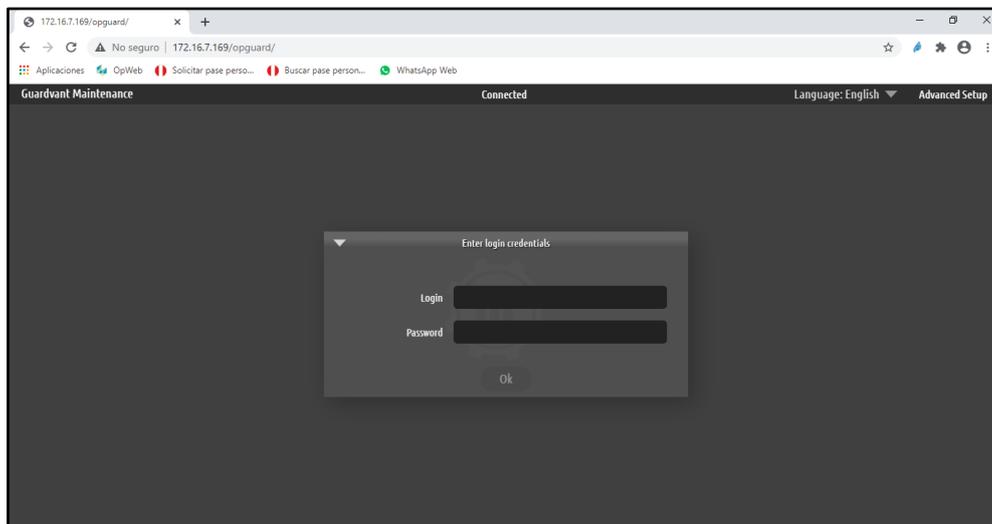


Fig. 37: Pantalla de logueo

Una vez que se ingresó las credenciales de logueo, se inició la interfaz gráfica como se ve en la Fig. 38. En esta interfaz se muestra algunas características del sistema como el código del OpGuard, el mismo que también pertenecerá al volquete donde fue instalado, otra de las

características que se presentó es la versión del software que en este caso correspondió a la versión 6.0. Finalmente, se presentó todos los módulos a los que se puede ingresar:

- Configuración de carga (Load Configuration)
- Fallas de fábrica (Factory Defaults)
- Dispositivo de prueba (Test Device)
- Pruebas unitarias (Unit Test)
- Actualización de Software (Software Update)
- Actualización del sistema operativo (OS Update)
- Mostrar Aplicación (Show App)

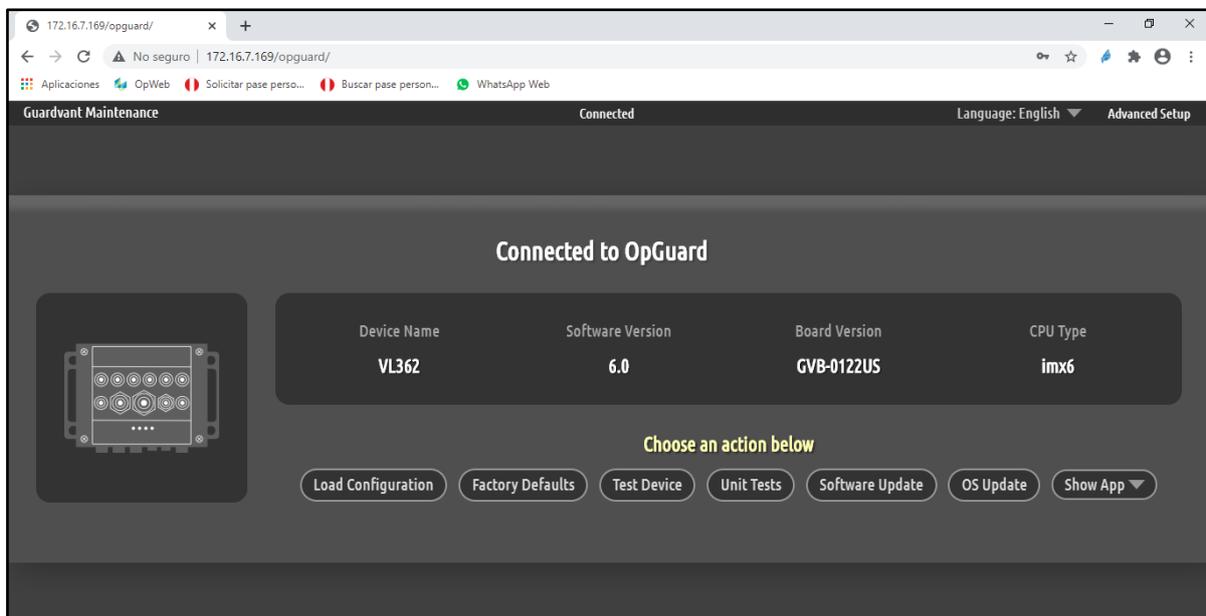


Fig. 38: Interfaz gráfica del sistema

Para la comprobación de componentes se hizo un testeo breve de todos los dispositivos del sistema con el fin de avanzar con la instalación por lo que solo se ingresó al módulo de dispositivos de prueba (Test Device). A continuación, se presenta la interfaz de este módulo Fig. 39.

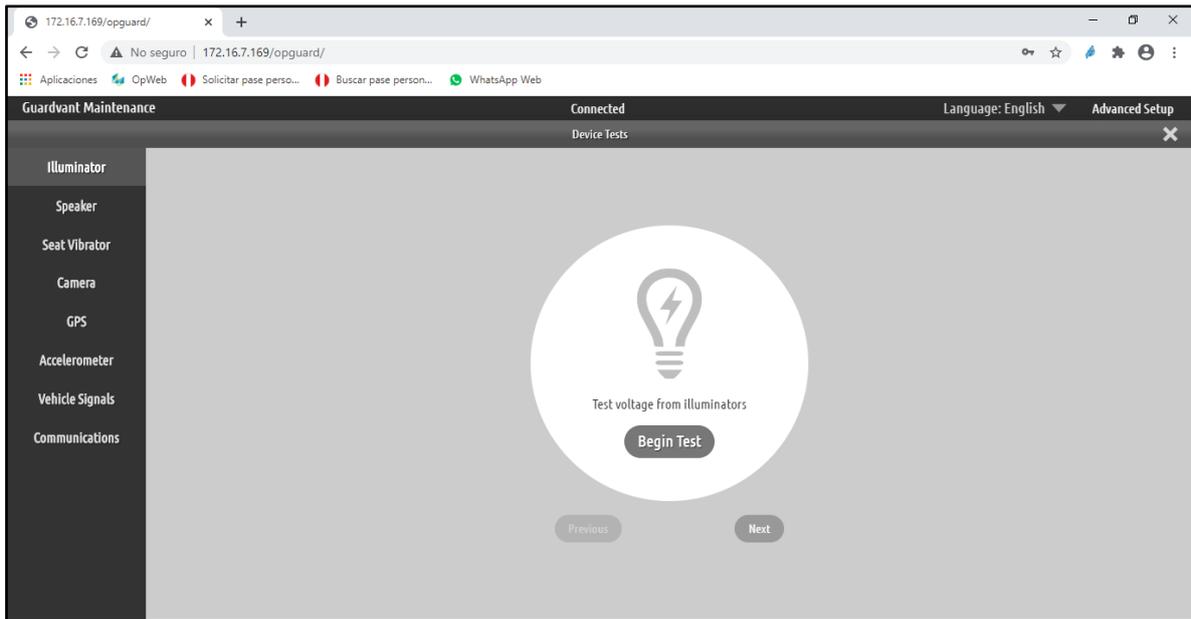


Fig. 39: Interfaz del módulo Test Device

En la Fig. 39 se muestra la interfaz del módulo Test Device, donde cada uno de los componentes que aparecen en la parte izquierda fueron comprobados de manera que estén en buen estado. Como primer componente se tuvo al iluminador, este es el encargado de proporcionar luz infrarroja a la cámara de tal manera que el operador pueda ser observado ya sea de noche o con lentes oscuros.

El siguiente componente que se testeó es el altavoz o bocina, que es el encargado de emitir la alerta cuando el operador está por debajo de los límites permitidos de fatiga en el sistema; es decir, cuando el operador esté fatigado o presente síntomas de fatiga o sueño, esta alerta que se emitirá a través del altavoz será: “concéntrese en su trabajo”. Otro de los componentes que se probó es la vibración que emite el vibrador, el cual se instaló debajo del asiento del conductor, al igual que el altavoz este componente también es una alarma que vibra cada vez que el operador presente distracción o fatiga.

El siguiente elemento que se testeó fue la cámara, elemento muy importante para el sistema, por lo que se instaló en frente de cada operador para captar todos los movimientos de los ojos como se muestra en la Fig. 40; adicionado a ello muestra un diagrama del movimiento captado de los ojos, donde se pinta de color rojo cuando el párpado tiene más del 80% cerrado sobre el ojo, esta información se irá procesando en la computadora del sistema y arrojará un resultado de fatiga o distracción para el operador. El siguiente componente que se comprobó fue el GPS, que sirve para ver la ubicación del volquete. Otro de los componentes que se testeó fue el sensor de velocidad que medirá la velocidad del volquete.

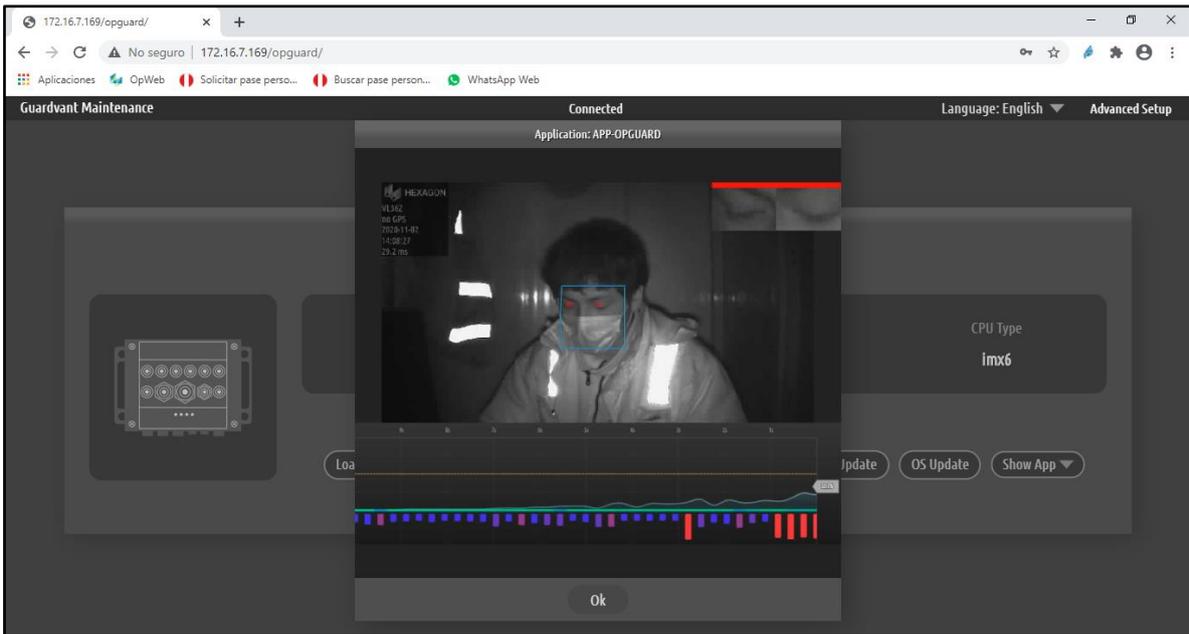


Fig. 40: Cámara captando movimiento de ojos

En la Fig. 41 se muestra los componentes que se testearon y así ver cuales se encuentran en mal estado; por lo que, los componentes con aspa no se conectaron para la demostración y los componentes con check estuvieron listos para la instalación en la cabina de cada camión volquete.

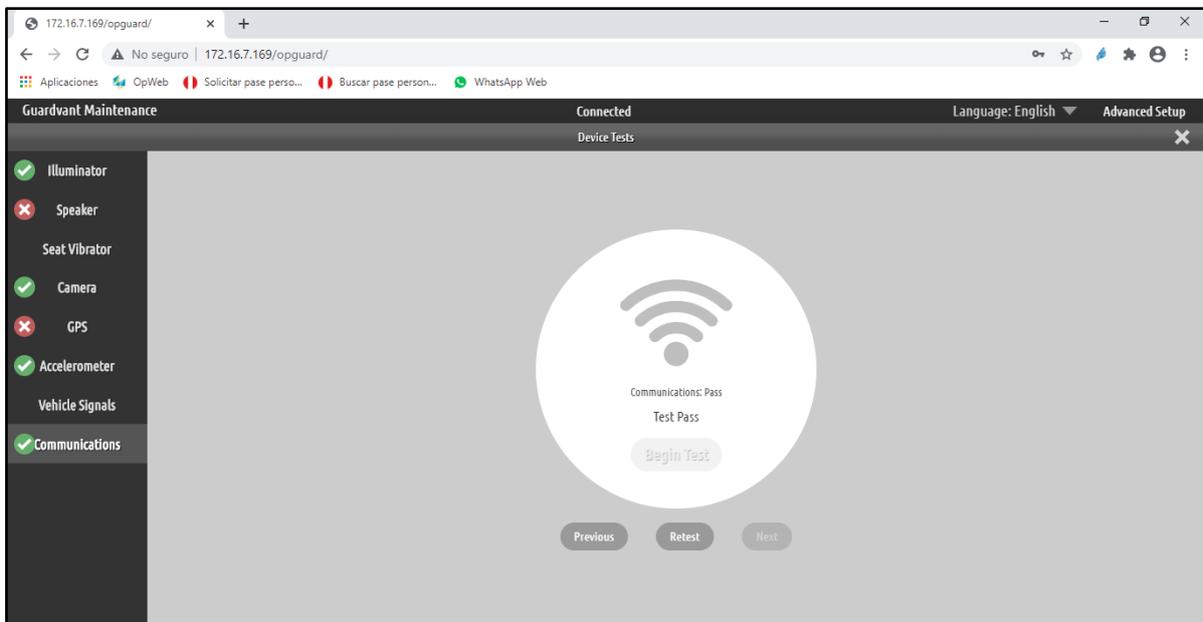


Fig. 41: Comprobación de componentes

3.1.5 INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo fue dentro y fuera de la cabina del volquete por lo tanto se hizo la inspección necesaria del ambiente dentro y fuera de este, con el fin de evitar cualquier incidente o accidente que se puede ocasionar; necesitando los conos y tacos obligatorios de seguridad como se muestra en la

Fig. 43, consiguiendo de esa manera asegurarnos que el vehículo no se mueva y se trabaje de forma segura. Otra de las cosas importantes antes de iniciar el trabajo fue el bloqueo del volquete, este bloqueo como se muestra en la Fig. 44 se hace con el fin de no encender el vehículo cuando se rote más de los dos golpes (a la llave de encendido), que se necesitó para tener acceso a la energía y trabajar. Cuando el trabajo era fuera del volquete también se necesitó que alrededor de este, esté despejado aproximadamente unos dos metros desde el volquete de tal manera que no dificultemos otros trabajos que se estén realizando en el

taller y también no ser entorpecidos por los mismos, finalmente, se tuvo en cuenta que uno de los componentes fue instalado en la parte superior de la cabina al aire libre por lo tanto se necesitó tener un ambiente sin desnivel para ubicar la escalera y trabajar de forma segura como se ve en las siguientes figuras.



Fig. 43: Inspección y revisión del ambiente de trabajo



Fig. 44: Vehículo bloqueado

3.1.5.1 INSTALACIÓN DE COMPONENTES DENTRO DE LA CABINA

3.1.5.2 COMPONENTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Los componentes que se usó en la implementación del sistema fueron proporcionados por la empresa Guardvant que es parte de la compañía Hexagon los mismos que ensamblan de acuerdo a los requerimientos de las empresas que necesite sus servicios. Los componentes principales que formaron el sistema fueron los siguientes:

Computador de fatiga OpGuard: es la parte más importante del sistema ya que tiene instalado un sistema operativo con los cuales puede dar soporte a los demás componentes y así hacer posible la conexión y funcionamiento del sistema. El computador OpGuard es una combinación de hardware y software que interactúan al mismo tiempo para su correcto funcionamiento. Hay cuatro versiones diferentes de este componente: OpGuard, OpGuard 2.0, Fatigue Pro y el OAS-HV, cada computador con sus características como se ve en la Tabla 6.

Tabla 6: Características de cada computador

Computador/ Componente	Etiqueta del computador	CPU	Memoria	Disco duro	Tarjeta de conectores
OpGuard	Etiqueta color negro de Guardvant	4 Intel Core i3 1.8 Ghz	8 Gb	SATA HD 60 Gb	GV0027 – GV0122US
OpGuard 2.0	Etiqueta color gris de Guardvant	4 ARMv7 Procesador	2 Gb	SATA HD 60 Gb M.2 card 8Gb	GV0122
Fatigue Pro	Etiqueta color negro de HxGN Fatigue Pro	4 ARMv7 Procesador	2 Gb	SATA HD 60 Gb M.2 card 8Gb	GV0122 – o más nuevo
OAS-HV	Etiqueta color negro de HxGN OAS	4 ARMv7 Procesador	2 Gb	SATA HD 60 Gb M.2 card 8Gb	GV0122 – o más nuevo

El computador que fue elegido por la empresa es el OpGuard 2.0 (Fig. 45) [76] que se adecua a un entorno de trabajo como es la minería. Este computador como software usa la técnica del seguimiento del porcentaje de cierre de parpado sobre la pupila a lo largo del tiempo llamada PERCLOS [77]. PERCLOS es un método de uso común para determinar el porcentaje de un tiempo específico que el parpado esta al menos en un 80% cerrado sobre la pupila. El computador incluye un algoritmo ejecutable para calcular PERCLOS basándose en los datos de la cámara. El sistema también puede emplear algoritmos ejecutables por ordenador para determinar, basándose en los datos enviados por la cámara, la detección de que el operador este sin cinturón de seguridad o que esté haciendo uso del celular [76].



Fig. 45: Computador OpGuard 2.0

Convertidor de voltaje: este componente es importante ya que la salida de voltaje que se necesitó para el sistema es de 12V, con este componente se reducirá los 24V que sale de la batería del camión volquete. Este componente está diseñado para resistir el severo entorno eléctrico de equipos pesados ya sea camiones o maquinarias. Este convertidor como se aprecia en la Fig. 46 [78] puede soportar batería inversa, volcado de carga, cortocircuito y sobrecalentamiento sin dañar la unidad [78].



