

4. SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

Resumen: Las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC's), han fortalecido la transformación y evolución sistemática de las empresas, produciendo variantes trascendentales en el uso de las nuevas tecnologías y el impulso hacia la tendencia de innovar en los ámbitos del sector económico, productivo y social. En el área de mantenimiento muchas empresas llevan sus registros en papel o en software no especializado y aunque tienen la información, no pueden acceder fácilmente a

J. E. CADENA-CLAVIJO¹, R. HROSS JURGSCHAT², H. F. MARTINEZ³
jcadena@sena.edu.co; rhross@umacosa.com; martinezh@misena.edu.co

¹Red Tecnoparque Colombia Nodo Cali, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

²UMACO y Cia S.A.S, Cali- Colombia

³Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN- SENA, GIDEMP, Cali- Colombia

Palabras clave: Mantenimiento correctivo, indicadores, desgaste, mantenimiento, Industria 4.0, Big Data.

registros históricos, ni a registros estadísticos sobre su gestión y muchas veces esta información está dispersa, restándoles competitividad. La plataforma propuesta (SIGIVEC) permite solventar en gran medida estas limitaciones sirviendo como la entrada a la cultura de registro sistemático, en tiempo real y descentralizado, aprovechando las TIC's para realizar inicialmente el registro de los eventos correctivos para que a partir de bases de datos e indicadores el usuario puede indicadores el usuario puede revisar

fácilmente casos similares ocurrido en su empresa, soluciones, recursos, costos, etc, llevándolo a implementar acciones de mejora continua por medio de indicadores medibles para, reducir costos de mantenimiento, vigilar los procesos de mantenimiento y la formulación de análisis en la toma de decisión y sus etapas de desarrollo industrial y permitirle a la empresa pensar en la generación de una cultura de mantenimiento preventivo. Adicionalmente la plataforma funciona como un observatorio tecnológico para el SENA, este ahorra tiempo administrativo en recolectar información, clasificar, analizar y comunicar al sector público y privado información índole general relacionada con mantenimiento, también es un insumo que le permite entre otras direccionar los diseños curriculares de los programas de formación relacionados con mantenimiento. El concepto de software de mantenimiento actual evolucionaría a la tecnología de Big Data en la Nube y sería parte de la revolución industrial conocida como Industria 4.0 enfocado en el intercambio de datos.

1. Introducción

Las empresas en la actualidad se están fortaleciendo en el uso de las nuevas Tecnologías para la transformación sistemática de sus procesos de mantenimiento, direccionado hacia la automatización Tecnológica y centralización de la información. Este ha sido el eje transversal para que las industrias busquen innovar sus actividades organizativas y de gestión, como por ejemplo sistemas automatizados modular interactivo, permitiendo a las empresas obtener en tiempo real indicadores, estadísticas y el comportamiento de los procesos de mantenimiento que en ella se ejercen, con el objetivo de generar un panorama sistemático parcial del flujo de trabajo. Según el estudio de diagnóstico del mantenimiento en Colombia elaborado por ACIEM [1], el área de mantenimiento está asignada a la gerencia en un gran porcentaje para las micro empresas (44%) y pequeñas empresas (30%), así mismo entre los problemas más comunes en la gestión del mantenimiento para estos dos tipos

de empresas están las prácticas administrativas obsoletas, la desarticulación con áreas y la falta de capacitación.

En cuanto a las herramientas usadas para el manejo de la información de mantenimiento [1], las micro-empresas (13%) y pequeñas empresas (17%) utilizan un software de mantenimiento, el resto manejan datos de forma manual ó manejan la gestión con terceros. En este campo algunas empresas recurren al desarrollo de software por medio de tesis de grado como las propuestas de Garzón y Ramírez [2], Pérez y Posada [3] entre otros.

En cuanto al tipo de mantenimiento más utilizado este diagnóstico muestra que el mantenimiento correctivo de emergencia y el correctivo programado se encuentra alrededor del 50%. La gran cantidad de empresas que manejan la información de manera manual, o por medio de terceros nos indica una oportunidad para el desarrollo de software orientado en manteni-

miento, es importante notar que el software especializado de mantenimiento puede ser costoso y requiere personal capacitado.

La falta de capacitación se observa como una oportunidad para tener un observatorio con el fin de recolectar las necesidades de capacitación de acuerdo con el estado tecnológico de las empresas, permitiendo ofrecer capacitación a la medida y necesidades actuales, pero sin descuidar que estos datos son un insumo para realizar prospectiva tecnológica en el área de formación.

En efecto, la tecnología de hoy representa una oportunidad para generar beneficios que pueden encaminar hacia crecimiento económico, la productividad y la toma de decisiones. En los gobiernos de los países de América Latina y del Caribe han procurado la articulación de los esfuerzos de distintos actores y sectores institucionales, públicos y privados, para superar el déficit de conectividad y promover el desarrollo con el apoyo de las nuevas TIC [7].