Fig. 46: Convertidor de voltaje

Iluminador IR para cabina: el iluminador es el encargado de proporcionar luz a la cámara a través de sus iluminadores infrarrojos. Esta iluminación será necesaria para la operación en el turno noche, y también para el turno día en caso haya ambientes cerrados, para aquellos operadores que utilicen lentes de sol (oscuros). En la siguiente Fig. 47 se puede apreciar el iluminador en el punto 5 ya que está incorporado en la cámara misma.

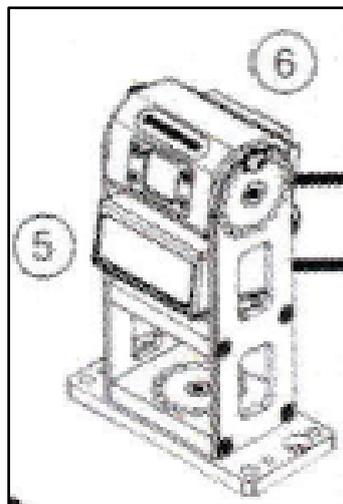


Fig. 47: Iluminador IR

Cámara de fatiga: este dispositivo muy importante del sistema es por donde ingresa toda la información y a través de los algoritmos y el procesador luego se convierte en una alarma para el operador. Esta cámara capta o detecta movimientos faciales, tales como bostezos, movimientos de cabeza (cabeceo o distracción) y sigue el movimiento de los ojos, pupilas del operador. También detecta cuando el operador está usando el celular o cuando el operador no

esté usando el cinturón de seguridad. La cámara que se instalara a cada cabina de volquete esta ensamblada por Guardvant y es como se muestra en la Fig. 48 [79].



Fig. 48: Cámara OpGuard

Bocina o altavoz: este componente que se ve en la Fig. 49 es la encargada de dar la alarma al operador a través de un sonido indicando que se concentre en la conducción. Cabe resaltar que este componente también fue ensamblado por la compañía Hexagon.



Fig. 49: Altavoz Guardvant

Antena GPS Trimble bajo perfil Bulkhead: este componente que se aprecia en la Fig. 50 [80] es el que capta la señal satelital para dar la ubicación del volquete, se alimenta a través del cable de señal como también sensores que proporciona la velocidad, desaceleración y cantidad de movimientos del volante. Su ubicación de este dispositivo es en la parte superior de la cabina (cielo abierto) del volquete junto con la circulina.



Fig. 50: Antena GPS

Vibrador para asiento: este componente que se ve en la Fig. 51 es otra de las alarmas del sistema, ya que si el sistema detecta un evento de microsueño que indique que está por encima de los valores permitidos de fatiga, este vibrador se activa haciendo movimientos de vibración en el operador. Este componente está ubicado debajo del asiento del camión volquete.



Fig. 51: Vibrador para asiento

Módem de internet: este componente que se ve en la Fig. 52 [81], que se instaló en el sistema, es ideal para aplicaciones de energía, servicios públicos y sistemas inteligentes. Consume muy poca energía y está diseñado para resistir las duras condiciones industriales y es capaz de resistir caídas de voltaje de 5V. Es el encargado de proporcionar internet al sistema a través de un chip que se inserta en el módem. Con esto se puede ver en una pantalla no solo a todos los operadores que tengan instalados el sistema, sino también analizar toda la información captada y gracias a esto tomar decisiones sobre cada uno de los operadores y ver las estadísticas de prevención de accidentes que se está teniendo gracias al sistema OpGuard.



Fig. 52: Módem de internet

Todos los elementos que se mencionó hasta acá son los componentes principales. A continuación, se describirá a los cables y conectores que se necesitará para hacer la integración de los componentes.

Cable Power: Este cable que se ve en la Fig. 53 es el encargado de energizar al sistema completo una vez que el convertidor DC-DC (Fig. 46) haya convertido los 24V de la batería a 12V, este cable se conecta en el conector DT13-6P del convertidor; el cual se conecta en el segundo puerto del computador, esto de acuerdo a la descripción de la Fig. 45 del computador OpGuard donde se describe la conexión del cable 24V-12V.



Fig. 53: Cable Power

Cable network: Este cable es el encargado de brindar internet desde, el data power hacia el computador, el conector que llega al data power es un RJ 45 que proporciona la red de internet y el conector que llega al computador es un cable M12 con conector de 8 pines que va conectado al conector de red del OpGuard.



Fig. 54: Cable network

Cable w/ Pig Tail, Reverse: Cable Pig Tail o cable de espiral, es parte de la conexión que se hace con el componente vibrador. Generalmente este tipo de cables están hechos de fibra óptica con un conector en un extremo que sirve de interfaz con los equipos y fibra descubierta en el otro extremo para ser empalmado a la fibra del cable principal. Como se ve en la Fig. 55 este cable está formado por dos partes uno que sirve para conectar con la interfaz de los equipos y el otro extremo que es la fibra óptica.



Fig. 55: Cable Pig Tail

Cable USB 6M para la Cámara de fatiga: Este cable que se ve en la Fig. 56 conecta parte de la cámara del sistema la otra parte será empalmada con el otro cable que sale de la cámara que ya está ensamblada en ella. Por lo tanto, son dos los cables que son necesarios para hacer la integración de la cámara con el computador.



Fig. 56: Cable USB 6M para cámara

Cable para la bocina o altavoz: al igual que el cable para cámara este cable que se ve en la Fig. 57 es parte de la conexión que se hace con el otro cable que sale de la bocina, cabe resaltar que este cable que sale de la bocina son cables ya ensamblados por la empresa al igual que el cable que sale de la cámara para hacer empalme con el otro.



Fig. 57: Cable para el altavoz

A continuación, una breve descripción de los componentes principales que se necesita para hacer la instalación de la antena GPS.

Corrugado: Plástico que sirve de protección para los diferentes tipos de cable.



Fig. 58: Corrugado

Cable GPS: el cable que se usa para hacer esta conexión es el cable para GPS coaxial, es un solo cable que va desde la antena GPS hasta el conector del computador.



Fig. 59: Cable GPS

Conectores GPS: los que usaremos para hacer la conexión de la antena con el cable es el adaptador BNC y el que se usa para hacer la conexión del otro extremo del cable con el computador es el conector RG58 macho.



Fig. 60: Conectores GPS

Base del GPS: esta base va encima del techo de la cabina del volquete es donde se fijará la antena GPS trimble.



Fig. 61: Base del GPS

Para finalizar con la descripción de los componentes, se nombra algunos más que ayudan a la instalación de la cámara.

Data power: Este dispositivo sirve para hacer la conexión entre el cable de internet y el módem. El data power cuenta con un extremo que es el poe y de este salen dos cables uno de ellos es el que se conecta al módem para tener conexión con internet y el otro que se servirá para hacer el encendido del mismo como se ve en la Fig. 62.



Fig. 62: Data Power

Soporte para la cámara o Bracket: es la base y los soportes donde irá tanto la cámara y el iluminador, están hecho de metal con el fin de no moverse al movimiento del camión volquete. Estos soportes y base se empernan en el tablero de la cabina.



Fig. 63: Bracket

Se ha hecho una breve descripción de los principales componentes que se utilizó en la implementación, esto con fin de conocer que es lo que se implementó en el sistema y que al momento de hacer la implementación en el volquete se tenga conocimiento de lo que se está instalando o conectando.

3.1.5.3 DIAGRAMA PARA LA CONEXIÓN DEL SISTEMA

Como se puede ver en la Fig. 64 se presenta el diagrama de conexión de cómo debe ir cada uno de los cables y componentes que se mencionó en la parte de los componentes de la implementación del sistema, se describe a cada uno de los puntos enumerados para una mejor comprensión del diagrama.

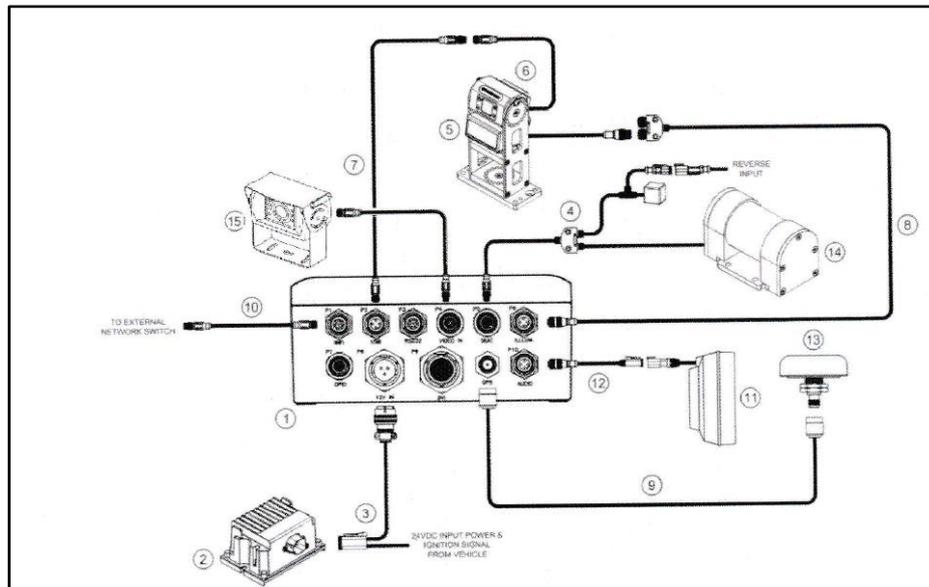


Fig. 64: Diagrama de conexión sistema OpGuard

La Tabla 7 muestra en detalle cada uno de los cables y componentes conectados en el sistema.

Tabla 7: Lista de componentes del sistema de acuerdo al diagrama

Ítem	Descripción
1	Computadora OpGuard Guardvant
2	Convertidor de voltaje de 24-12V
3	Cables de alimentación para la fuente de poder
4	Cable del vibrador de asiento con relay para entrada digital de señal reversa
5	Ensamblado de iluminador IR para cabina
6	Ensamblado de cámara de fatiga
7	Cable USB para cámara de fatiga
8	cable para iluminador IR
9	Cable para antena GPS (LMR240UF, conector TNC)
10	Cable de red M12
11	Ensamblado de bocina
12	Cable para bocina
13	Antena GPS
14	Vibrador para asiento

Para una mejor comprensión del diagrama a continuación se explica la conexión de cada componente en el sistema. El punto 1 es el computador que se mencionó y mostró en la Fig. 45, cabe resaltar que acá se hace la conexión de la mayoría de cables ya que es donde se encuentra el procesador y el encargado de transformar a través de su algoritmo las imágenes captadas en información. En este computador se conecta los cables siguientes:

- Cable de internet, que es el punto 10
- Cable de cámara, que es el punto 7
- Cable poder, que es el punto 3
- El cable del iluminador IR, que es el punto 5
- El cable del GPS, que es el punto 9
- El cable del altavoz que es el punto 12
- Cable del vibrador que es el punto 4

Como se ve en la Fig. 65 los cables están conectados al puerto que corresponde, así también se puede observar que encima de la tapa del computador esta descrito cada uno de los puertos para cada uno de los cables que corresponda, en este caso están conectados los que son necesarios para el buen funcionamiento del sistema. Hay tres puertos más de los que no se utilizan, pero necesarios para algunas tareas que después se requiera, por ejemplo, uno de ellos es el puerto DM Monitor que sirve para hacer la conexión con una antena (ver Fig. 66) de tal manera se pueda tener acceso al sistema desde ese punto, esto con el fin de que quizá más adelante el equipo necesite ser actualizado o configurado nuevamente; también para hacer un reinicio del sistema OpGuard.



Fig. 65: Cables conectados al computador



Fig. 66: Antena Wi-fi

Otro de los puertos que no tiene cable de conexión es el puerto video, este puerto importante y necesario para obtener videos en tiempo real de cada uno de los operadores, en este caso se usa los videos para hacer investigación de que un operador haya cometido una situación no permitida como es el uso del celular o para ver como sucedió un accidente. Los videos muchas veces van a ser de ayuda ya que posiblemente esclarecerá a las investigaciones del caso cuando ocurra un accidente, por ejemplo.

3.1.5.4 EMPOTRADO Y EMPERNADO DE BASES DE LOS COMPONENTES EN CABINA

Las bases que se necesita para los componentes son tres: base para los brackets que van encima de la cámara, base para montar el computador y convertidor y la última que es la base de la antena GPS. Las dos primeras se empotraron en la cabina del camión volquete mientras que la última se colocó encima del techo de la cabina, antes de empernar cada una de las bases se consultó con los técnicos de Scania y Mur quienes son los que conocen sobre los puntos donde se pondrá las bases, esto con el afán de no malograr otros dispositivos del camión ya que estas bases van con pernos perforando los tableros del volquete.

En la primera base que se empotró va el computador y el convertidor ubicándolos a lado del operador como se ve en la Fig. 67. Esta base está soportada por 4 pernos, dos están en la parte superior y dos en la inferior; estos pernos servirán de soporte no solo a la base sino también al OpGuard y la bocina.



Fig. 67: Base del computador y convertidor

La siguiente base que se empotra es de la cámara, esta base tiene dos finalidades por la cual se lo implementó, una de ellas es facilitar el empernado de los brackets que sostendrá a la cámara y la otra es tener rotación con la finalidad de que la cámara juntamente con los brackets enfoque al rostro del operador como se ve en la Fig. 68. La base tiene un perno mayor que está en el centro y los demás que están alrededor de este que son de menor tamaño, pero la función de estos es mover a la cámara a la posición que se desea, se pondrá un perno en el ángulo que se necesitó, sin olvidar que la cámara debe estar enfocando al rostro del operador. Otro punto que se debe tener en cuenta es el empernado de la cámara e iluminador, estos dos componentes tanto la cámara como el iluminador están ensamblados en uno solo, por lo tanto cuando se lo quiere instalar es un solo componente, al empernar al igual que la base de la cámara existe pequeños agujeros, donde la cámara como los brackets o soporte de la cámara están ubicados en la parte superior de los brackets y también de acuerdo a lo que se quiere mover la cámara se emperna en ambos lados quedando fijos.



Fig. 68: Base de la cámara

Otra de las bases que se instaló es la base del GPS. La instalación de esta antena GPS está unida a la bocina del camión, con el fin de no malograr el techo de la cabina, la base será empernada con dos pernos en forma de u los mismo que darán vuelta a la bocina manteniéndola fija a la base, así como se muestra en la Fig. 69.



Fig. 69: Empernado de la base en la bocina

El vibrador está hecho sobre una base metálica que se instaló en el costado del asiento del operador como se muestra en la Fig. 70. Este componente está soportado en la base metálica del asiento con dos pernos.

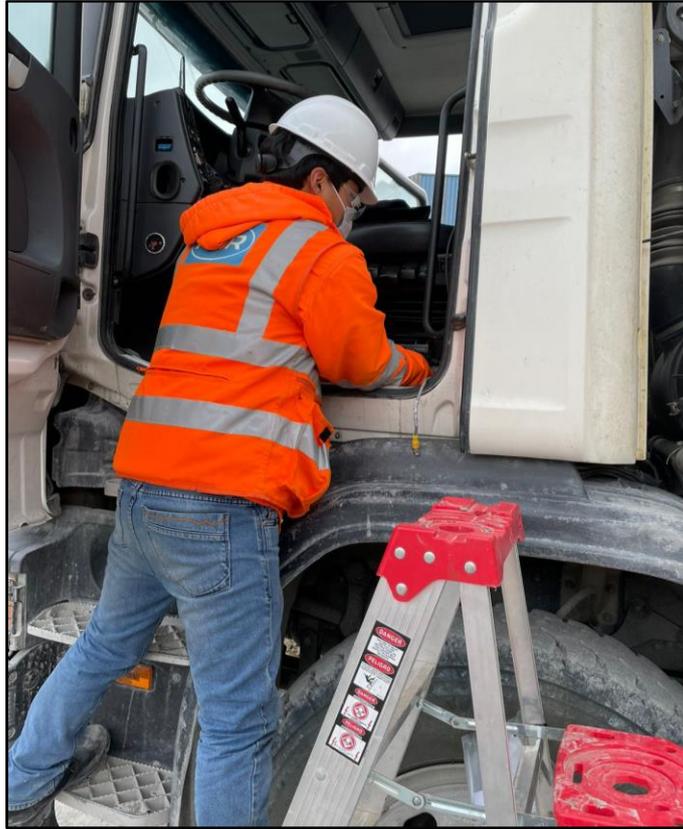


Fig. 70: Base y empernado del vibrador

Y el último componente que se empernó es el módem que no tiene una base metálica y que al igual que el computador se empernó a lado del asiento del operador, este módem cuenta con dos pernos y se ubicó en este lugar ya que el data power tiene los cables pequeños y se necesitó conectar con el cable de red; por lo tanto, tiene que estar cerca del computador de tal manera que el cable pueda dar al conector. Se muestra en la Fig. 71.



Fig. 71: Empernado del módem

3.1.5.5 CONEXIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL VOLQUETE CON EL SISTEMA

Para hacer la conexión con el sistema desde la energía que brinda la batería del volquete, primero se levantó el tablero y se procedió a buscar el switch que ya tiene salida de 24V para simplemente conectar con el cable poder; esta es una gran ventaja ya que este tipo de camión volquete ya viene con un switch para obtener energía desde un punto. Por lo tanto, solo se requirió los cables necesarios para conectar con la energía. Los cables necesarios son 6 como se ve en la Fig. 72 y cada uno de ellos tiene un color que lo identifica y cumplen una función. El cable eléctrico consta de tres cables y el cable de señal de reversa de dos. El conector DT que se muestra en la Fig. 72 es el encargado de hacer la conexión con el convertidor y switch de batería. Los tres cables que llegan a este conector son rojo, azul y negro; los mismos que llegaron al switch de la batería, cumpliendo su función como se describe en la Tabla 8.

Tabla 8: Cables eléctricos que llegan al switch de la batería

Conector D13	Cables eléctricos	Descripción
Pin 1	Cable rojo	24V, Batería
Pin 2	Cable azul	24V, Contacto de Ignición
Pin 3	Cable negro	Tierra física

El otro extremo de los cables que se menciona en la Tabla 8, se conectará en el Deutsch (DT) de 6 pines ingresando en la posición 1, 2 y 3 de este conector y cada uno de estos también se conectó con los tres pines que se muestra en la Tabla 8 y Fig. 73.

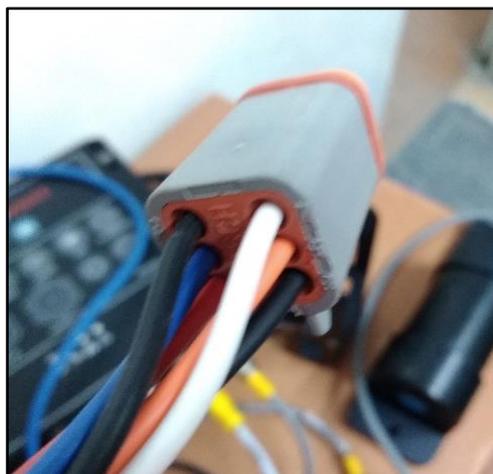


Fig. 72: DEUTSCH (DT) de 6 pines

De la misma manera se conecta los tres cables de reversa que llevaron la energía de 12V al computador. El cable negro que es tierra física, el cable rojo que alimenta al sistema, pero ya convertido estos 24V en 12V, este cable también lleva un fusible eléctrico en caso se presente una corriente excesiva; y por último está el cable blanco que alarma al sistema en caso el camión

este en retroceso. Cabe mencionar que cuando el vehículo está en reversa o retroceso el sistema no emite alertas de microsueño. Se ve en la Fig. 72 la conexión de estos cables, así como también se explica en la Tabla 9.

Tabla 9: Cables de reversa que llegan al Switch de la batería y Deutsch (DT)

Conector DT13	Cables de reversa	Descripción
Pin 4	Cable de reversa negro	Tierra física
Pin 5	Cable de reversa rojo	Salida 12V conmutado
Pin 6	Cable de reversa blanco	Relevador de alarma de reversa

En los tres últimos cables de reversa, un extremo de ellos se conecta con el conector Deutsch (DT) que ya están con energía de salida de 12V, el otro extremo es conectado a al conector Amphenol de tres pines el cual va conectado a la computadora OpGuard.

El conector Deutsch (DT) va conectado al conector DT13-P6 el que pertenece al convertidor DC-DC en la Fig. 73 se muestra a detalle cada uno de sus pines y de acuerdo a la numeración se explica en la Tabla 10.

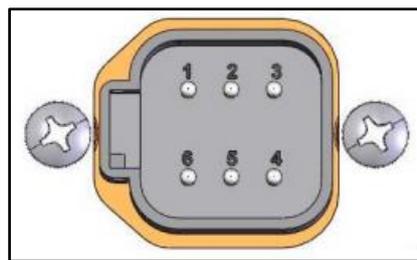


Fig. 73: Conector DT13-6P

En la Tabla 10 se detalla la descripción de cada uno de sus pines, cabe mencionar que los tres primeros son del sistema eléctrico, los mismos que llegan al sistema eléctrico del volquete y pasaran la energía de los 24V y los tres últimos son los encargados de mandar los 12V de energía que necesita el computador para el funcionamiento del sistema. Con la conexión de estos dos conectores tanto del Deutsch (DT) y DT13-P6 se debe tener energía y también el funcionamiento eléctrico del sistema completo.

Tabla 10: Descripción funcional del conector DT13-6P

Pin 1	24V Voltaje de entrada	Voltaje de entrada al convertidor
Pin 2	Ignition (Encendido)	Cable de control de salida conmutado, activo alto
Pin 3	Ground (Tierra)	Tierra del sistema
Pin 4	12V Unswitched (no conmutado)	Voltaje de salida no conmutado
Pin 5	12V Switched (Conmutado)	Voltaje de salida conmutado, controlado por el pin 2
Pin 6	Ground (Tierra)	Tierra del sistema

3.1.5.6 HABILITACIÓN DE CADA UNO DE LOS CABLES PARA SU CONEXIÓN

La habilitación de los cables para una buena conexión es muy importante ya que así se evitó hacer el cruce de algunos cables al momento de hacer la conexión y malograr los equipos. Para ver la habilitación de cada uno de los cables del sistema se separó de acuerdo a los componentes que conectan.

Tabla 11: Cables empleados para conexión del sistema

Ítem	Nombre
1	Cable Power
2	Cable Network
3	Data Power
4	Cable w/ Pig Tail, Reverse
5	Cable Fatigue Integrated Camera 6M
6	Cable, Speaker
7	Cable Splitter iluminator
8	Cable para antena GPS Trimble
9	Cable ensamblado de la bocina

Para habilitar cada uno de los cables se debe conocer, que cable le corresponde a cada conector. También se debe tener en cuenta que hay cables ensamblados en algunos componentes por la misma empresa Hexagon los cuales son:

Cable power: este cable como se vio en la conexión con el sistema eléctrico consta de dos conectores en un extremo está el conector Amphenol de 3 pines como se ve en la Fig. 74 y en el otro extremo son solo los tres cables que se conectara en el switch del sistema eléctrico del volquete, este cable también tendrá un extremo que conectara con el convertidor y este conector es un Deutsch (DT) de 6 pines como se ve en Fig. 72. Este cable queda habilitado de esta forma para ser conectado de acuerdo al diagrama de conexión (Fig. 64).



Fig. 74: Conector Amphenol de tres pines

Cable network: este cable también llamado cable de internet M12 que en uno de sus extremos llevara un RJ45 y en el otro un conector circular hembra de 8 pines como se ve en la Fig. 54.

Data Power: este adaptador que reduce la cantidad de cables y que alimenta cualquier router board tiene dos conectores, en un extremo un POET y en el otro extremo dos cables que salen del POET uno de ellos es un RJ45 por donde se conecta internet del módem y el otro que es un cable de ignición o que sirve para el encendido del módem como se ve en la Fig. 62.

Cable Pig Tail o cable espiral: este cable que en la mayoría de casos es fibra óptica sirve para hacer la conexión con el componente vibrador, este cable que por un extremo estará sin conector para ser empalmado con el cable de reversa que sale del conector Deutsch (DT) y el otro extremo que tiene un conector circular de 5 pines. El cable se puede visualizar en la Fig. 55.

Cable USB 6M integrado en la cámara antifatiga: este tipo de cable que está integrado y ensamblado por la compañía es un cable USB L-COM 2.0. Este cable solo tendrá un extremo para conectar ya que el otro extremo está conectado a la cámara. Este extremo tiene un conector hembra con rosca de 5 pines, el otro cable que se necesita para hacer la conexión con este cable y el computador es un cable también USB U2, pero con conectores diferentes para hacer la conexión con la computadora, el cable que se conecta con el cable USB L-COM 2.0 tiene un conector macho de 5 pines. Y el otro extremo que llega al computador es un conector macho de 5 pines. Se puede ver le cable USB 6M en la Fig. 56.

Cable Speaker: el conector que tiene este cable ensamblado es un conector DT macho, el otro cable que se usa es un cable que en un extremo tiene el conector DT hembra, este se conecta con el conector DT macho como se ve en la Fig. 75. El otro extremo se habilita con un conector circular con rosca hembra de 4 pines como se ve en la Fig. 56 el cual se conecta al computador.



Fig. 75: Deutsch (DT) Macho y Hembra

Cable Splitter Iluminador o cable del iluminador: este cable al igual que el cable de la cámara está compuesto por dos cables, uno que viene ensamblado en el iluminador IR, este cable que sale del iluminador en su otro extremo tiene un conector hembra de 4 pines. El cable que se utiliza para conectar a la computadora, el extremo que se conectara con el cable ensamblado tiene un conector macho con rosca de 4 pines, y el extremo que se conectara al OpGuard es un conector hembra con rosca. El cable que llega al computador se puede ver en la Fig. 57.

Cable para la antena GPS: este cable va desde el conector de la antena GPS hasta la computadora. El conector que tiene en el extremo que se instalara a la antena es un adaptador de tipo BNC y el conector que está en el otro extremo del cable es un conector RG58 hembra con rosca. Estos conectores se pueden ver en la Fig. 60.

Con esta descripción de cada uno de los cables se puede hacer la conexión del sistema, se ha dado un breve alcance de los conectores que se utiliza de tal manera que se entienda lo que a continuación sigue, que es la conexión de cables con cada uno de sus conectores y puertos del computador.

3.1.5.7 CONEXIÓN DE CADA UNO DE LOS CABLES CON CADA UNO DE SUS PUERTOS

Una vez que se tiene habilitado todos los cables, se procede a hacer la conexión, es importante esta parte, aunque sencilla, pero, saber conectar evita romper los conectores o pines de cada uno de los puertos, además que esto no generara más gasto ya que el costo de este tipo de conectores es un poco elevado, por lo tanto, es importante saber hacer la conexión. A continuación, se da a conocer la conexión de cada uno de los cables que integra el sistema.

Se inició con la conexión de los cables que tienen integrado su cable con los componentes, para el caso son: el altavoz, la cámara y el iluminador. Se hace primero la conexión de estos tres primeros componentes ya que se necesita un cable más para llegar a conectar con el computador. Se da inicio con el cable para hacer conexión del altavoz, para el caso se debe contar con los dos cables, uno es el que ya está ensamblado y el otro es el que da al computador, estos dos cables se conectaran a través de sus conectores DT hembra y DT macho, el macho es del cable integrado al altavoz mientras que el conector hembra es del segundo cable, la posición correcta para conectar fue guiándose del gancho que tiene el conector hembra como se muestra en la Fig. 76, haciéndose una buena conexión.



Fig. 76: Correcta conexión de conectores DT

El segundo componente que tiene integrado un cable es el iluminador. Este cable que viene integrado al iluminador es un conector macho de 4 pines con rosca y el que se conecta a este es un conector circular hembra con 4 cavidades como se muestra en la Fig. 77.

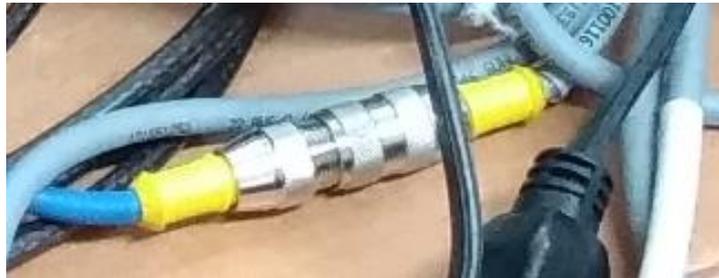


Fig. 77: Conexión de cables del iluminador

El tercer componente que tiene integrado un cable es la cámara, este cable tiene un conector con rosca hembra de 5 cavidades, este cable se conecta con un conector macho circular con 5 pines como se aprecia en la Fig. 78

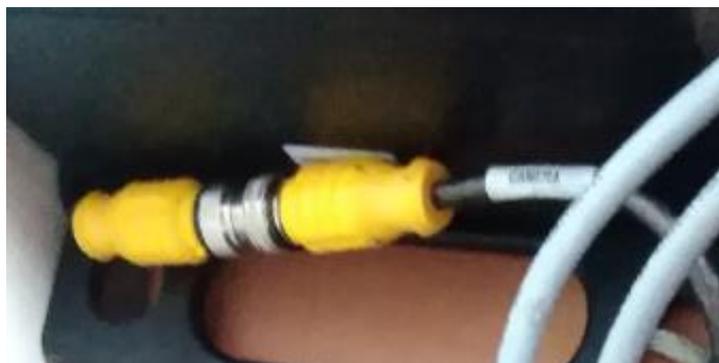


Fig. 78: Conexión de cables de la cámara

Como siguiente paso se continúa hacer la conexión de cada uno de los cables que se tiene en el diagrama de conexión del sistema (Fig. 64). Se inició con la conexión del convertidor (Fig. 46), y con el cable poder (Fig. 53). Para esta conexión al tratarse de un conector DT tanto macho

como hembra se sigue los mismos pasos de la Fig. 76. La conexión queda como se muestra en la Fig. 79

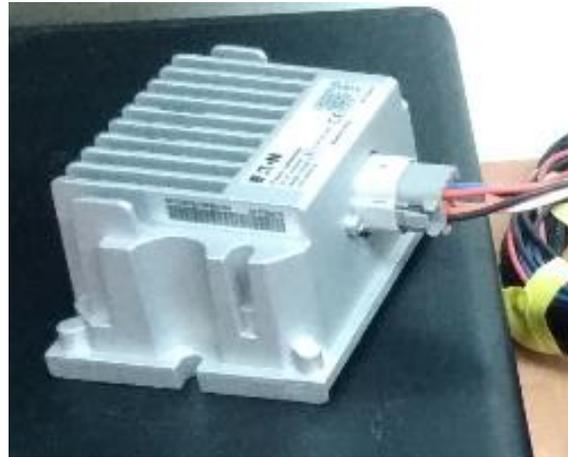


Fig. 79: Conexión del cable poder con el convertidor

La conexión de los demás cables se hizo en el computador y de acuerdo al componente se lo conectó en el OpGuard. La cantidad de cables que se conectó al computador fueron 8. La cantidad de puertos que tiene el computador son 11 es decir que hay 3 puertos que no quedaron conectados los cuales se explicó en el diagrama de conexión cuál era su función de estos.

Los puertos que fueron conectados son 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10 y 11 según la numeración de la Fig. 80, los mismos puertos que fueron conectados en la Fig. 81. Para hacer una correcta conexión en el computador solo se necesita verificar el tipo de conector que se quiere conectar en el puerto de la computadora y verificar bien la descripción en la montura del OpGuard. Es importante verificar la posición de cada uno de los conectores con el fin de no dañar los pines que tiene tanto el OpGuard y los cables en sus conectores.



Fig. 80: Montura del OpGuard con la descripción de cada conector



Fig. 81: Conectores de la descripción del OpGuard

Una vez conectado todos los cables en el OpGuard quedó como se muestra en la Fig. 82. Con la conexión de estos cables en cada uno de los puertos de la computadora se finaliza la instalación de cables al sistema OpGuard; durante la instalación la batería permaneció bloqueada de manera que se finalice con la conexión de cada uno de los cables. Una vez hecha la instalación de los componentes del sistema, queda listo para hacer la comprobación de encendido, que se explicó con más detenimiento en la parte de pruebas de funcionamiento del sistema.



Fig. 82: Conexión de todos los cables con cada uno de sus conectores en la computadora

3.1.6 INSTALACION DE LA ANTENA GPS

Una vez instalado el computador dentro de la cabina del volquete procedimos a instalar la antena GPS Trimble. Primero se inició con la instalación del soporte o base del GPS como se mencionó anteriormente esta base se fijará encima del techo de la cabina como se ve en la Fig. 83. Para proceder con la instalación se necesitó una escalera en forma de tijera de tal manera que el trabajo sea de forma segura. La base se fijó en la bocina del volquete con dos pernos en forma de U y cuatro tuercas para que quedara fijo como se ve en la Fig. 83, una vez fijada la base de la antena procedimos a fijar la antena GPS encima del soporte, la base tendrá un orificio circular del tamaño de su conector TNC hembra de la antena GPS ya que por ahí no solo saldrá el conector de la antena sino también se conectó el TNC macho del extremo del cable. Este cable es aislado con cinta aislante PVC en un pequeño tramo para luego ingresar en el corrugado y así proteger al cable hasta que ingrese al interior de la cabina, una vez dentro se llevó por debajo de los protectores del piso de tal manera que este no quede a la vista de los operadores y así se cumplió con el reglamento del Sistema de Gestión de Seguridad (SSYMA). Una vez el cable dentro de la cabina se procedió a conectar con el computador. Para la conexión con el conector del computador se observó la descripción que tiene la montura o tapa del computador, el conector que le corresponde al cable GPS es donde indique GPS procediendo a conectar con el conector TNC macho con el conector TNC hembra del computador. De esta manera quedo instalada la antena GPS en el volquete.

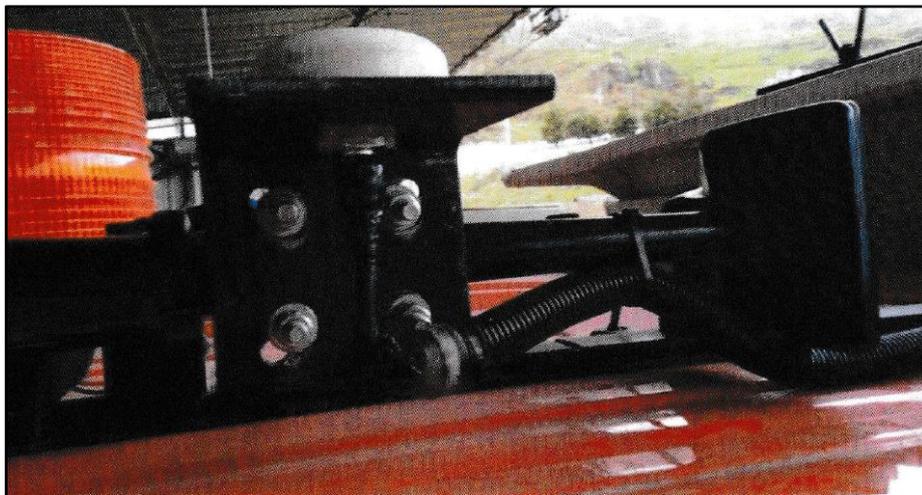


Fig. 83: Antena GPS encima del techo de la cabina del volquete

3.1.7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EN EL VOLQUETE

En esta parte se hizo la prueba de funcionamiento del sistema ya en el volquete. Se inició con la comprobación del sistema utilizando el letrero de trabajo “equipo energizado”, colocándolo en un lugar visible. Esta prueba no solo implicó el funcionamiento del sistema sino también de ver en pantalla los eventos que vaya sucediendo con el operador. Antes de empezar con la prueba, se hace una breve descripción del funcionamiento del sistema ayudado de la Fig. 84. En la figura se aprecia un diagrama numerado donde cada uno de los números representa un componente o punto importante del sistema. A continuación, procedemos hacer la descripción esquemática y breve de cada uno de los números. El número 100 representa el sistema para determinar el nivel de fatiga y el 101 el vehículo, el número 110 representa la cámara que está montada en el vehículo, los números 120 y 130 son detectores de vehículos a bordo es decir cuando un camión volquete este en movimiento o conducido por un operador y el 125 es un detector de señales de radiofrecuencia para la detección de dispositivos electrónicos como el celular, todos estos dispositivos canalizan su información al dispositivo 140 que es el medio de comunicación inalámbrica para que comunique con el otro dispositivo 150 a través de la red de internet que para el caso es el módem, el cual permite la comunicación de los dispositivos 140 y 150, estos datos van a la computadora 103 que es el OpGuard este tiene una memoria de almacenamiento que es el 160 para después ser ejecutado por un procesador como es el 170. Y finalmente una pantalla 180 y un dispositivo de E/S 190 que están conectadas a la computadora central 103, permitiendo así que un usuario o periférico se comuniquen con la computadora 103. Lo que se esquematizó es una breve descripción de la forma de funcionamiento del sistema.