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

Las tecnologías de la información es parte fundamental para identificar aspectos relevantes en los procesos industriales y empresariales, sea desde la automatización, producción, maquinaria y mantenimiento. De esta manera la innovación y a la adaptación a los cambios tecnológicos permitirán demostrar que, a través de medios y recursos informáticos, las industrias lograrán identificar aspectos importantes desde el área del mantenimiento, impulsando hacia el crecimiento económico y reducción de costos.

Mas, M. hace alusión a las TIC como el constructivo de las SC porque “hacen posible la producción y gestión de la información a gran escala y bajo coste. Solo representan contribución significativa a la riqueza de una unidad económica, (consumidor, empresa o institución) cuando dicha información ha sido depurada, analizada y presentada de forma que su contenido sea asimilable por otros

usuarios potenciales” [7]. Las empresas actualmente hacen uso considerablemente de herramientas tecnológicas para registrar aspectos técnicos del mantenimiento ignorando el seguimiento y comportamiento del mantenimiento de los equipos, maquinaria entre otras.

La intención de este proyecto es brindar un software con el objetivo de llevar control y seguimiento de los procesos de mantenimiento integrado en un sistema de gestión de la información que les permita consolidar la data por fallas más comunes que se presentan sean por desgaste y otros factores de ciclo de vida, esto para reducir los costos económicos, toma de decisiones y análisis de información para el observatorio del comportamiento industrial y empresarial.

De esta forma, es importante contar con herramientas que permitan realizar análisis a profundidad sobre los casos en donde intervenga el área de

mantenimiento correctivo, tener una base para determinar los procesos en donde el impacto sobre cualquier actividad del mantenimiento sea mayor y poder brindar herramientas a la industria de cómo mejorar la administración de activos y cómo enfrentarlos de forma eficiente, tal como lo menciona Sani Lema, W. J., & David, C. (2016), “es obligatorio prestar una atención especial sobre esta actividad, debido a que las empresas, con el objetivo de aumentar su capacidad productiva, utiliza cada vez más la tecnología y equipos modernos, realizando una enorme inversión”[10]