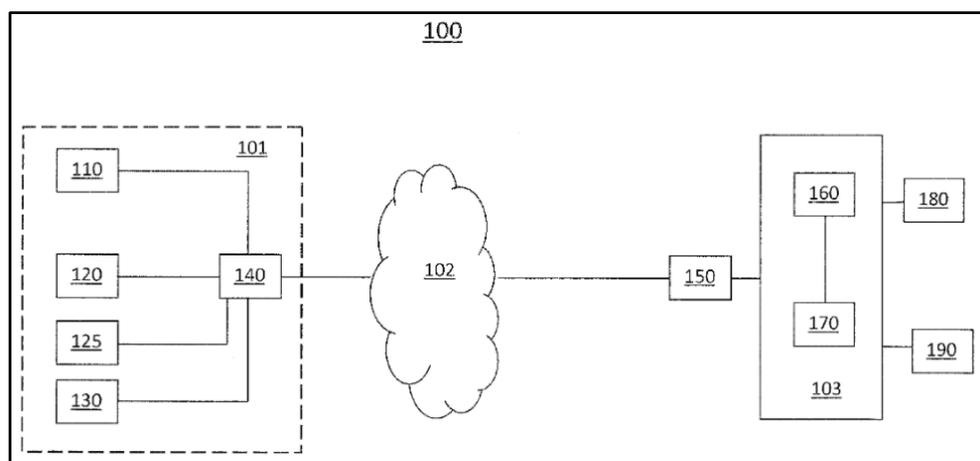


Fig. 84: Diagrama del funcionamiento del sistema

Una vez el sistema ya este energizado se muestra con las led encendidas, eso demostrara que el equipo está funcionando correctamente la led azul que se muestra en la Fig. 85 indica que el sistema enciende y esta energizado correctamente, la led que está debajo es de color verde es indicador que está funcionando el GPS, la siguiente led que también es de color verde, indica que está teniendo conexión a internet y la última led que no debe encender y que tiene el símbolo de un triángulo de advertencia mientras no encienda se verifica que el sistema funciona correctamente, pero si enciende es alarma de que el sistema está presentando anomalías y que necesita intervención o está funcionando incorrectamente.



Fig. 85: Sistema energizado y con led encendidas

Otra de las pruebas que se hace y saber si el sistema está funcionando completamente es cuando aparece en pantalla de una computadora cuando ya se ha instalado el sistema en la cabina del volquete, esto se logra a través del módem de internet y los dispositivos de internet que se instala para recibir esta información de los componentes de la toma de datos de cada uno de los operadores.

La aplicación que usa Hexagon para administrar su información del sistema OpGuard es OpWeb, para acceder a esta aplicación web abrimos cualquier navegador web recomendado que puede ser Firefox (versión 32 o mayor), Google Chrome (Versión 34 o mayor) o Internet Explorer (Versión 11 o mayor), ingresando el nombre del dominio, para que este solicite el usuario y contraseña como se muestra en la figura Fig. 86.

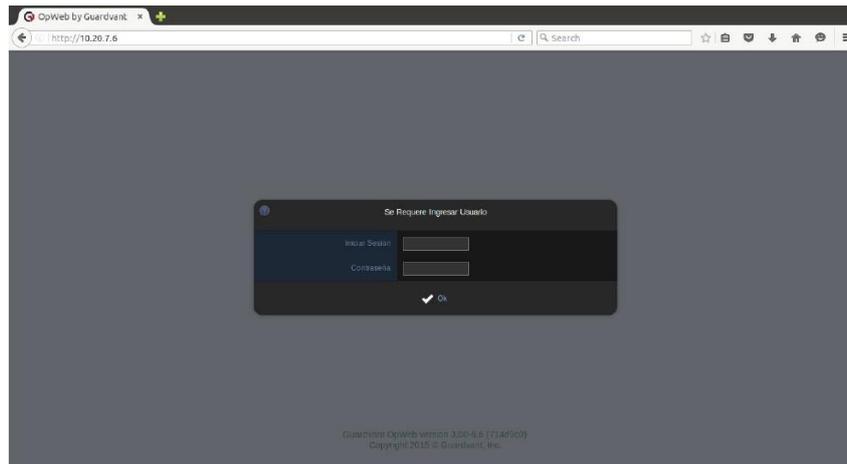


Fig. 86: Login del sistema OpWeb

La página principal del OpWeb de acuerdo a los permisos que se tenga se podrá ver las siguientes opciones: (Fig. 87)



Fig. 87: Página Principal de OpWeb

- Niveles de Fatiga: esta opción muestra los niveles de fatiga para todos los equipos. Esta opción incluye imágenes instantáneas de la cabina de cada equipo.
- Lista de eventos: muestra la lista de todos los eventos del turno actual incluyendo sus videos y detalles acerca de los eventos.
- Reportes: conjunto de reportes predeterminados desarrollados por Guardvant.
- Diagnóstico: muestra una lista de todos los camiones con sus sensores y el estado de estos.

Se sabe que el sistema está funcionando correctamente cuando se muestre a cada uno de los operadores de volquete en la computadora de monitoreo como se muestra en la Fig. 88; el cual corresponde a la opción niveles de fatiga.



Fig. 88: Operadores en pantalla

También se podrá ver otra de las opciones muy importantes que son los reportes que ya están predefinidos, uno de ellos es el que se muestra en Fig. 89. Esta opción también permite descargar el reporte en formato csv y pdf en las fechas que uno desee como se ve en la Fig. 89

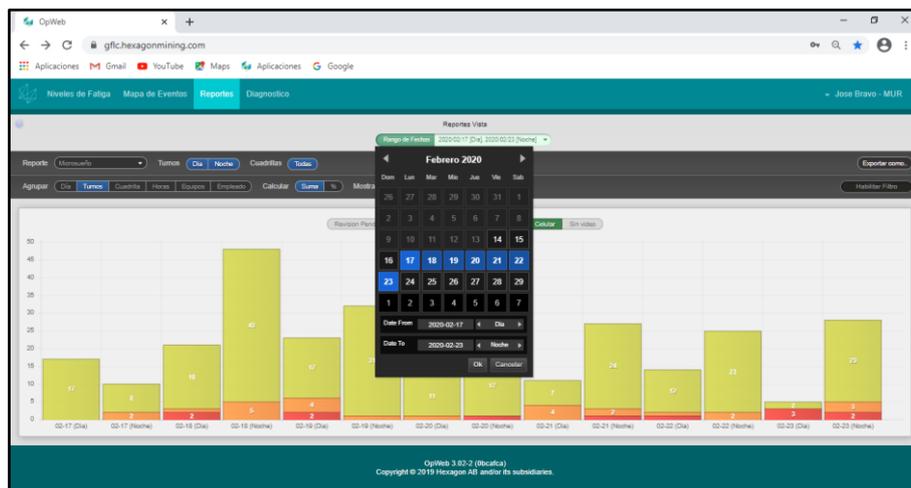


Fig. 89: Reporte por turno del sistema OpWeb

Con todo esto que se describe de forma breve, se concluye con la instalación del sistema OpGuard.

Algo que podemos agregar a esta parte es un poco más del funcionamiento del sistema, como es que hace el monitoreo de cada uno de los operadores, por ejemplo, en la Fig. 90 podemos ver a cada uno de los operadores enfocados por la cámara ya en tiempo real, con esta información luego, se hace la evaluación de cada uno de ellos.



Fig. 90: Operadores con la cámara monitoreando en tiempo real

En la siguiente Fig. 91 se muestra cuando un operador esta con síntoma de fatiga, el sistema a este evento lo clasifica con evento de microsueño bajo ya que el bostezo es síntoma de que la persona ya está fatigada o está por fatigarse.



Fig. 91: Operador con evento de microsueño bajo

Lo que sigue después de un evento bajo de microsueño es el evento de microsueño moderado como se ve en la Fig. 92 que es un evento ya de fatiga que el sistema lo clasifica de manera moderada y es indicio que el operador tendrá evento de microsueño crítico.

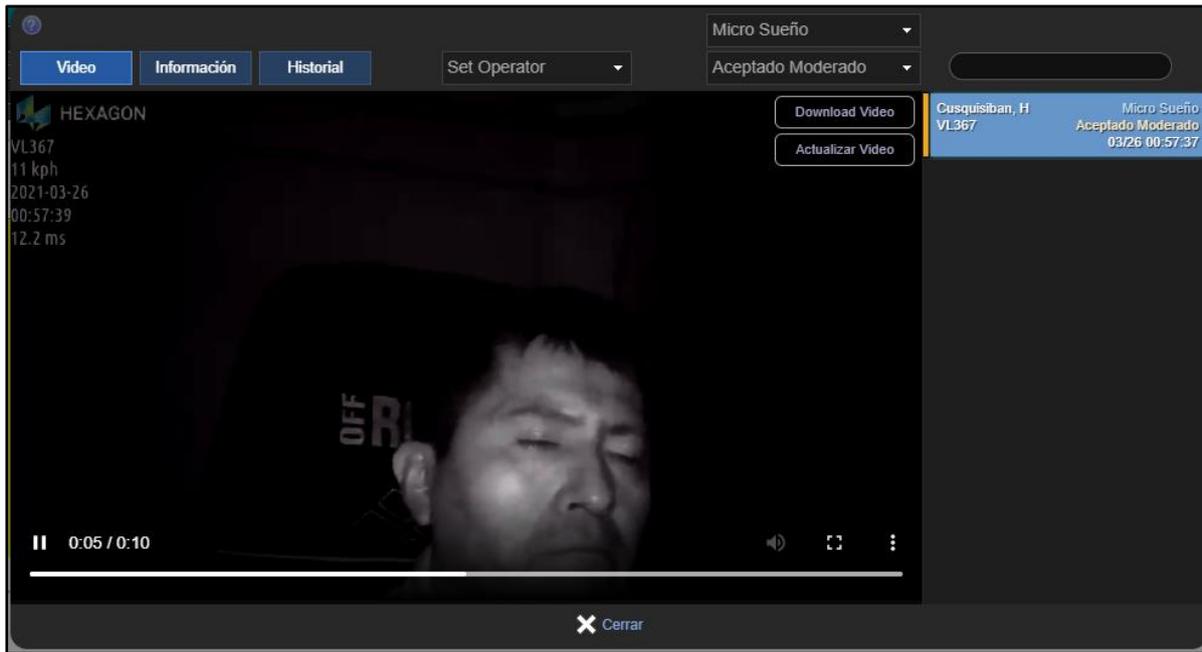


Fig. 92: Operador con evento de microsueño moderado

El siguiente evento que muestra la Fig. 93 es un evento de microsueño crítico, es un evento que según el sistema lo clasifica, operador fatigado, y el supervisor debe de actuar de acuerdo a protocolo, este evento es alertado por el sistema ya sea por el altavoz y también por el vibrador que se le ha instalado debajo del asiento, haciendo que el operador despierte y así evitando incidente o accidentes ya sea leves o mortales.



Fig. 93: Evento de microsueño Crítico

Una vez procesada la información el sistema tiene diversas formas de hacer los reportes una de ellas es la que se muestra en la Fig. 94. Este reporte de eventos de microsueño cuenta las veces que el operador obtuvo eventos bajos, moderados y críticos para que el supervisor que está a cargo de la operación, sea avisado y tome acciones al respecto.

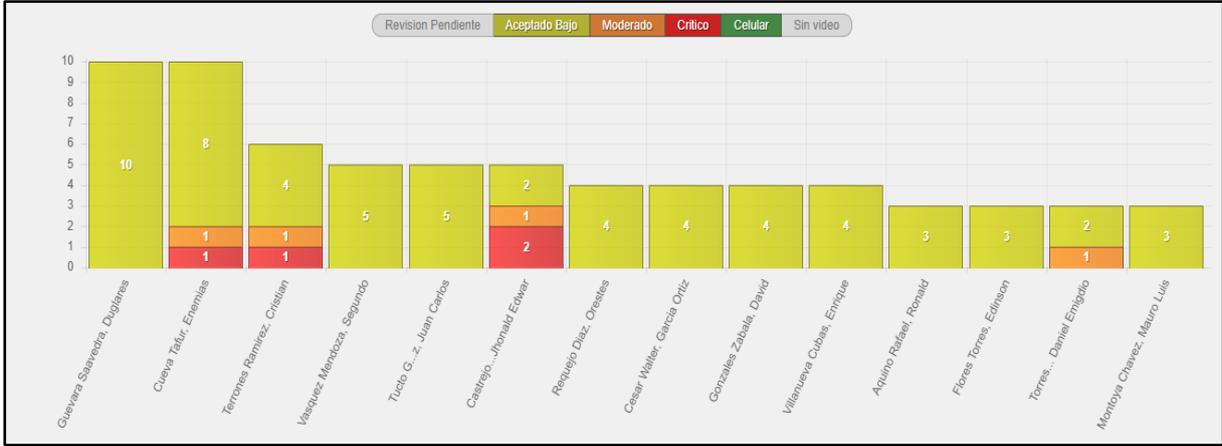


Fig. 94: Cuadro de barras para los eventos clasificados como eventos bajos, moderados y críticos

Otro de los reportes que se puede tener desde el sistema son los siguientes:

Se hace reportes de eventos de microsueño por día, es decir, eventos que hay de cada operador, pero en un día. Como se ve en la Fig. 95.

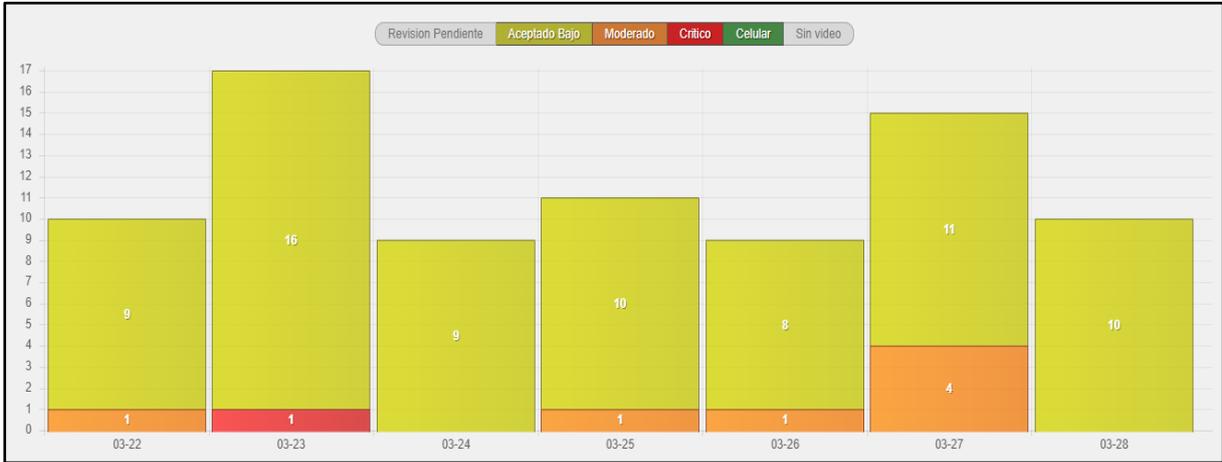


Fig. 95: Reporte de eventos de microsueño por día

También se hace reportes eventos por hora, es decir, eventos ocurridos de todos los operadores, pero en una hora determinada como se ve en la Fig. 96. Acá hay eventos desde las 7:00 de la mañana hasta las 6:00 de la mañana del siguiente día es decir de un turno de trabajo completo.

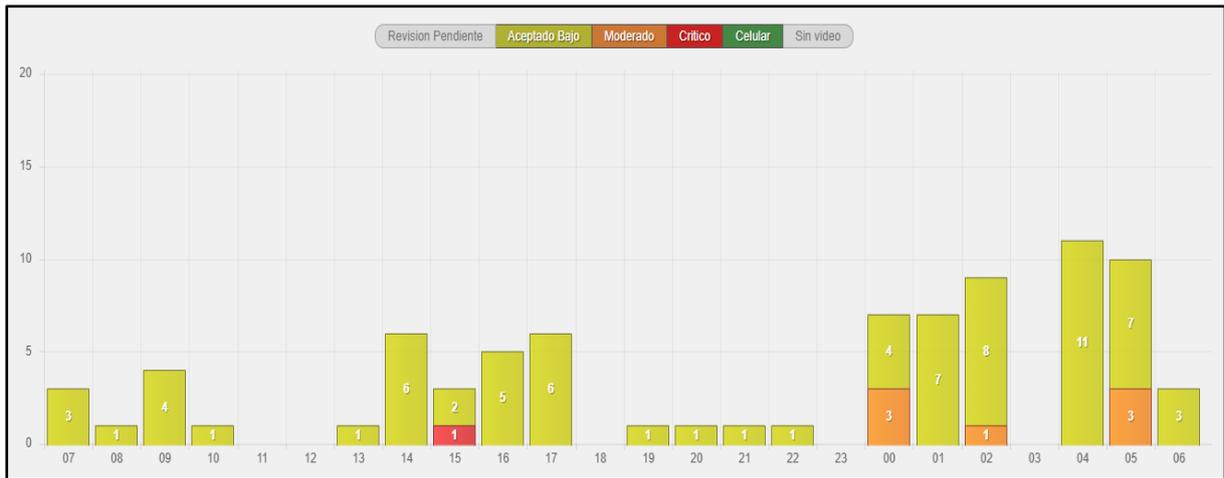


Fig. 96: Reporte de eventos de microsueño por hora

Como se puede ver los reportes son de diferentes formatos o de acuerdo a lo que uno desea saber la cantidad de eventos, estos mismos también pueden ser exportados en formato csv y en formato pdf. Uno de los formatos que se usa mucho es el reporte por unidad de volquete como se ve en la Fig. 97 que muestra los eventos por volquete. Otro de los reportes que también se usa mucho son los reportes del total de eventos en todos los operadores como se ve en la Fig. 98 este reporte te suma el total de eventos de todos los operadores, en todos los turnos lo cual sirve para hacer la comparación de los demás reportes y verificar las cantidades. Con todos estos reportes se puede tomar decisiones y hacer el seguimiento respectivo con respecto a cada uno de los operadores si es que la fatiga es continua.

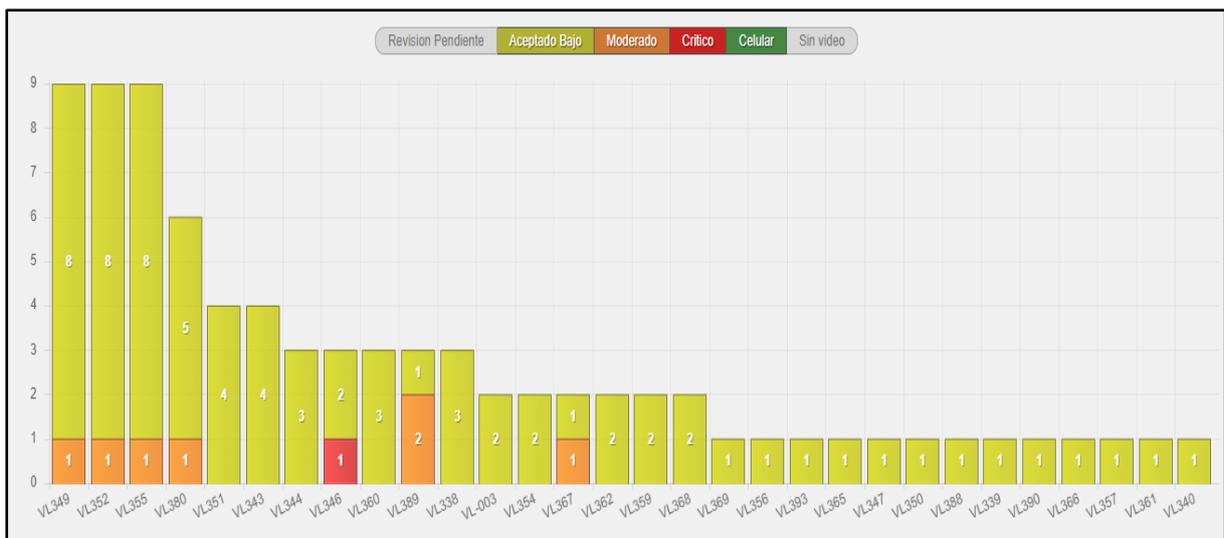


Fig. 97: Reporte de eventos de microsueño por Camión volquete



Fig. 98: Reporte de eventos de microsueño por cuadrilla

3.1.8 RETIRO DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Al finalizar el trabajo o para la hora de salida del taller se procedió a retirar los equipos y herramientas de forma ordenada, de lo más grande a lo más pequeño, una vez juntado todo los equipos, materiales y herramientas se procedió a salir del taller con la supervisión tanto del equipo de sistemas y mantenimiento, cabe precisar que antes de salir ambos supervisores revisan las ordenes de entrada de herramientas y equipos que ingreso al taller, estos formatos se puede ver en los Anexos 2 y 3 donde se describe los materiales y herramientas que ingresaron al taller los mismos que deben salir. También se hizo una inspección a la cabina del volquete de tal manera que quede en buenas condiciones y sin averías sobre todo el tablero del conductor o panel de control donde ve los indicadores y alertas que puede estar sucediendo en el sistema interno del volquete, esto se hace debido a que se hace algunas perforaciones para la colocación de las bases de los componentes del sistema. Una vez realizado todo esto recién pudimos salir fuera del taller.



Fig. 99: Herramientas listas para retirarlas

3.1.9 ORDEN Y LIMPIEZA EN EL TRABAJO

El orden y la limpieza en la cabina de los volquetes y demás áreas trabajadas que en este caso es alrededor del volquete, fue muy importante ya que si no se hace por reglamento la persona que no hizo el orden y limpieza será sancionada. Además, sin la limpieza en el área donde se trabajó quedan residuos peligrosos que pueden causar un incidente a las personas que estén transitando por el lugar. Así también el material residual de las áreas de trabajo como: abrazaderas, pernos, cintas, cintas de empalme, cintillos, etc. Se hace el acopio de residuos sólidos en bolsas para ser llevadas a los contenedores y segregarlos de acuerdo al código de colores de residuos sólidos. Se inspecciono visualmente los componentes instalados del sistema antifatiga de ser necesario, se vuelve verificar el ajuste de los componentes en cabina de tal manera que se cumpla con los procedimientos establecidos para la instalación de componentes electrónicos.



Fig. 100: Orden y limpieza en la cabina del camión volquete

3.2 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.2.1 TRATAMIENTO

La investigación que se presenta a continuación es de diseño pre experimental, teniendo como objetivo, el estudio de un antes y después de la implementación del sistema antifatiga. En la Fig. 101 se muestra las variables indicando el tratamiento de estas mismas.

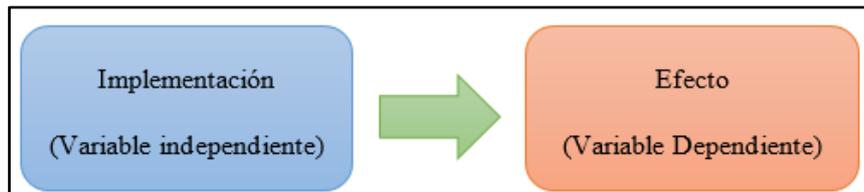


Fig. 101: Tratamiento de variables

En la investigación se utilizó el tipo de investigación aplicada basada en un antes y después como se ve en la Fig. 102 de tal manera que se haga un análisis antes de la implementación del sistema, una vez instalado y después que se instala el sistema.

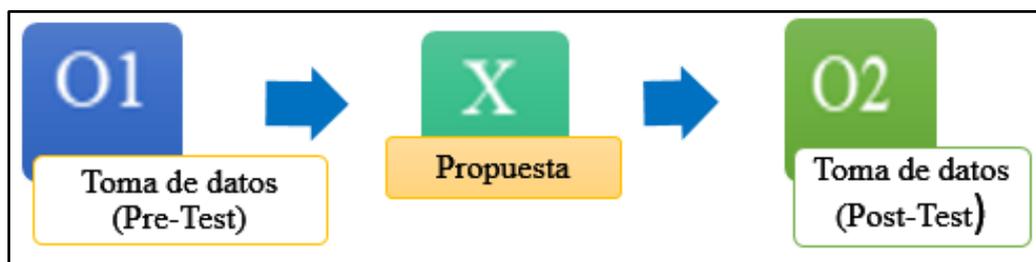


Fig. 102: Diagrama experimental y variables

Donde:

O1: Toma de datos antes de la implementación del sistema

X: Propuesta: sistema antifatiga OpGuard

O2: Toma de datos después de la implementación del Sistema

Variables e indicadores

La realización de la investigación cuenta con dos tipos de variables la primera que es la variable independiente Sistema de Información donde se almacena, procesa y analiza toda la información recibida del sistema, la segunda variable es la dependiente, para la investigación

es accidentes, que son los sucesos que causan daños en el trabajo de los operadores ya sea por estrés, cansancio o distracción. Se muestra en la Tabla 12 las variables de la investigación.

Tabla 12: Variables de la investigación

Variable Independiente	Variable Dependiente
Sistema de Información (Objeto de la investigación)	Accidentes (Contexto del problema)

En la Tabla 13 se muestra la operacionalización de las variables, donde se puede apreciar su dimensión e indicador que será medido en el análisis de datos.

Tabla 13: Matriz de variables, dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Sistema de Información	Grado de satisfacción por parte del sistema	- Nivel de satisfacción por parte de la empresa una vez instalado el sistema
		- Nivel de satisfacción por parte de los operadores una vez instalado el sistema
	Funcionalidad	- Número de equipos funcionando correctamente
		- Tiempo de actualización del sistema en tiempo real
Accidentes	Accidentes	- Número de accidentes por distracción.
		- Número de accidentes por fatiga
	Distracción	- Número de distracciones registradas por manipulación del celular
		- Número de distracciones por voltear de un lugar a otro
	Fatiga	-Cantidad de bostezos
		-Cantidad de pestaños

3.2.1.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación se usaron las siguientes técnicas e instrumentos para la recolección de datos:

Observación - ficha de observación: se elabora la ficha de observación para la recolección de datos, ya que se evaluó los eventos de la variable dependiente de acuerdo a los indicadores que se presenta y lo que se va a medir, por lo tanto, la ficha permitió hacer la observación y registro de cada uno de los eventos que se esté midiendo.

Encuesta – cuestionario: la siguiente encuesta se hizo con la finalidad de obtener información de una parte de la variable independiente. Se hizo un cuestionario para medir la satisfacción de parte de los usuarios del sistema y hacer la medición por parte de la satisfacción de los operadores. Las encuestas contienen preguntas con la escala Likert de cuatro niveles.

Análisis documental – ficha de registro de datos: se usó esta técnica e instrumento para ver la cantidad de accidentes e incidentes que hubo en años anteriores y así hacer la comparación con los accidentes que se registró u obtuvo después de la implementación del sistema.

Ficha de registro – ficha de registro: esta técnica e instrumento se usó para medir la funcionalidad que tuvo el sistema y el tiempo de actualización del sistema que pertenece a la variable independiente.

3.2.1.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Análisis documental - ficha de registro de datos: para el análisis de la variable dependiente en la dimensión accidentes con cada uno de sus indicadores. El instrumento para la recolección de datos se muestra en el Anexo 4 la misma que será llenada con información documental de años anteriores con lo que respecta a los accidentes ocurridos antes del despliegue del sistema.

Observación - ficha de observación: la ficha de observación que se presenta en el Anexo 5 será el instrumento para el análisis de la variable dependiente de la dimensión distracción y fatiga.

Esta ficha fue usada en la recolección de datos antes y después de la implementación del sistema como se describe líneas arriba será únicamente para la variable dependiente.

Ficha de registro – ficha de registro: adicional a estas fichas de observación se hizo dos fichas de registro para el registro de la funcionalidad del sistema como se ve en la Tabla 14 y la otra para el registro de la actualización del sistema como se ve en la Tabla 15

Tabla 14: Ficha para el registro de la funcionalidad del sistema

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA
Número de equipos funcionando correctamente

Responsable: _____

Hora: _____ Fecha: _____

Volquete	Funciona	No funciona
VL-383		
VL-356		
VL-360		
VL-338		
VL-339		
VL-365		
VL-391		
VL-340		
VL-345		
VL-342		

Volquete	Funciona	No funciona
VL-380		
VL-354		
VL-352		
VL-343		
VL-346		
VL-353		
VL-361		
VL-381		
VL-344		
VL-393		

Tabla 15: Ficha para el registro de la actualización del sistema

ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA
Tiempo de actualización en tiempo real

Responsable: _____

Hora: _____ Fecha: _____

Volquete	5 min	Más de 5 min
VL-383		
VL-356		
VL-360		
VL-338		
VL-339		
VL-365		
VL-391		
VL-340		
VL-345		
VL-342		

Volquete	5 min	Más de 5 min
VL-380		
VL-354		
VL-352		
VL-343		
VL-346		
VL-353		
VL-361		
VL-381		
VL-344		
VL-393		

Encuesta - Cuestionario: el siguiente cuestionario se presenta en el Anexo 7. Con el fin de obtener la información con cada una de las personas que usan el sistema.

Por último, se hizo un cuestionario para medir la satisfacción de cada uno de los operadores una vez implementado y desplegado el sistema. Este cuestionario se puede visualizar en el Anexo 8.

3.2.1.3 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La validación de cada uno de los instrumentos fue revisado y analizado por la persona que estuvo a cargo de la supervisión de la seguridad de los operadores Anexo 9. Estos instrumentos van a permitir recolectar información acertada para el indicador correspondiente durante las pruebas de pre test y post test garantizando la calidad en los datos obtenidos.

Además, para medir la confiabilidad de los instrumentos: fichas de encuestas de satisfacción (variable independiente) se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. Su análisis y evaluación de la encuesta se puede ver en el Anexo 10 cabe resaltar que este coeficiente de Alfa de Cronbach pertenece a la encuesta que se les hizo a los usuarios del sistema y operadores de camión volquete.

Por último, la cantidad de observaciones que se hizo para cada operador fue validado de acuerdo al libro Ingeniería de métodos Anexo 11 del autor Duran [82].

3.2.2 ANÁLISIS DE DATOS

3.2.2.1 ANÁLISIS DE DATOS DIMENSIÓN GRADO DE SATISFACCIÓN POR PARTE DEL SISTEMA

Se realizó una encuesta para el análisis de la dimensión grado de satisfacción por parte del sistema, el cual constó de 5 preguntas medidas con la escala Likert a 4 niveles (Tabla 16) a 4 usuarios como se ve en la Fig. 103. Así también se aplicó una encuesta a los operadores para medir la satisfacción por parte de ellos, una vez instalado el sistema en cada una de las cabinas de volquete como se ve en la Fig. 104

Tabla 16: Niveles de encuestas

Niveles	Valores
Siempre satisfecho	3
A veces satisfecho	2
Nunca Satisfecho	1
No contesta	0

Datos de la encuesta						
Usuario	Satisfacción por parte del usuario					
	P01	P02	P03	P04	P05	
U1	3	3	2	3	2	
U2	3	3	3	3	2	
U3	3	3	2	3	3	
U4	3	3	3	3	3	Promedio de Satisfacción
Promedio por pregunta	3	3	2.5	3	2.5	2.8

Fig. 103: Resumen de la encuesta realizada a los usuarios del sistema

Datos de la encuesta						
Usuario	Satisfacción por parte del operador de camión volquete					
Operador	P01	P02	P03	P04	P05	
O1	2	2	2	3	2	
O2	3	2	2	3	2	
O3	3	3	3	3	3	
O4	2	2	2	3	2	
O5	3	3	3	3	3	
O6	2	2	2	3	3	
O7	3	3	3	3	3	
O8	3	3	3	3	3	
O9	3	3	3	3	3	
O10	2	2	2	2	2	
O11	3	3	2	2	2	
O12	3	3	3	3	3	
O13	2	2	2	2	2	
O14	2	3	3	2	2	
O15	3	2	2	3	2	
O16	3	2	2	3	2	
O17	3	3	3	2	2	
O18	2	2	3	3	3	
O19	3	2	2	2	3	
O20	3	3	3	2	2	Promedio de Satisfacción
Promedio por pregunta	2.65	2.5	2.5	2.65	2.45	2.55

Fig. 104: Resumen de la encuesta realizada a los operadores

3.2.2.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LA DIMENSIÓN FUNCIONALIDAD

Se realizó dos fichas de registro para la dimensión funcionalidad, la primera ficha muestra la cantidad de sistemas que se dejó funcionando una vez instalado el sistema como se ve en el Anexo 12 y la segunda es el tiempo de actualización que tiene cada uno de los sistemas como se ve Anexo 13 quedando de la siguiente manera. Se muestra en la Tabla 17 la funcionalidad.

Tabla 17: Resumen de sistemas con correcta funcionalidad

Sistemas funcionando correctamente	20
Cantidad de sistemas actualizando correctamente	20

3.2.2.3 ANÁLISIS DE DATOS DE LA DIMENSIÓN ACCIDENTES

Se realiza una ficha de cotejo para el análisis de los indicadores de número de accidentes por distracción como se visualiza en la Tabla 18 y número de accidentes por fatiga en la Tabla 19.

La toma de datos y análisis que se hizo para esta dimensión se puede visualizar en el Anexo 6.

Tabla 18: Tabla resumen del número de accidentes por distracción (pre y post test)

DATOS PRE TEST		
Dimensión: Accidentes		
Accidentes	Número de accidentes por distracción (Valor)	
	Sin Sistema de Información	Sistema de Información Implementado
	9	3

Tabla 19: Tabla resumen del número de accidentes por fatiga (pre y post test)

DATOS PRE TEST		
Dimensión: Accidentes		
Accidentes	Número de accidentes por fatiga (Valor)	
	Sin Sistema de Información	Sistema de Información Implementado
	3	0

3.2.2.4 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN DISTRACCIÓN

El análisis de datos que se hizo fue para cada dimensión de la presente investigación ya que este mismo ayudo a definir los objetivos. Los datos que a continuación se presentan se han generado en base a observaciones efectuadas en un turno de día y dos de noche, en una muestra de 20 operadores como se visualiza en la Tabla 20.

Tabla 20: Cuadro resumen del pre y post test de la dimensión distracción

Operador	DAS*	DDS*
Operador 1	22	4
Operador 2	19	3
Operador 3	21	3
Operador 4	20	2
Operador 5	23	2
Operador 6	23	2
Operador 7	24	4
Operador 8	23	6
Operador 9	23	6
Operador 10	22	6
Operador 11	20	5
Operador 12	21	5
Operador 13	22	4

Operador 14	20	4
Operador 15	18	6
Operador 16	19	5
Operador 17	20	5
Operador 18	20	4
Operador 19	21	5
Operador 20	21	5

*DAS: Cantidad de distracciones antes de la implementación del sistema

*DDS: Cantidad de distracciones después de la instalación del sistema

Contrastación de hipótesis

H_0 : La implementación de un sistema de información no reduce la cantidad de accidentes ocasionados por distracción en los operadores de volquete.

H_1 : La implementación de un sistema de información reduce la cantidad de accidentes ocasionados por distracción en los operadores de volquete.

Donde:

Operador	DAS	DDS	d
Operador 1	22	4	18
Operador 2	19	3	16
Operador 3	21	3	18
Operador 4	20	2	18
Operador 5	23	2	21
Operador 6	23	2	21
Operador 7	24	4	20
Operador 8	23	6	17
Operador 9	23	6	17
Operador 10	22	6	16
Operador 11	20	5	15
Operador 12	21	5	16
Operador 13	22	4	18
Operador 14	20	4	16
Operador 15	18	6	12
Operador 16	19	5	14
Operador 17	20	5	15
Operador 18	20	4	16
Operador 19	21	5	16
Operador 20	21	5	16

Nivel de significancia: debido a que el proyecto es de investigación utilizaremos el nivel de significancia 5%

$$\alpha = 0.05$$

Promedio de la diferencia: promedio de la diferencia entre la cantidad de bostezos antes de la implementación del sistema y después de la implantación del sistema.

$$d = 17$$

Desviación estándar: se utilizará la siguiente formula

$$\sigma d = \sqrt{\frac{\sum(d - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma d = \sqrt{\frac{94}{19}}$$

$$\sigma d = 2,215$$

Dónde: N = muestra

Grados de libertad: los grados de libertad es la muestra menos 1

$$gl = N-1 = 19$$

Valor crítico: el valor crítico se obtiene de la siguiente formula

$$t_{(1-\alpha).(n-1)}$$

$$vc = -1,729$$

T-student: para calcularla se utiliza la siguiente formula

$$t = \frac{d}{\frac{\sigma d}{\sqrt{gl}}} = 33,92$$

Donde:

d : Diferencia del promedio

σd : Desviación estándar

gl: Grado de libertad

La región crítica es de -1.729 a + 1.729; y, debido a que el valor obtenido de la t-student es 33.92, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde se concluye que la implementación de un sistema de información reduce la cantidad de accidentes ocasionados por distracción en los operadores de volquete.

3.2.2.5 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN FATIGA

Los datos obtenidos se han generado en base a observaciones efectuadas en un turno de día y dos de noche, en una muestra de 20 operadores como se visualiza en la Tabla 21

Tabla 21: Cuadro resumen del pre y post test de la dimensión fatiga

Operador	FAIS*	FDIS*
Operador 1	16	7
Operador 2	15	5
Operador 3	18	6
Operador 4	17	5
Operador 5	21	5
Operador 6	20	4
Operador 7	24	4
Operador 8	22	7
Operador 9	23	7
Operador 10	23	8
Operador 11	23	9
Operador 12	23	6
Operador 13	25	6
Operador 14	21	5
Operador 15	21	6
Operador 16	22	4
Operador 17	21	5
Operador 18	22	4
Operador 19	22	6
Operador 20	22	6

*FAIS: Fatiga antes de la implementación del sistema

*FDIS: Fatiga después de la implementación del sistema

Contrastación de hipótesis

H_0 : La implementación de un sistema de información no reduce la cantidad de accidentes ocasionados por la fatiga en los operadores de volquete.