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

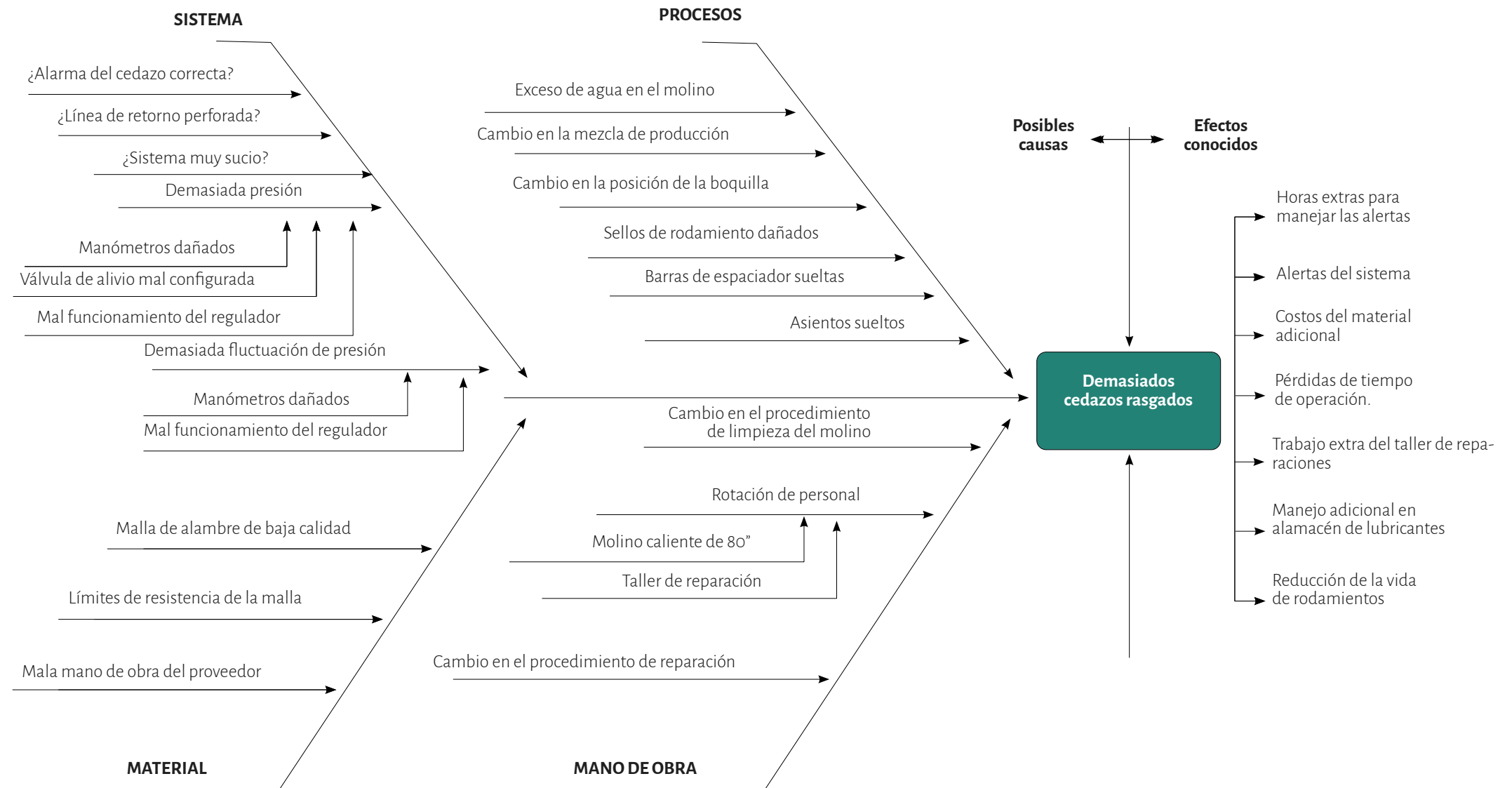


Figure 1. Ejemplo de un diagrama Ishikawa de la falla de un cedazo de un sistema de lubricación [4]

2. Metodología

En el desarrollo del presente estudio se emplea la metodología aplicada para el análisis y evaluación de la información que se obtuvo por usuarios técnicos y administradores en el mantenimiento correctivo, la cual se caracteriza en 7 fases:

- Estudio observatorio de los procesos de mantenimiento
- Criterios y variables de estudios
- Diagrama de flujo relacional de la información
- Entidad relación de las bases de datos
- Implementación técnica del software
- Prueba piloto
- Análisis y presentación de resultados.

Para llevar a cabo las fases de exploración se implementó las etapas que propone García en su libro [6], para realizar una investigación tecnológica aplicada al caso de estudio, observar, determinar el problema, documentar, reflexionar, elaboración del proyecto de intervención, valorar y comunicar. El software se desarrolló bajo los

siguientes principios de diseño, teniendo en cuenta que los potenciales usuarios están en las micro empresas y pequeñas empresas: cultura de registro, enfoque a eventos correctivos, interfaz intuitiva, palabras claves con definición simple, registro rápido y claro, indicadores sencillos en el dashboard y un observatorio en tiempo real para definir competencias en el sector educativo. Una vez definidos los principios de diseño, el equipo se enfocó en seleccionar y adecuar un lenguaje o glosario de mantenimiento en cuatro áreas: Tipo de fallas, descripción de falla, tipo de máquinas y causa, relacionado con el diagrama de Ishikawa o interpolación de datos[8] (figura 1). Este glosario introduce al usuario en los conceptos típicos de mantenimiento llevándolo a describir mejor los eventos correctivos con el fin de obtener datos útiles para la toma de decisiones. Esta propuesta de software se centra en utilizar una recolección de datos mínima que permite generar en el usuario la comodidad y facilidad

de registrar los eventos de mantenimiento sin necesidad de introducir demasiados datos que repercuten en necesidades elevadas de conocimiento en el manejo del software y capacidades específicas para generar indicadores útiles. Los potenciales usuarios de este software no requieren una capacitación extensiva para su uso, su uso intuitivo permite introducir al usuario neófito en el mundo del mantenimiento y la gestión de registros sin necesidad de utilizar grandes recursos computacionales y horas de capacitación.

Para lograr este objetivo se revisó literatura existente y se realizaron reuniones con profesionales de diferentes disciplinas con el fin de definir un glosario simple que le permita al usuario la navegación intuitiva.

A continuación se numeran las palabras claves seleccionadas en las cuatro áreas:

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

1)Tipo de fallas: El usuario identifica el tipo de falla según su origen: Mecánica, Eléctrica, Electromecánica, Electrónica, Mecatrónica, Locativa-entorno, Química, Biológica, Software, Lubricante, Otro

2)Descripción fallas: El usuario a partir de la observación del evento escoge la mejor palabra que describe la falla: Fractura, Fisura, Fatiga, Deformación, Desgaste mecánico, Oxido, Corrosión, Térmico, Combustión, Adhesión, Contaminación, Abrasión, Humedad, Contacto eléctrico, Contacto mecánico, Evaporación, Descarga eléctrica, Otro.

3)Tipo de máquinas: el usuario escoge el tipo de máquina que mejor describe el equipo que presenta la falla: Maquinado de materiales, Turbina, Generador eléctrico, Motor de combustión, Compresor de aire-vacío, Refrigeración-aire acondicionado, Horno-secado, Transportadora, Elevador, Molino, Cortador, Mezclador, Inyectora, Empacadora, Bomba de líquidos, Automóvil, Camión, Moto, Otro generador de energía mecánica, Otro transformador de energía mecánica en eléctrica, otro utilizador de energía mecánica, Otro tipo de generador eléctrico, Otro.

4)Causa: El usuario identifica de manera inicial la posible causa de falla, basándose en el diagrama de Ishikawa: Hombre-mano de obra, Maquina-diseño, Entorno-medio ambiente, Material-calidad, Método-mantenimiento, Medida-indicador visual, audible, Materia prima, Insumo, Otro.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

2.1 Diagrama de bloques general

Como la propuesta de software también está dirigida a convertirse en un observatorio, se presenta el diagrama de bloques funcional del software (figura1) y en la figura 2 se plantea el siguiente flujo de información el cual permite a cada empresa conservar sus registros y compartir indicadores globales al observatorio, tal como se observa en la figura 2.