H_1 : La implementación de un sistema de información reduce la cantidad de accidentes ocasionados por la fatiga en los operadores de volquete.

Donde:

Operador	FAIS	FDIS	d
Operador 1	16	7	9
Operador 2	15	5	10
Operador 3	18	6	12
Operador 4	17	5	12
Operador 5	21	5	16
Operador 6	20	4	16
Operador 7	24	4	20
Operador 8	22	7	15
Operador 9	23	7	16
Operador 10	23	8	15
Operador 11	23	9	14
Operador 12	23	6	17
Operador 13	25	6	19
Operador 14	21	5	16
Operador 15	21	6	15
Operador 16	22	4	18
Operador 17	21	5	16
Operador 18	22	4	18
Operador 19	22	6	16
Operador 20	22	6	16

Nivel de significancia: debido a que el proyecto es de investigación utilizaremos el nivel de significancia 5%

$$\alpha = 0.05$$

Promedio de la diferencia: promedio de la diferencia entre la cantidad de bostezos antes de la implementación del sistema y después de la implantación del sistema.

$$d = 15$$

Desviación estándar: se utilizará la siguiente formula

$$\sigma d = \sqrt{\frac{\sum(d - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma d = \sqrt{\frac{306}{19}}$$

$$\sigma d = 4,01$$

Dónde: N = muestra

Grados de libertad: los grados de libertad es la muestra menos 1

$$gl = N-1 = 19$$

Valor crítico: el valor crítico se obtiene de la siguiente formula

$$t_{(1-\alpha).(n-1)}$$

$$vc = -1,729$$

T-student: para calcular la t de student se aplicó la siguiente formula

$$t = \frac{d}{\frac{\sigma d}{\sqrt{gl}}} = 24,499$$

Donde:

d: Diferencia del promedio

σd: Desviación estándar

gl: Grado de libertad

La región crítica es de -1.729 a + 1.729; y, debido a que el valor obtenido de la t-student es 24.499, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde se concluye que la implementación de un sistema de información reduce la cantidad de accidentes ocasionados por la fatiga en los operadores de volquete.

3.2.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.2.3.1 DIMENSIÓN GRADO DE SATISFACCIÓN POR PARTE DEL SISTEMA

En base al procesamiento de datos, se obtuvo un valor de 2.8, que corresponde al cuarto nivel según la escala Likert (0.67-1.00), representando un 93%, por lo que los usuarios siempre están satisfechos con el uso del sistema. En la siguiente Fig. 105 se detalla la satisfacción de usuarios.



Fig. 105: cuadro resumen de satisfacción por usuario

En base al procesamiento de datos, se obtuvo un valor de 2.55, que corresponde al cuarto nivel según la escala Likert (0.67-1.00), representando un 85% por lo que se verifica que los operadores siempre están satisfechos con el uso del sistema. En la Fig. 106 se muestra el porcentaje de satisfacción del total de operadores.

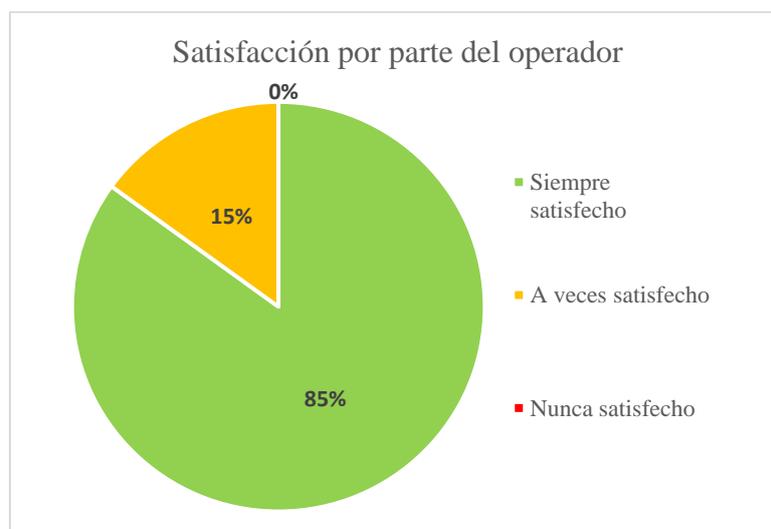


Fig. 106: Cuadro resumen de la satisfacción de cada uno de los operadores

3.2.3.2 DIMENSIÓN FUNCIONALIDAD

Todos los sistemas funcionaron después de hacer la instalación y despliegue del mismo, es decir que se tuvo a un total de 20 sistemas antifatiga funcionando correctamente, lo que representa el 100 % de la flota a la cual se lo instalo. Así también pudimos verificar que la actualización de cada uno de los sistemas es al 100%, todos actualizan en el tiempo establecido después de haber hecho la instalación. Cada una de las fichas de análisis y resultado se visualiza en los Anexo 12 y Anexo 13.

3.2.3.3 DIMENSIÓN ACCIDENTES

Tabla 22: Tabla resumen del número de accidentes por distracción y fatiga

Nº	INDICADOR	PRE-TEST X_A	POST-TEST X_D	$d=(X_A + X_D)$	Mejora
1	Número de accidentes por distracción	9	3	12	67%
2	Número de accidentes por fatiga	3	0	3	100.00%
N=2		12	3	15	83.33%

La cantidad de accidentes que se tuvo por fatiga antes de la implementación del sistema fueron 3 lo cual representa el 100% del total de accidentes como se muestra en la Tabla 22; después de implementado el sistema no se tuvo ningún accidente por fatiga; por lo tanto, según el análisis y resultado que se obtuvo fue, ningún accidente, es decir un 0% en cantidad de accidentes y con un resultado al 100% de mejora.

La cantidad de accidentes que se tuvo por distracción antes de la implementación del sistema fueron 9 lo que representa el 100% del total de accidentes analizados; los que se obtuvo después de implementado el sistema fueron 3 que representa un 33% con respecto a los accidentes por distracción antes de la implementación. Por lo tanto, se tuvo una mejora del 67% en total de accidentes por distracción.

3.2.3.4 DIMENSIÓN DISTRACCIÓN

La cantidad de distracciones que tuvo cada uno de los operadores se midió a través de las ficha de observación para distracción obteniendo los siguientes resultados, un promedio de 21 distracciones por operador antes de usar el sistema de información lo que representa un 100% de distracciones y un promedio de 4 distracciones por operador después de implementar y

desplegar el sistema lo que representa un 19% de distracciones con respecto al número de distracciones registradas antes de usar el sistema como se ve en la Tabla 23. De acuerdo con los resultados se verifica que la mejora con respecto a la cantidad de distracciones por operador es de un 81% después de haber implementado el sistema de información para el control de fatiga y distracciones.

Tabla 23: Resumen del promedio de distracciones por operador y mejora

Dimensión Distracción	Promedio de distracciones (Número)	Porcentaje de promedios	Reducción de eventos
Número de distracciones registradas antes de usar el sistema antifatiga	21	100%	81%
Número de distracciones registradas después de usar el sistema	4	19%	

3.2.3.5 DIMENSIÓN FATIGA

Con respecto a esta dimensión al igual que la distracción se obtuvo los siguientes resultados un promedio de 21 eventos entre pestañeos y bostezos por operador antes de usar el sistema, lo que representa un 100% y un promedio de 6 eventos de microsueño por operador después de haber implementado el sistema, lo que representa un 29% de total de eventos como se ve en la Tabla 24. Verificándose una reducción de eventos de microsueños en un 71% después de haber implementado el sistema.

Tabla 24: Resumen del promedio de fatiga por operador antes y después de implementar el sistema

Dimensión Fatiga	Promedio fatiga (Número)	Porcentaje de fatiga	Reducción de eventos
Fatiga registrada antes de usar el sistema	21	100%	71%
Fatiga registrada después de usar el sistema	6	29%	

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos en el análisis y presentación de resultados, se aceptó la hipótesis alternativa (H_1); rechazando la hipótesis nula, por lo tanto, se observó que la implementación de un sistema de información antifatiga reduce la cantidad de accidentes ocasionados por fatiga en los operadores de camión volquete de la operación minera Cerro Corona de la ciudad de Cajamarca.

Después de analizar los datos obtenidos se demostró que la implementación de un sistema antifatiga reduce la cantidad de accidentes ocasionados por fatiga como se muestra en la Tabla 22, la cual resume y afianza el objetivo general del proyecto de investigación habiendo una mejora de un 67% en cuanto a los accidentes ocasionados por distracción y una mejora del 100% de los accidentes ocasionados por fatiga.

Los resultados plasmados en la Tabla 22 guardan relación con la investigación de Brogi [3] quien menciona que los accidentes por somnolencia pueden reducirse desde un 25% hasta el 100%, si se realiza una buena gestión del sistema antifatiga. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con respecto a la cantidad de accidentes podemos decir que efectivamente la utilización del sistema antifatiga OpGuard ha reducido al 100% la cantidad de accidente ocasionados por fatiga. Permitiendo de esta manera no solo trabajar de forma segura para el operador sino también en beneficio de la empresa.

Otro de los trabajos de investigación que respalda lo que se obtuvo como resultados en la Tabla 22 es la tesis de Tong y Vigil [6] quienes mencionan que con la implementación del sistema antifatiga Guardvant lograron el objetivo de su proyecto de investigación debido a que no se registró ningún accidente y ahorraron un total de 4, 287,948.4 dólares en mantenimiento y reparación de los camiones de acarreo. Esta investigación, efectivamente coincide con lo mencionado por los autores porque redujo al 100% la cantidad de accidentes por fatiga y ahorró el gasto total de reparación de camiones volquetes en caso hubiera ocurrido un accidente.

Miranda y Changa [7] en su trabajo de investigación hacen mención no solo a la reducción de accidentes sino también de incidentes; por lo tanto, como resultado de su investigación obtuvieron la reducción de incidentes en un 98%, por lo que, se coincide con su investigación debido a que hubo una disminución de distracción en un 81% como se muestra en la Tabla 23, logrando cumplir uno de los objetivos específicos de la investigación como es la reducción de incidente en los operadores de camión volquete de la operación minera Cerro Corona.

En la actualidad las empresas buscan ventajas ante su competencia para no solo obtener resultados positivos sino también generar y cumplir con ciertos estándares de seguridad que exige la minería moderna, por lo tanto, buscan lo que mejor se adapte a la necesidad de su empresa. Villan [8] en su trabajo de investigación menciona que en la actualidad existe variedad de sistemas antifatiga que se puede implementar a una empresa minera, siempre analizando la que mejor que se adapte a su necesidad que pueda tener esta. Concluye que con su sistema antifatiga redujo la cantidad de accidentes en un 22%, por ende, podemos decir que su investigación afianza lo que se obtuvo en nuestro trabajo de investigación.

Otra tesis que apoya a la investigación es Carrasco [4] donde analiza los costos que tiene el uso del sistema vs el costo si llegaría a ocurrir un accidente fatal. La inversión con respecto a un accidente fatal si lograría ocurrir en términos de cifras puede llegar a costar 5 millones de dólares y la implementación de un sistema completo costaría 1, 512,000 dólares al año es decir un accidente cubriría casi la totalidad del costo de este sistema en 5 años de duración que tendría un proyecto. Finalmente, esta investigación apoya a la nuestra porque el costo que redujo con respecto a los accidentes que se produjo fue al 100% ya que no se registró ninguno que fuera fatal.

Asimismo, Garces y Salgado [5] mencionaron en su investigación que las investigaciones futuras sobre los sistemas de detección del sueño deben apuntar a desarrollar sistemas que monitoreen directamente el comportamiento del ser humano de tal manera que estos no sean invasivos. Teniendo en cuenta lo dicho por parte de los autores podemos indicar que el sistema antifatiga OpGuard cumplió con lo mencionado ya que es un sistema para el control de fatiga no invasivo, este sistema funciona muy independiente sin entrar en contacto con el cuerpo de la persona.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Respecto al efecto de la implementación y despliegue de un sistema de información antifatiga para la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona se logró prevenir y reducir al 100% el número de accidentes, permitiendo constatar que durante el tiempo de investigación del proyecto y después de la implementación no se registró ningún accidente de operadores de camión volquete.

En base a la información obtenida por el sistema de información respecto a los accidentes ocasionados por fatiga en la unidad minera Cerro Corona, se logró controlar la cantidad de pestañeos y bostezos de cada uno de los operadores de volquete permitiendo así reducir en un 71% respecto a los accidentes ocasionados por fatiga; así mismo también se detectó el número de distracciones por voltear de un lugar a otro de cada uno de los operadores de volquete logrando reducir en un 81% respecto a los accidente ocasionados por distracción. Por lo que, en base a los resultados obtenidos por cada uno de los objetivos específicos en la implementación y despliegue de un sistema de información anti fatiga para la prevención de accidentes en la operación minera Cerro Corona se logró prevenir y reducir al 100% el número de accidentes, permitiendo constatar que durante el tiempo de investigación del proyecto y después de la implementación no se registró ningún accidente de operadores de camión volquete.

Se logró la disminución al máximo de accidentes y algo importante que se verificó es que se pudo hacer un mejor seguimiento a cada uno de los operadores ya que no solo se controló la fatiga sino también, junto con el área de salud ocupacional se evaluó a las personas que presentaron más eventos de microsueño y se verificó que después de hacer el seguimiento respectivo se logró la disminución no solo de eventos de microsueño sino también, los operadores fueron adoptando mejores prácticas de descanso lo que contribuyó a un trabajo más seguro y libre de accidentes.

Para determinar los efectos que se obtuvo con la implementación y despliegue del sistema de información antifatiga OpGuard bajo la metodología de la compañía Hexagon y Goldfields, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en cada instrumento de recolección de datos antes y después de la implementación; alcanzando resultados muy favorables del 100% en cuanto a la

prevención y reducción de accidentes, esta cifra benefició tanto a la empresa y trabajador, al trabajador por tener instalado en su cabina un sistema no invasivo que lo monitorea para el control de la fatiga y a la empresa por que le ahorró utilidades en la reparación de sus equipos.

4.2 RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación ha logrado satisfacer uno de los requerimientos solicitados por la Compañía minera; sin embargo, es necesario describir las siguientes recomendaciones para así mantener y mejorar los resultados obtenidos.

Se deberá hacer respaldo de toda la información que se tiene en el sistema OpWeb de tal manera que se haga un análisis de la información antigua y tener a la mano esta información para el caso de auditorías, de esta forma más adelante, se tome decisiones en beneficio de la empresa y trabajador.

En la operación minera por la misma geografía adversa donde se desarrolla el proyecto existen zonas donde la señal de internet es inestable, provocando de esta manera fallas de conexión del sistema antifatiga con el sistema OpWeb, perjudicando el monitoreo constante a los operadores de volquete, este inconveniente no se llegó a investigar en el proyecto. Se recomienda que en investigaciones futuras sobre sistemas para el control de fatiga se desarrolle o investigue el problema de las fallas de conexión que se tuvo.

Asimismo, se recomienda que al sistema web se le debe agregar un módulo u opción de descarga, donde permita descargar los videos de ciertos rangos de tiempos de todos los operadores para fines de investigación y evidencia cuando se suscite un incidente o accidente, o en caso no se haga el monitoreo adecuado por parte del personal encargado.

Otra recomendación que se debe de tomar en cuenta es el mantenimiento continuo de estos componentes del sistema antifatiga, ya que por el tiempo de uso y movimiento brusco de cada volquete se puede malograr y este dejar de funcionar.

La implementación de este sistema por el momento solo tiene los camiones de acarreo de mineral y desmonte, es necesario también la instalación en todo equipo de transporte ya sea liviano o pesado, ya que los resultados que se obtuvo fue solo para camión volquete, mas no se analizó en los equipos livianos y de línea amarilla con los que se cuenta en la operación, que también están expuestos a sufrir accidentes debido al problema de fatiga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] O. Lang, «Los riesgos para los mineros siguen en todo el mundo,» BBC NEWS, 14 Octubre 2010. [En línea]. Available: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101014_chile_mineros_rescate_peligros_olivia_lang_az. [Último acceso: 17 Octubre 2020].
- [2] J. Chávez Ramírez, «Influencia de los accidentes por somnolencia en camiones de extracción,» Universidad de Chile , Santiago de Chile, 2017.
- [3] F. Y. Brogui Jaqui, «Influencia de los accidentes por somnolencia en camiones de extracción,» Universidad de Chile, Chile, 2017.
- [4] H. A. Carrasco Moya, «Análisis de factibilidad para un servicio integral de gestión de fatiga en Minería,» Universidad de Chile, Chile, 2014.
- [5] M. A. Garcés y J. J. Salgado, «Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro,» Conicet, Argentina, 2015.
- [6] J. C. Tong Ladron de Guevara y C. J. Vigil López, «Implementación del sistema antifatiga -GuardVant para la prevención de accidentes laborales en el área de operaciones Mina de la Unidad Minera Cuajone-Moquegua-2017,» Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, 2017.
- [7] J. A. Miranda Meléndez y O. E. Changa Cam, «Implementación de un sistema de monitoreo para medir la fatiga DSS-Drive State Sensor en camiones de acarreo en la empresa de gran minería de la región Arequipa, 2016,» Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2017.
- [8] R. Carlos Villan, «Ventajas del sistema antifatiga GuardVant en la operación de camiones de acarreo en una mina superficial,» Universidad Continental, Arequipa, 2019.
- [9] A. Hernandez Trosobares, «Los Sistemas de Información: Evolución y Desarrollo,» Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2015.
- [10] R. Andreu, J. E. Ricard y J. Valor, «Planificación Estratégica de SI/TI,» MacGraw, Madrid, 2012.
- [11] W. Jeffrey y B. Lonnie, Análisis de Sistemas Diseños y Metodos, México: Mc Graw Hill, 2008.