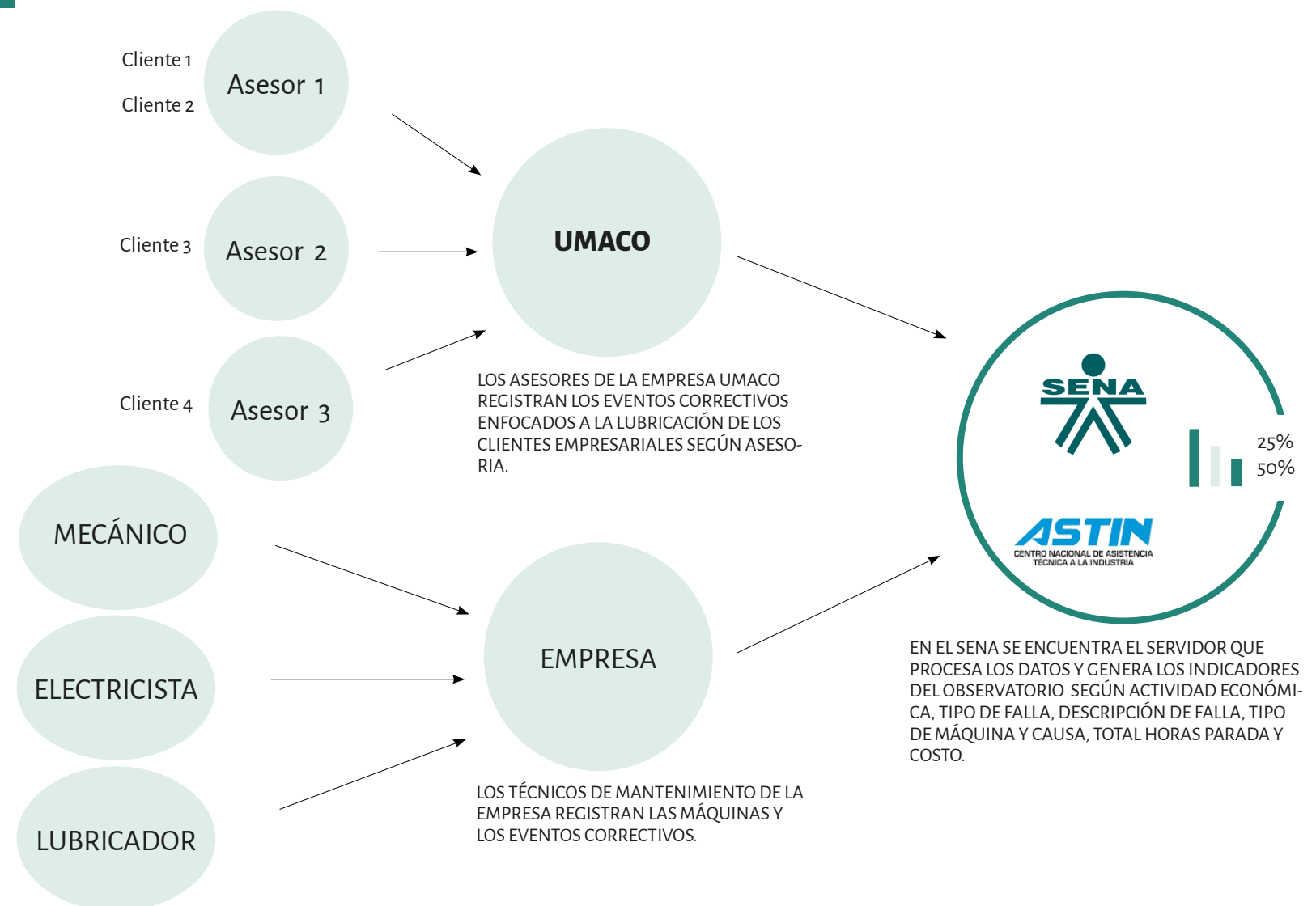


Figura 2. Diagrama general mostrando los bloques funcionales (Usuarios, Empresa y Sena) y su interacción de información

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

2.2 Diagrama de flujo de datos e indicadores

De acuerdo a la figura 3 muestra el flujo de los datos de los eventos correctivos ingresados por los usuarios en equipos portátiles inalámbricos usando la aplicación en la nube, generando indicadores locales de la empresa y transmitiendo los globales al Sena para consulta y análisis. Estos registros electrónicos de eventos correctivos en la nube, constituyen una acción colaborativa máquina –humano, para la transmisión de datos a la comunidad empresarial y educativa; de esta manera se facilita la toma de decisiones para reducir costos de producción y de gestión de calidad. Esto hace parte de los bloques fundamentales de la cuarta revolución industrial [12].

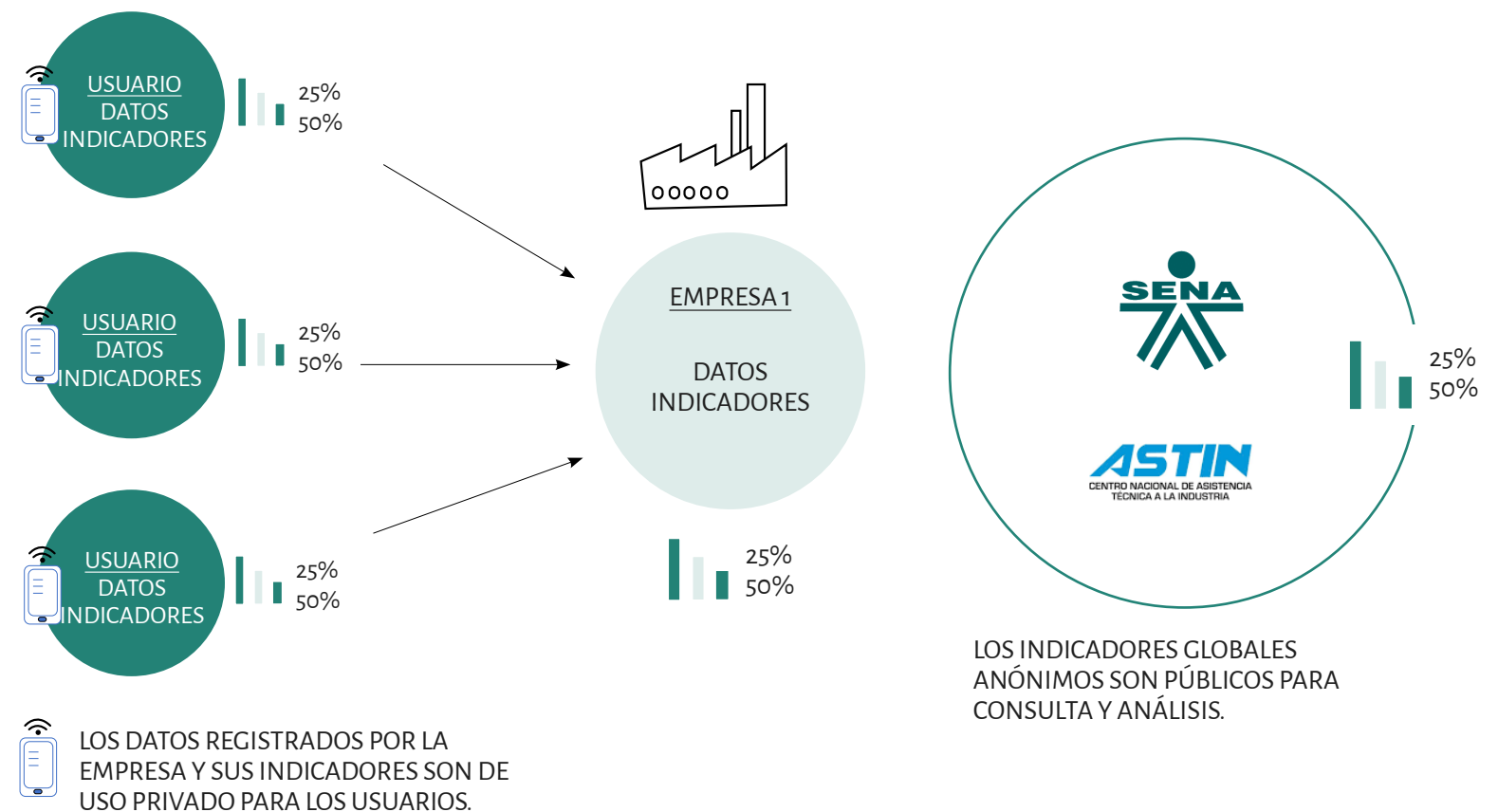


Figura 3. Flujo de datos de eventos.

SISTEMA INTEGRADO DE
GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN
WEB PARA EJECUCIÓN DE
PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Y FALLAS DE MAQUINARIA
INDUSTRIAL.

2.3 Listado de los campos de datos del software

Registro de datos de la maquina: Nombre de la máquina, numero serial de la máquina y tipo de maquina seleccionado de una tabla predeterminada. Datos del evento abierto: Nombre, ID del equipo y elemento afectado, y los siguientes datos predeter- minados por tabla: tipo de falla, descripción falla y posible causa. Datos del cierre del evento: Horas paradas máquina, horas reparación, total personas involucradas y costo total. A continuación, se describen los indicadores en sus tres niveles disponibles en la propuesta: usuario, empresa y SENA a través de la siguiente tabla:

<u>Usuario</u>	<u>Empresa</u>	<u>Sena - ASTIN</u>
Eventos totales	Eventos totales	Total Empresas
Eventos abiertos	Tipos de fallas %	Sectores Económicos Empresas (CIIU)
Eventos cerrados	Horas paradas máquinas total	Tipos de fallas general %
Tipos de fallas %	Horas reparación total	Tipos de fallas por sector económico
Descripción de fallas %	Total personas	Descripción fallas %
Causas %	Costo total	Descripción falla por sector económico
*	Causas %	Causas generales %
*	*	Causas por sector económico
*	*	Costo total
*	*	Costo total por sector económico

3. Resultados

Para la presentación de los resultados se ilustran por medio de estadísticas que son el comportamiento del software para su respectivo análisis.