- [12] J. Bosque Sendra, «Sistema de Información Geográfica,» *ProQuest*, vol. 55, n° 214, pp. 5-20, 2000.
- [13] G. Reynolds, *Principios de sistemas de información*, Mexico: Cengage Learning, 2010.
- [14] K. Laudon y J. Laudon, *Sistemas de Información Gerencial*, Mexico: Pearson, 2012.
- [15] A. Newell y H. Simon, «Teoría del procesamiento de la información en la resolución de problemas,» *Escenarios*, vol. 15, n° 1, pp. 10-15, 2017.
- [16] E. Feigenbaum, «Dendral and meta-Dendral,» *Elsevier*, vol. 23, n° 59, pp. 233-240, 1993.
- [17] S. Sancho Azcoitia, «Blogthinkbig.com,» 13 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://blogthinkbig.com/sistemas-expertos-inteligencia-artificial>. [Último acceso: 23 Octubre 2020].
- [18] R. Coarite Choque, «Areas de aplicación de la Inteligencia Artificial,» Scielo, México, 2019.
- [19] T. León Quintanar, «Sistemas Expertos y sus Aplicaciones,» Instituto de Ciencias Basicas e Ingeniería, Pachuca de Soto, 2007.
- [20] J. J. Samper Márquez, «Sistema inteligente para la recuperación y el filtrado de la información,» Académica Española, Madrid, 2010.
- [21] J. M. Pignani, «Sistemas Expertos,» Universidad Tecnológica Nacional, Rosario, 2012.
- [22] J. P. Sanchez Beltran, «Sistemas Expertos: Una Metodología de Programación,» Rama S.A., España, 2000.
- [23] M. Carlos Soto, «Teoria de Sistemas Expertos,» Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2012.
- [24] L. E. Munera, «Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos,» Icesi, Madrid, 1990.
- [25] M. Ortiz y M. Torres , «Sistemas Expertos Probabilistico,» Universidad Politecnica de Guayaquil, Guayaquil, 2014.

- [26] C. Lentisco Sánchez y T. Romero Rodríguez, «Sistemas Expertos en meteorología,» *Sistemas Expertos en meteorología*, vol. III, n° 3, p. 8, 2011.
- [27] H. A. Chaclatana La Rosa, «Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades respiratorias en el hospital central Luis Sáenz,» Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Lima, 2017.
- [28] C. Armas Cadena, R. . Quimí y E. Peláez, «Análisis, diseño y desarrollo de un sistema experto con tecnología web open source para la selección de personal de una organización a través de un test psicológico,» de *Análisis, diseño y desarrollo de un sistema experto con tecnología web open source para la selección de personal de una organización a través de un test psicológico*, Guayaquil, 2015.
- [29] J. M. Pignani, «Sistemas Expertos,» Universidad Regional del Rosario, Colombia, 2010.
- [30] J. M. Fortunata Lindo, «Una introducción a los sistemas expertos en la empresa,» JMF Lindo, 1991.
- [31] M. Y. Acosta Caicedo y I. G. Arteaga Cabrera, «Sistema Experto para el desarrollo de soluciones de interoperabilidad en Sistemas de Información para Laboratorios Clínicos basado en el Estándar,» *Catolica del Norte*, vol. III, n° 5, p. 28, 2011.
- [32] R. Pino Díez y N. Gómez Gómez, *Sistemas expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva*, Oviedo: Oviedo ediciones, 2010.
- [33] J. Rojas y D. M. , «Sistema experto para el control de los procesos de monitoreo, control y evaluación de desempeño de los órganos de control institucional del Perú,» *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, vol. I, n° 9, p. 45, 2012.
- [34] . L. . D. Murillo Soto y O. Guerrero Castro, «Desarrollo de sistemas expertos en tiempo real para la detección y diagnóstico de faltas en motores trifásicos de inducción,» *Tecnología en marcha*, vol. 24, n° 3, pp. 46-54, 2011.
- [35] E. Castillo, J. M. Gutiérrez y A. Hadi, *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*, Estados Unidos : Universidad de Cornell, 2000.
- [36] L. A. Hidalgo, *Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*, Cordova: Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, 1997.

- [37] I. García, S. Bronte y B. Matiassevillano, «Vision-based drowsiness detector for a Realistic Driving Simulator,» de *Conferencia anual en sistemas de transporte inteligente*, Portugal, 2010.
- [38] A. Choukri, «Detección de fatiga al volante,» Universidad Autonoma de Barcelona, Ballaterra, 2014.
- [39] J. Pérez Porto y A. Gardey, «Definición.de,» 12 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://definicion.de/accidente/>. [Último acceso: 16 Noviembre 2020].
- [40] N. A. Botta, «Los accidentes de trabajo,» Proteger, Argentina, 2010.
- [41] M. Gómez Vital y O. d. I. C. J. Luis, «Comportamientos de los accidentes laborales,» ResearchGate, Cuba, 1999.
- [42] Organización Internacional del Trabajo, «Tendencias mundiales del empleo de las mujeres,» International Labour Office, Ginebra, 2009.
- [43] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» Organización Mundial de la Salud, 04 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news/item/04-02-2020-who-outlines-steps-to-save-7-million-lives-from-cancer>. [Último acceso: 17 Noviembre 2020].
- [44] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, «Trabajo, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo,» Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 28 Abril 2020. [En línea]. Available: <http://www2.trabajo.gob.pe/prensa/notas-de-prensa/mtppe-fortalece-inspeccion-para-prevenir-accidentes-laborales/>. [Último acceso: 17 Noviembre 2020].
- [45] Organización Internacional del Trabajo, «PROTEGER Y PREVENIR LOS RIESOS A LA SALUD Y LA VIDA DE LOS TRABAJADORES EN EL SECTOR MINERO,» Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, 2019.
- [46] J. P. Fernandez, «ENERGIMINAS,» 03 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://energiminas.com/del-2000-al-2019-hubo-1036-accidentes-mortales-en-el-sector-minero-peruano/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2020].

- [47] Editor Tiempo Minero, «Los accidentes en minería: ¿cómo se pueden evitar?», Tiempo Minero, 08 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://camiper.com/tiempominero/los-accidentes-en-mineria-como-se-puede-evitar/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].
- [48] M. Giraldo y B. Juana, «Implicancias técnicas y económicas de los accidentes mortales en la minería peruana,» *Instituto de Investigación (RIIGEO)*, vol. XVIII, n° 35, pp. 97-107, 2015.
- [49] M. Riveros, «Costo de accidentes en la minería equivale al 4% del PBI nacional,» *Economía y Negocios*, 20 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=102192>. [Último acceso: 21 Noviembre 2020].
- [50] Osinergmin , «Boletín Estadístico de la Gerencia de la Supervisión Minera,» Osinergmin -GSM, Lima, 2019.
- [51] Universidad Complutense Madrid, «Fatiga Laboral: Conceptos y Prevención,» Universidad Complutense Madrid, Madrid, 2006.
- [52] B. Pedraz Petrozzi, «Fatiga: historia, neuroanatomía y características psicopatológicas. Una revisión de la Literatura,» *Scielo*, vol. VIII, n° 3, pp. 174-182, 2018.
- [53] A. L. Quevedo, A. Lubo Palma y M. Montiel Quintero, «Fatiga laboral y condiciones ambientales en una planta de envasado de una industria cervecera,» *Salud de los trabajadores*, vol. XIII, n° 1, pp. 37-44, 2005.
- [54] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo , «La carga mental del trabajo,» INSHT Madrid , Madrid, 2002.
- [55] The University of Western, «Fatigue management,» The University of Western, Australia, 2008.
- [56] M. N. Vanessa Thomaé y E. A. Ayala, «Etiología y prevención del síndrome de burnout en los trabajadores de la salud,» *Posgrado de la Catedra de Medicina*, vol. VI, n° 15, pp. 18-21, 2006.
- [57] J. Rey de Castro Mujica y E. Rosales Mayor , «Somnolencia y cansancio durante la conducción: accidentes de tránsito en las carreteras del Perú,» *Scielo*, vol. XXVI, n° 26, pp. 1728-5917, 2009.

- [58] Tecnología Minera, «Seguridad minera: ¿Como prevenir accidentes por somnolencia o fatiga?,» Tecnología Minera, 25 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://tecnologiaminera.com/noticia/seguridad-minera-como-prevenir-accidentes-por-somnolencia-o-fatiga-1600843445>. [Último acceso: 25 Noviembre 2020].
- [59] Gauss Control, «Transporte y fatiga: el gran desafío de la minería,» Gauss Control, 20 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://gausscontrol.com/transporte-y-fatiga-el-gran-desafio-de-la-mineria/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2020].
- [60] Real Academia Española, «Real Academia Española,» RAE, 2014. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/distracci%C3%B3n>. [Último acceso: 2 Noviembre 2020].
- [61] Fundación RACC, «La distracción de los conductores: un riesgo no percibido,» Fundación RACC, Barcelona, 2008.
- [62] Organización Mundial de la Salud, «Uso del celular al volante: Un problema de distracción del conductor,» Organización Mundial de la Salud, Bélgica, 2011.
- [63] J. Valcárcel, «Distracciones al volante,» Dirección General de Tráfico, Madrid, 2008.
- [64] E. Rosales Mayor, «Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide,» *Scielo*, vol. 27, nº 2, pp. 20-30, 2010.
- [65] D. Escobar Barrera, «Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina,» Universidad Autonoma de México, México, 2017.
- [66] Mercedes Benz, «Transporte de máxima potencia,» Mercedes Benz, Lima, 2017.
- [67] Factum Consultores, «Seminario de actualización laboral,» Factum Consultores, Lima, 2019.
- [68] F. Zeballos, «Qué es un experto,» Universidad Católica de Uruguay, Uruguay, 2015.
- [69] J. M. Gutiérrez, «Sistemas expertos basados en reglas,» Universidad de Cantabria , Santander, 2017.
- [70] V. Cerverón, «Concepto sobre procesamiento de transacciones,» Universidad de Valencia, Valencia, 2006.

- [71] UTEC, «UTECE,» UTEC, 17 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.utec.edu.pe/blog-de-carreras/ingenieria-industrial/identificacion-de-peligros-evaluacion-de-riesgos-y-medidas-de-control-iper#:~:text=Identificaci%C3%B3n%20de%20Peligros%2C%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Riesgos%20y%20Medidas%20de%20Control%20%E2%8>. [Último acceso: 24 Febrero 2021].
- [72] ISOTOOLS EXCELLENCE, «ISOTOOLS EXCELLENCE,» ISOTOOLS EXCELLENCE, 2 Agosto 2016. [En línea]. Available: [https://www.isotools.org/2016/08/02/ssoma-seguridad-salud-medio-ambiente/#:~:text=El%20principal%20objetivo%20de%20SSOMA,prevenir%20y%20controlar%20los%20riesgos.&text=Una%20empresa%20puede%20elegir%20implantarlo,Gesti%C3%B3n%20Ambiental%20\(ISO%2014001\)..](https://www.isotools.org/2016/08/02/ssoma-seguridad-salud-medio-ambiente/#:~:text=El%20principal%20objetivo%20de%20SSOMA,prevenir%20y%20controlar%20los%20riesgos.&text=Una%20empresa%20puede%20elegir%20implantarlo,Gesti%C3%B3n%20Ambiental%20(ISO%2014001)..) [Último acceso: 24 Febrero 2021].
- [73] GOLDFIELDS, «SSYMA,» GOLDFIELDS, 2017. [En línea]. Available: <https://www.goldfields.com.pe/ssyma.html#:~:text=SSYMA%20%2D%20Sistema%20Integrado%20de%20Gesti%C3%B3n,y%20Medio%20Ambiente%20%2D%20Gold%20Fields.> [Último acceso: 24 Febrero 2021].
- [74] Hexagon, «Hexagon Mining,» Hexagon Mining, 11 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://hexagon.com/about/divisions/mining.> [Último acceso: 24 Febrero 2021].
- [75] GOLDFIELDS, «MANUAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE,» GOLDFIELDS, Cajamarca, 2017.
- [76] S. Blacutt, «United States Patent». Estados Unidos Patente US 9198575 B1, 01 Diciembre 2015.
- [77] M. Flores y J. Armingol, «Sistema Avanzado de Asistencia a la Conducción para la Detección de la Somnolencia,» *ScienceDirect*, vol. 8, n° 2, pp. 216-228, 2011.
- [78] ASE Supply inc., «ASE Supply,» 30 Diciembre 2020. [En línea]. Available: https://www.ase-supply.com/Sure_Power_21012C10_DC_to_DC_Converter_p/sp-21012c10.htm. [Último acceso: 01 Enero 2021].
- [79] Hexagon Minig, «Serious About Safety,» Hexagon Minig, Denver, 2017.

- [80] A. Tomás, «Antenas Gsm,» 02 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://antoniotomas.blogspot.com/2015/05/antenas-gps-y-antenas-gps-multifuncion.html>. [Último acceso: 01 Enero 2021].
- [81] Olympian, «Olympian Led Displays,» 19 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://olympianled.com/product/sierra-wireless-airlink-raven-rv50x-1103052/>. [Último acceso: 01 Enero 2021].
- [82] F. A. Durán, «Ingeniería de Métodos,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2007.
- [83] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado y P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigacion, 6ta Edición, Perú, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: TABLA DE LA FIGURA 13, ACCIDENTES MORTALES 2000 - 2019

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
2000	6	4	2	3	3	6	8			7	8	7	54
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2012	2	6	9	2	4	2	5	5	3	8	4	4	54
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2		1	7	32
2015	5	2	7	2		2	1	2	2	3	3		29
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2017	5	5	3	2	5	2	3	4	1	8		2	40
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2019	4	2	1	4	4	3	3	3	3	1	6	6	40
Total	105	119	90	80	83	87	88	81	67	88	81	71	1.040

ANEXO 2: FORMATO PARA LA LISTA DE HERRAMIENTAS

MUR		Lista de Maquinaria / Equipo / Herramienta		FOLIO:
Nombres y Apellidos del encargado:				FECHA:
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION DE MAQUINARIA / EQUIPO / HERRAMIENTA	CANT.	SERIE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

NOMBRE DEL SOLICITANTE	Firma	NOMBRE SUPERVISOR HABER	Firma

ANEXO 3: FORMATO DE IPERC



IPERC CONTINUO

GOLD FIELDS

U.E.A. CAROLINA I
CERRO CORONA

Código: SSYMA-P02.03-F01

Versión: 04

Fecha de aprob.: 2011/2018

DATOS DE TRABAJADORES:

FECHA	HORA	ÁREA GENERAL	APELLIDOS Y NOMBRE	FIRMA
16-08-19	7:00	Mina	Soto Chávez, Hernán	<i>[Firma]</i>

ÁREA DE EJECUCIÓN DE LA TAREA: *Taller de Mantenimiento - Arpón*

¿QUÉ TAREA VA A LLEVAR A CABO?: *Instalación del Sistema OpGuard*

¿SE REVISÓ EL IPERC BASE? SI NO

DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	NIVEL DEL RIESGO RESIDUAL		
		A	M	S		A	M	S
Área de trabajo	Caidos, resbalones y tropiezos		✓		Orden y limpieza.			✓
Herramientas	Golpes y Cortes		✓		Inspección de herramientas			✓
Subido y bajado del equipo	Caidos a desnivel		✓		Uso de puntos de Apoyo			✓
Salida y entrada de vehiculos	A tropezos.		✓		Estar atentos al desplazarse.			✓
Ruido	daños a los oidos		✓		Usar el EPP adecuado			✓
Productos Químicos	Inhalación de Monóxido de Carbono		✓		Uso de EPP Adecuado			✓

Página 1 de 2

ANEXO 4: FICHA DE REGISTRO DE DATOS

FECHA: ____/____/____.

OBJETIVO: Identificar la cantidad de accidentes que hubo anteriormente antes que se implemente el sistema antifatiga en el proyecto

Registro de Accidente / Incidente		Fecha:
1. Datos del suceso		
Dentro de la empresa:	Fuera de la empresa:	
Descripción del accidente		Hora:
2. Consecuencias		
Sin lesiones <input type="checkbox"/>	Grado de la lesión	
	leve <input type="checkbox"/>	grave <input type="checkbox"/>
	muy grave <input type="checkbox"/>	mortal <input type="checkbox"/>

ANEXO 5: FICHA DE OBSERVACIÓN

OBJETIVO: Identificar la cantidad de eventos de microsueño de cada uno de los operadores involucrados en el proyecto

DATOS GENERALES:

Puesto: _____

FICHA DE OBSERVACION PARA LA RECOLECCION DE DATOS				
Fecha:	Operador N° 1			
	GUARDIA:		VOLQUTE N°1	
TIPOS DE EVENTOS / CANTIDAD DE EVENTOS	DISTRACCIÓN POR CELULAR	DISTRACCIÓN POR VOLTEAR DE UN LUGAR	CANTIDAD DE BOSTEZOS	CANTIDAD DE PESTAÑEOS
CANTIDAD DE EVENTOS TURNO DÍA				
CANTIDAD DE EVENTOS TURNO NOCHE				
CANTIDAD DE EVENTOS TURNO NOCHE				

ANEXO 6: CUADRO DE RESUMEN DE ACCIDENTES

1. CUADRO RESUMEN DEL PRE TEST DE ACCIDENTES POR FATIGA Y DISTRACCIÓN

Fecha	Cuadro Resumen de Eventos Pre-Test			
Año 2019	Accidente	Incidente	Por Fatiga	Por Distracción
	X			X
	X			X
		X	X	
	X			X
	X		X	
		X		X
		X		X
		X	X	
	X			X
	X			X
		X		X
	X			X
	X			X
		X		X
	X			X
	X		X	
	X		X	
		X		X
	X			X
	X		X	
Total	12	8	5	15

2. CUADRO RESUMEN DEL POST TEST DE ACCIDENTES POR DISTRACCIÓN Y FATIGA

Fecha	Cuadro Resumen de Eventos Post-Test			
Año 2020	Accidente	Incidente	Por Fatiga	Por Distracción
	X			X
	X			X
	X			X
Total	3	0	0	3

ANEXO 7: FICHA DE ENCUESTA PARA USUARIOS DEL SISTEMA

OBJETIVO: La presente encuesta tiene como finalidad recolectar información para el análisis de la satisfacción y funcionalidad del sistema OpGuard aplicada a las personas que usaran el sistema, así como también operadores.

Puesto: _____

INSTRUCCIONES: estimado le agradecemos leer cuidadosamente y responder las siguientes preguntas, marcando con un aspa (X) dentro del recuadro correspondiente:

Grado de satisfacción

1. ¿Los datos solicitados para ingresar al sistema son entendibles?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

2. ¿La interfaz del sistema en general es entendible o amigable?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

3. ¿Los reportes y listados brindados por el sistema OpGuard son fáciles de interpretar?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

4. ¿Es fácil de hacer el monitoreo de cada uno de los operadores y saber quién está fatigado?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

5. ¿La interfaz del sistema es amigable y con fácil funcionalidad, rápido de aprender?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

ANEXO 8: FICHA DE ENCUESTA PARA OPERADORES DE VOLQUETE

Puesto: _____

INSTRUCCIONES: estimado le agradecemos leer cuidadosamente y responder las siguientes preguntas, marcando con un aspa (X) dentro del recuadro correspondiente:

1. ¿Considera que el sistema es una buena opción ante la fatiga del operador?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

2. ¿Está satisfecho con el sistema antifatiga instalado en su cabina?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

3. ¿Está satisfecho con la rapidez y seguridad de alarmas que arroja el sistema cuando usted está fatigado?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No contesta

4. ¿Considera que el sistema es una alternativa para la reducción de accidentes?