3.1 Comparación análisis de datos por empresa

Las figuras 4 y 5 presentan los resultados de la simulación del software para dos empresas, estos datos fueron simulados por las áreas de mantenimiento donde se muestra los tipos de falla y su distribución.

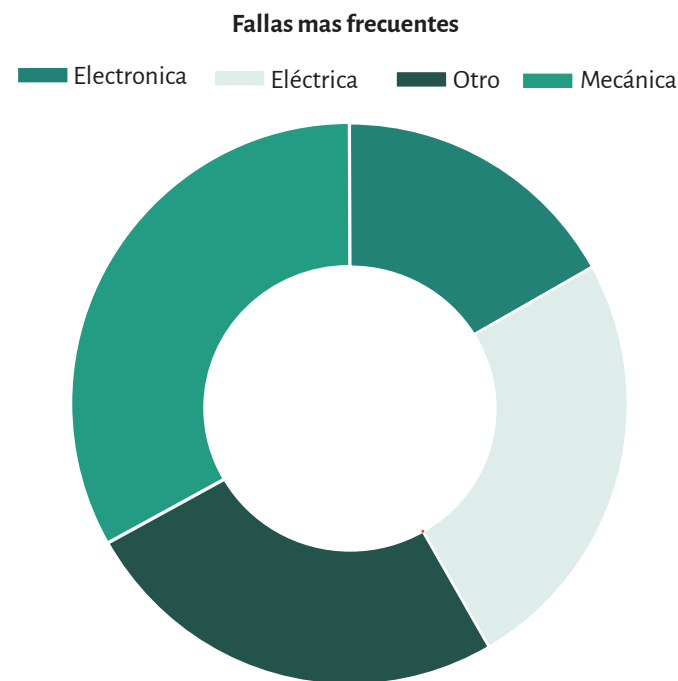


Figura 4. Resultado área mantenimiento (Sena ASTIN)

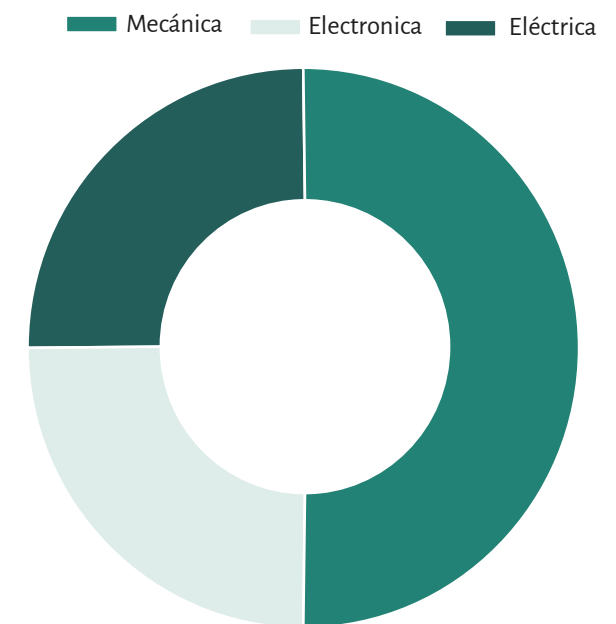


Figura 5. Resultado área mantenimiento UMACO S.A.S

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN WEB PARA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE EVALUACIÓN SOBRE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y FALLAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

La figura 6 muestra los indicadores locales para una de las empresas donde el usuario puede saber cuántos casos tiene abiertos y cuantos cerrados, adicionalmente se puede apreciar el tiempo invertido en la reparación y cuantas horas de parada se han acumulado y los costos totales.

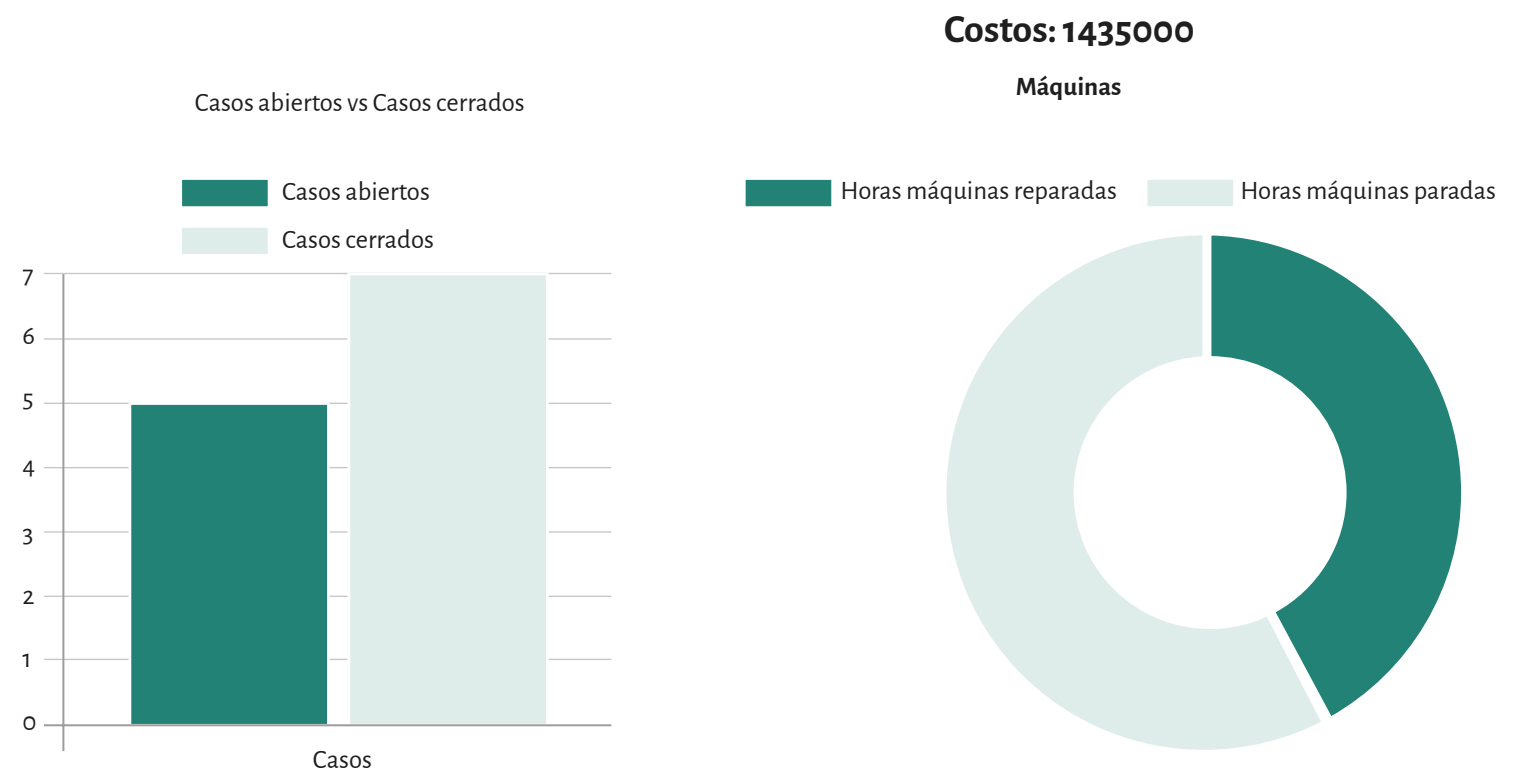


Figura 6. Resultado de indicadores locales para una de las empresas.

3.2 Observatorio de la triangulación de datos

La figura 7 presenta el resultado consolidado de datos a nivel del observatorio con relación a la información suministrada por las dos empresas, la cual nos permite visualizar los tipos de fallas que se presentaron durante las pruebas de aplicabilidad.