- Siempre

A veces

Nunca

No contesta

5. ¿Está satisfecho con el monitoreo que le hace el sistema?

Siempre

A veces

Nunca

No contesta

ANEXO 9: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Sino Angulo Paz
 1.2. Especialidad: Ingeniería de Minas
 1.3. Cargo actual: Supervisor Senior de Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
 1.4. Grado académico: Maestría en Ingeniería de Minas
 1.5. Institución: Mur Wy S.A.C - Proyecto Cerro Corona
 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de Encuesta
 1.7. Lugar y fecha: Cerro Corona (Hualgayoc) - 22 de junio 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coefficiente de valoración porcentual: $c = 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....


 Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Gino Ángulo Paz
- 1.2. Especialidad: Ingeniería de Minas
- 1.3. Cargo actual: Supervisor Senior de Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
- 1.4. Grado académico: Maestría en Ingeniería de Minas
- 1.5. Institución: Mur WY S.A.C - Cerro Corona
- 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de Cotejo
- 1.7. Lugar y fecha: Cerro Corona (Hualgayoc) - 22 de Junio 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica		X				
10	Basado en aspectos teóricos		X				
	Total	40	10				

Coeficiente de valoración porcentual: $c = \dots 96\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....

.....

.....

.....

.....



Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Gino Águilo Paz
 1.2. Especialidad: Ingeniería de Minas
 1.3. Cargo actual: Supervisor Senior de Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
 1.4. Grado académico: Maestría en Ingeniería de Minas
 1.5. Institución: Mur WY S.A.C - Proyecto Cerro Corona
 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de Observación
 1.7. Lugar y fecha: Cerro Corona (Hualgayoc) - 22 de junio 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio		X				
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
Total		45	5				

Coefficiente de valoración porcentual: $c = 98\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....


 93970

 Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Gino Ángulo Paz
 1.2. Especialidad: Ingeniería de Minas
 1.3. Cargo actual: Supervisor Senior en Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
 1.4. Grado académico: Maestría en Ingeniería de Minas
 1.5. Institución: Mur WY S.A.C - Proyecto Cerro Corona
 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de registro de datos
 1.7. Lugar y fecha: Cerro Corona (Hualgayoc) - 22 de junio 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coefficiente de valoración porcentual: $c = \dots 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....


 Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Gino Ángulo Paz
- 1.2. Especialidad: Ingeniería de Minas
- 1.3. Cargo actual: Supervisor Senior en Seguridad Salud Ocupacional y Medio Ambiente
- 1.4. Grado académico: Maestría en Ingeniería de Minas
- 1.5. Institución: Mur WY S.A.C - Proyecto Cerro Corona
- 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de registro
- 1.7. Lugar y fecha: Cerro Corona (Hualga y oc) - 22 de junio 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coeficiente de valoración porcentual: $c = \dots 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....

.....

.....

.....



 Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: JOSÉ ALFONSO BRAVO CASTRO
- 1.2. Especialidad: ADMINISTRADOR DE REDES Y COMUNICACIONES
- 1.3. Cargo actual: JEFE DEL AREA DE SISTEMAS
- 1.4. Grado académico: INGENIERO DE SISTEMAS
- 1.5. Institución: CERRO CORONA - TUR WY S.A.C
- 1.6. Tipo de instrumento: FICHA DE ENCUESTA
- 1.7. Lugar y fecha: CERRO CORONA (HUALGAYOC) - 23/07/2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable		X				
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	45	5				

Coeficiente de valoración porcentual: $c = \frac{45}{46} = 98\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....

.....

.....

.....

Firma y sello del Experto



FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: JOSÉ ALFONSO BRAVO CASTRO
 1.2. Especialidad: ADMINISTRADOR DE REDES Y COMUNICACIONES
 1.3. Cargo actual: JEFE DEL AREA DE SISTEMAS
 1.4. Grado académico: INGENIERO DE SISTEMAS
 1.5. Institución: CERRO CORONA - MUR WY SAC
 1.6. Tipo de instrumento: FICHA DE OBSERVACION
 1.7. Lugar y fecha: CERRO CORONA (HUALGAYOC) - 23.10.7/2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio		X				
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable		X				
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	40	10				

Coeficiente de valoración porcentual: $c = 96\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....



Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: JOSE ALFONSO BRAVO CASTRO
- 1.2. Especialidad: ... ADMINISTRADOR DE REDES Y COMUNICACIONES
- 1.3. Cargo actual: ... JEFE DEL AREA DE SISTEMAS
- 1.4. Grado académico: ... INGENIERO DE SISTEMAS
- 1.5. Institución: ... MUR WY S.A.C - CERRO CORONA
- 1.6. Tipo de instrumento: ... FICHA DE COTEJO
- 1.7. Lugar y fecha: ... CERRO CORONA (HUALGAYOC) - 23/07/2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coeficiente de valoración porcentual: $c = \dots\dots\dots 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....

.....

.....

.....

.....

 Firma y sello del Experto

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: JOSÉ ALFONSO BRAVO CASTRO
- 1.2. Especialidad: ADMINISTRADOR DE REDES Y COMUNICACIONES
- 1.3. Cargo actual: JEFE DEL ÁREA DE SISTEMAS
- 1.4. Grado académico: INGENIERO DE SISTEMAS
- 1.5. Institución: MUE WY S.A.C - CERRO CORONA
- 1.6. Tipo de instrumento: FICHA DE REGISTRO DE DATOS
- 1.7. Lugar y fecha: CERRO CORONA (HUALAYOC) - 23/07/2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coeficiente de valoración porcentual: $c = \dots\dots\dots 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....

.....
 Firma y sello del Experto: 

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: JOSÉ ALFONSO BRAVO CASTRO
 1.2. Especialidad: ADMINISTRADOR DE REDES Y COMUNICACIONES
 1.3. Cargo actual: JEFE DEL ÁREA DE SISTEMAS
 1.4. Grado académico: INGENIERO DE SISTEMAS
 1.5. Institución: MUR WY S.A.C - CERRO CORONA
 1.6. Tipo de instrumento: FICHA DE REGISTRO
 1.7. Lugar y fecha: CERRO CORONA (HUALCAYOC) - 23/07/2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
	Total	50					

Coefficiente de valoración porcentual: $c = 100\%$

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

.....



.....
 Firma y sello del Experto

ANEXO 10: COEFICIENTE DE VALIDACIÓN APLICADO A LAS ENCUESTA

1. COEFICIENTE DE ALFA DE CRONBACH APLICADA A LA ENCUESTA POR USUÁRIO

UE*	P1	P2	P3	P4	P5	SUMA
1	2	2	2	2	2	10
2	2	3	3	2	2	12
3	3	2	2	3	3	13
4	3	3	3	3	3	15
Var	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	1.6667
Varianza de los totales						4.3333
Alfa de Cronbach					0.77	
Número de elementos (UE)					4	

Como se muestra en la tabla el coeficiente del Alfa de Cronbach es 0.77 lo cual se considera aceptable según el coeficiente de Cronbach que según teoría sugiere que 0,25 indica una baja confiabilidad, 0,50 es media o regular, si supera el 0,75 es aceptable y si es mayor de 0,90 es elevada [83].

2. COEFICIENTE DE ALFA DE CRONBACH APLICADA A LA ENCUESTA POR OPERADOR

UE *	P1	P2	P3	P4	P5	SUMA
1	2	2	2	3	2	11
2	3	2	2	3	2	12
3	3	3	3	3	3	15
4	2	2	2	3	2	11
5	3	3	3	3	3	15
6	2	2	2	3	3	12
7	3	3	3	3	3	15
8	3	3	3	3	3	15
9	3	3	3	3	3	15
10	2	2	2	2	2	10
11	3	3	2	2	2	12
12	3	3	3	3	3	15
13	2	2	2	2	2	10
14	2	3	3	2	2	12
15	3	2	2	3	2	12
16	3	2	2	3	2	12
17	3	3	3	2	2	13
18	2	2	3	3	3	13
19	3	2	2	2	3	12
20	3	3	3	2	2	13
Var	0.268	0.286	0.286	0	0.268	1.1071
Varianza de los totales						3.6429
Alfa de Cronbach					0.87	
Número de Elementos (UE)					20	

Como se muestra en la tabla el coeficiente del Alfa de Cronbach es 0.87 lo cual se considera aceptable para nuestro cuestionario que se realizó a cada uno de los operadores de camión volquete.

ANEXO 11: TABLA DE LA GENERAL ELECTRIC PARA MEDIR LA CANTIDAD DE CICLOS A ESTUDIAR

Duración del ciclo en minutos	Número de ciclos a estudiar
0.1	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1	30
2	20
2.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
40 en adelante	3

Esta tabla muestra la cantidad de ciclos que se se utilizo para medir la cantidad de observaciones por operador, como la duración de la observacion fue, mas de cuarenta minutos por lo tanto se tomo el estudio de 3 ciclos u observaciones que se tiene que hacer a cada uno de los operadores. De acuerdo a esta tabla se tomo un ciclo en el turno dia y dos ciclos para el turno noche ya que la fatiga es, mas insidiosa en la noche y asi obtener mejores resultados.

ANEXO 12: REGISTRO DE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

Equipo	Funcionalidad en los equipos		
	Funciona	No funciona	Condición
VL-356	●	●	Operativo
VL-360	●	●	Operativo
VL-338	●	●	Operativo
VL-339	●	●	Operativo
VL-365	●	●	Operativo
VL-391	●	●	Operativo
VL-340	●	●	Operativo
VL-342	●	●	Operativo
VL-345	●	●	Operativo
VL-380	●	●	Operativo
VL-354	●	●	Operativo
VL-352	●	●	Operativo
VL-343	●	●	Operativo
VL-346	●	●	Operativo
VL-353	●	●	Operativo
VL-361	●	●	Operativo
VL-381	●	●	Operativo
VL-344	●	●	Operativo
VL-393	●	●	Operativo
VL-383	●	●	Operativo
Total	20	0	0

Como se puede apreciar en tabla siguiente los 20 sistemas funcionan, por lo tanto se verifica que es el 100% de equipos funcionando despues del despliegue e implementación del sistema.

ANEXO 13: REGISTRO DE LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA

Equipo	Actualización de cada equipo	
	C/5min	más de 5 min
VL-356	✓	✗
VL-360	✓	✗
VL-338	✓	✗
VL-339	✓	✗
VL-365	✓	✗
VL-391	✓	✗
VL-340	✓	✗
VL-342	✓	✗
VL-345	✓	✗
VL-380	✓	✗
VL-354	✓	✗
VL-352	✓	✗
VL-343	✓	✗
VL-346	✓	✗
VL-353	✓	✗
VL-361	✓	✗
VL-381	✓	✗
VL-344	✓	✗
VL-393	✓	✗
VL-383	✓	✗
Total	20	0

De igual manera sucedio con la actualizacion del sistema cada uno de ellos actualiza en el tempo establecido dando asi un resultado del 100% de equipos actualizando correctamente.

ANEXO 14: GESTIÓN SSYMA

SSYMA GENERAL DE TODOS LOS PROCEDIMIENTOS QUE SE TOMA EN CUENTA PARA LOS DIFERENTES TRABAJOS QUE SE REALIZA EN LA OPERACIÓN MINERA.

El procedimiento de implementación se tomó de la gestión SSYMA del proyecto minero Cerro Corona, específicamente de la tercera pestaña donde encontramos todos los procedimientos de administración del sistema como se ve en este anexo.



Dentro de esta pestaña están todos los procedimientos que tiene la gestión. Para ser más específicos abordaremos el primer procedimiento (Criterios SSYMA) que nos mapea los criterios que se debe tomar en cuenta de acuerdo al trabajo que se haga. Según el código SSYMA que aparece en nuestro procedimiento es el SSYMA-P02.01 (Gestión de Riesgos); se tomó este procedimiento porque se quiere gestionar el riesgo que existe en los operadores por la fatiga que se presenta en cada uno de ellos. Lo podemos visualizar en la imagen a continuación:

SSYMA

Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

MANUAL SSYMA +

POLÍTICAS DEL SISTEMA INTEGRADO +

PROCEDIMIENTOS DE ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA +

Procedimientos de Administración del Sistema

- LYC-P-80_V04 Criterios SSYMA para proveedores
- SSYMA-P02.01 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
- SSYMA-P02.02 Gestión de SSYMA
- SSYMA-P02.03 IPERC continuo y Análisis de Trabajo Seguro (ATS)
- SSYMA-P02.04 Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro
- SSYMA-P02.05 Gestión de Requisitos Legales y Otros
- SSYMA-P02.06 Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales
- SSYMA-P02.08 Revisión Energética
- SSYMA-P02.09 Cálculo de la Línea Base de la Energía
- SSYMA-P02.10 Elaboración y Revisión del balance Energético

 <p>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-</p> <p>CRITERIOS DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA PARA CONTRATISTAS Y PROVEEDORES</p>	U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	Código: LYC-P-80
	Versión 05
	Página 4 de 9

Alcance	Código	Nombre del documento
Todo Servicio en General	SSYMA-M01.01	Manual del Sistema Integrado de Gestión SSYMA
	SSYMA-P02.01	Gestión de Riesgos
	SSYMA-P02.02	Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente
	SSYMA-P02.03	IPERC Continuo y Análisis de Trabajo Seguro (ATS)
	SSYMA-P02.04	Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro
	SSYMA-P02.16	Gestión del Cambio
	SSYMA-P03.02	Gestión y Evaluación de Contratistas
	SSYMA-P03.03	Capacitación
	SSYMA-P03.05	Reuniones Grupales
	SSYMA-P03.06	Comunicación
	SSYMA-P03.12	Sugerencias
	SSYMA-P03.07	Participación y Consulta
	SSYMA-P03.08	Creación, Actualización y Control de Documentos y Registros
	SSYMA-P03.09	Preparación y Respuesta a Emergencias
	SSYMA-P04.01	Evaluación y Monitoreo del Desempeño
	SSYMA-P04.02	Inspecciones
	SSYMA-P04.03	Observaciones
	SSYMA-P04.04	Salud Ocupacional e Higiene Industrial
	SSYMA-P04.05	Gestión de Incidentes de Seguridad y Salud Ocupacional
	SSYMA-P20.03	Células de Trabajo
	SSYMA-P20.04	Prevención del Contagio por COVID-19 en Cerro Corona
	SSYMA-P20.05	Gestión de Fatiga
	SSYMA-P20.06	Cuidado de la Salud Mental y Emocional

Y el formato que se mostró para este tipo de trabajos es el que se presenta a continuación:



Procedimientos de Administración del Sistema

- LVC-P-80_V04 Criterios SSYMA para proveedores
- SSYMA-P02.01 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
- SSYMA-P02.02 Gestión de SSYMA
- SSYMA-P02.03 IPERC continuo y Análisis de Trabajo Seguro (ATS)
- SSYMA-P02.04 Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro
- SSYMA-P02.05 Gestión de Regulatorios Legales y Otros
- SSYMA-P02.06 Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales
- SSYMA-P02.08 Revisión Energética
- SSYMA-P02.09 Cálculo de la Línea Base de la Energía
- SSYMA-P02.10 Elaboración y Revisión del balance Energético
- SSYMA-P02.11 Seguimiento y Medición Energética
- SSYMA-P02.12 Gestión y Registro de Stakeholders
- SSYMA-P02.13 Gestión de Compromisos Sociales
- SSYMA-P02.14 Proyectos de Innovación
- SSYMA-P02.15 Contexto de la Organización
- SSYMA-P02.16 Gestión del Cambio
- SSYMA-P03.01 Recursos, Funciones, Responsabilidad y Autoridad
- SSYMA-P03.02 Gestión y Evaluación de Contratistas
- SSYMA-P03.03 Capacitación
- SSYMA-P03.05 Reuniones Grupales
- SSYMA-P03.06 Comunicación
- SSYMA-P03.07 Participación y Consulta
- SSYMA-P03.08 Creación, Actualización y Control de la Información Documentada
-  SSYMA-P03.09 Preparación y Respuesta a Emergencias
- SSYMA-P03.10 Selección y evaluación del personal
- SSYMA-P03.11 Atención y resolución de quejas y reclamos
- SSYMA-P03.12 Sugerencias
- SSYMA-P03.14 Gestión de Controles Críticos
- SSYMA-P03.15 Gestión del Comportamiento
- SSYMA-P03.17 Gestión de Fatiga
- SSYMA-P04.01 Evaluación y Monitoreo Del Desempeño
- SSYMA-P04.02 Inspecciones Internas
- SSYMA-P04.03 Observaciones
- SSYMA-P04.04 Salud Ocupacional e Higiene
- SSYMA-P04.05 Gestión de Incidentes de Seguridad y Salud Ocupacional
- SSYMA-P04.06 Gestión de Acciones Preventivas y Correctivas
- SSYMA-P04.07 Auditoría

 AUDITORIA ESTANDAR DE CONTROL CRÍTICO (AECC) GESTIÓN FATIGA 	U.E. CAROLINA I
	CERRO CORONA
	Código: SSYMA-P03.14-F38
	Versión: 01
Fecha de aprob.: 17/05/2021	

Requerir			
1. Responder toda la progunta.			
Fecha:			
Nombre del Verificador(es)	Firma	Área	Garantía

MUE : Perdida de control del equipo		
1.- Cual es el nombre del Control Crítico?		
Gestión de Fatiga		
2.- Cuales son sus objetivos específicos relacionados con el MUE?		
Asegurar el buen estado físico mental de los conductores con la finalidad de evitar la perdida de control de vehículos y equipos por fatiga		
3.- Cuales son los requerimientos de desempeño de los controles críticos para cumplir los objetivos?	4.- Cuales son las actividades que apogan o habilitan el control crítico?	5.- Que actividades puede ser chequeada para verificar el desempeño del control crítico?
Procedimiento de Gestión de Fatiga	Curso de Gestión de Fatiga	Registro de participación de Gestión de Fatiga
Cumplimiento del Plan de Gestión de Riesgos de Fatiga	Capacitación y sensibilización para mitigar la Fatiga	Cronograma de Capacitación y evidencia de registro de capacitaciones.
	Identificar puestos con alto nivel de exposición a riesgos de fatiga	Registros de evaluación para identificar posiciones de riesgos de fatiga
	Las posiciones críticas(anexo 2) realizan el Test de autoevaluación de Fatiga	Evidencia de registros de Test de autoevaluación

ANEXO 15: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