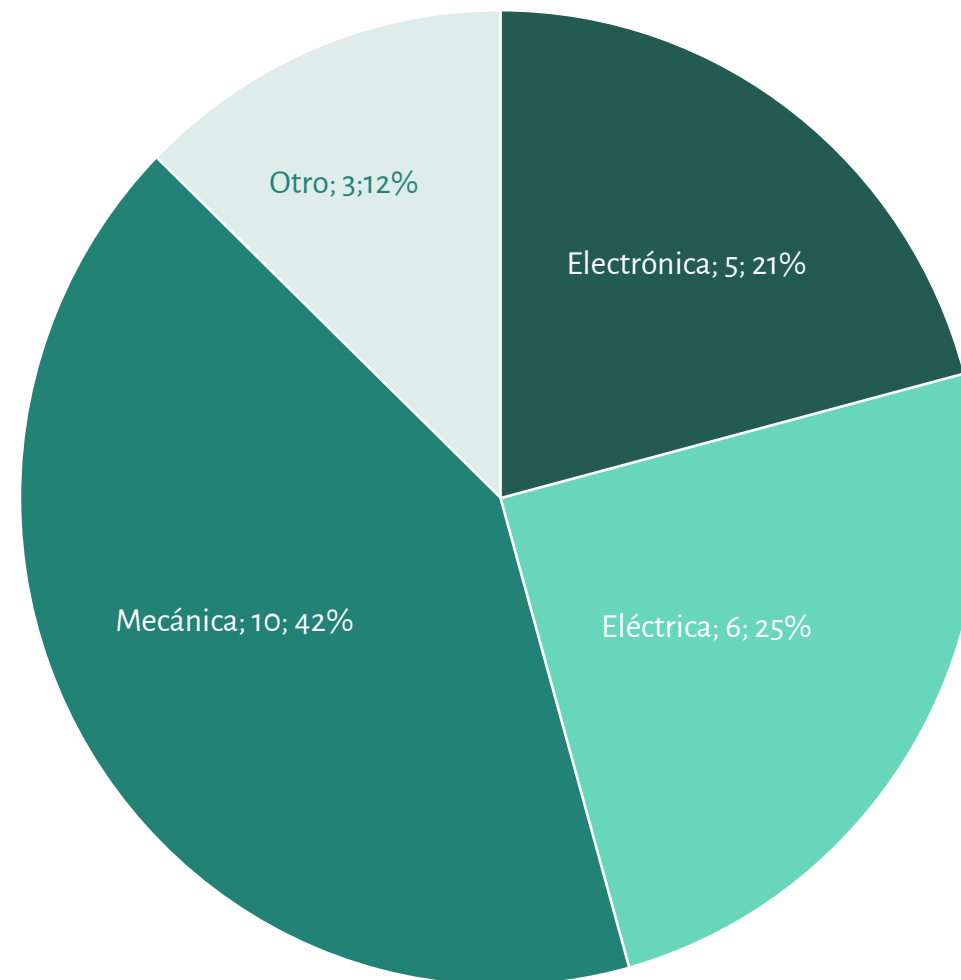


Figura 7. Resultado unificado tipos de fallas para las dos empresas

4. Conclusiones

Después de realizar las pruebas piloto con dos empresas, los usuarios reportan la facilidad de uso para el ingreso de datos y facilidad de navegación, disminuyendo los tiempos de carga de datos que muchas veces no se utilizan para tomar decisiones.

Permite que las micro empresas y pequeñas empresas puedan migrar de la recolección de datos manual a un software que genera la cultura de la recolección de datos organizados e indicadores en tiempo real, logrando la capacidad de la empresa de trabajar en el área de mantenimiento con calidad, seguridad y rentabilidad. De esta misma forma lo enfatiza Tugnarelli et al (2017) mencionado que “Un aspecto importante es la recolección de esta evidencia y la manera en que se asegura la calidad los datos recolectados” [11].

Una vez se cree esta cultura le permite pensar en la adquisición de software de gestión de mantenimiento direccionado hacia el mantenimiento preventivo y predictivo.

Esta propuesta de software en la nube le permite al aprendiz SENA trasladar de manera rápida los conceptos de recolección, archivo, cultura de calidad, indicadores a las empresas donde trabaje y adicionalmente sirve como herramienta formativa, permitiendo una experiencia más adaptativas a nuevos entornos web [9]. Esta herramienta permite mejorar la comunicación horizontal y vertical en la empresa permitiendo unificar el lenguaje cuando se hable de mantenimiento correctivo, pero adicionalmente los indicadores en tiempo real facilitan la optimización de recursos y la toma de decisiones.

Recolectar la posible causa de falla en los diferentes eventos correctivos le permite al equipo de mantenimiento tomar medidas sobre las lecciones aprendidas y replanteando y registrando las causas de falla.

La propuesta permite acercar la industria privada al sector público, el observatorio brinda información en tiempo real para la toma de decisiones sobre política

pública en el área de formación para el mantenimiento en los diferentes sectores de la industria.

Otro de los principales resultados del observatorio, es que la información en tiempo real permite al SENA tomar decisiones sobre las demandas en el sector educativo en el área de mantenimiento, informar a las mesas sectoriales relacionadas y así implementar o modificar los diseños curriculares de los programas de formación articulándolos con la realidad del sector industrial para la generación de nuevos empleos.

5. Referencias

- [1] ACIEM Capítulo Cundinamarca. (2018). Diagnóstico del mantenimiento en Colombia. Bogota: ACIEM Cundinamarca.
- [2] Garzón Gomez J A & Ramirez Daguer H A (2008) Diseño de software de mantenimiento correctivo y preventivo para optimizar el funcionamiento de los equipos registrados en la empresa Coolechara. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- [3] Pérez Peñaranda, m. a., & posada carrascal, m. r. (2015). diseño de un software para la gestión del mantenimiento aplicable a las pymes en colombia. ocaña: universidad francisco de paula santander ocaña.
- [4] Villatoro P and Silva A 2005 Pano. regio 13 101
- [5] Mas M, 2005 Fund. BBVA., 23
- [6] García Córdova F and Trejo R 2012 Limusa. La perspectiva de la investigación tecnológica en educación, México.
- [7] Cuatro problemas comunes de mantenimiento y cómo resolverlos 2018, recuperado de <http://noria.mx/lublearn/cuatro-problemas-comunes-de-mantenimiento-y-como-resolverlos/>
- [8] Bermúdez, E. R., & Camacho, J. D. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), 135 142.
- [9] Codutti, A. G., Mariño, S. I., & Alfonzo, P. L. (2016). Una propuesta integradora de Mantenimiento Correctivo aplicada al Diseño Web Adaptativo y Accesibilidad Web. Scientia et technica, 21(1), 102 51-59
- [10] Sani Lema, W. J., & David, C. (2016). Análisis, diseño, desarrollo e implementación del sistema de mantenimiento de equipos para la Superintendencia de Control del Poder de Mercado (Bachelor's thesis). 3
- [11] Tugnarelli, M., Fornaroli, M. F., Santana, S. R., Jacobo, E., & Díaz, F. J. (2017). Análisis de metodologías de recolección de datos digitales. In XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires).
- [12] Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), 11(5), 77-90.