

**Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una
Empresa de Producción de Bebidas.**

**Hariel Adolfo Peñata Sánchez, Carlos Fernando Bolaños Vargas y
John Edison Chimbí Bedoya**

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bogotá, 2021

**Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una
Empresa de Producción de Bebidas.**

Hariel Adolfo Peñata Sánchez (98081)

Carlos Fernando Bolaños Vargas (93286)

John Edison Chimbí Bedoya (96289)

Director de proyecto

Mg. Fred Geovanny Murillo Rondón

**Dirección de Posgrados, Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de
Mantenimiento**

Bogotá, 2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Mg. Fred Geovanny Murillo Rondón

Director

Ingeniero Wilson Hernando Forigua

Jurado

Bogotá, 2021

Agradecimientos

Le agradezco a toda mi familia por su apoyo y comprensión, por siempre estar pendiente a mis proyectos académicos y por sus consejos de vida, los cuales fueron de gran ayuda en todo este trayecto de mi vida.

Me siento muy agradecido con Leidy Johanna González Cuadros quien se convirtió en una aliada en este camino, volviéndose una persona muy valerosa en mi proceso de formación y enseñanza.

Hariel Adolfo Peñata Sánchez

Quiero agradecer a Dios, quien bendice cada momento de mi vida y a toda mi familia por acompañarme y apoyarme en todo mi camino personal y profesional, guiándome y siendo mi principal motivación para conseguir este gran logro.

Mi profundo agradecimiento a todos los directivos y docentes de la Universidad ECCI, por aportar y confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme consolidar mis objetivos profesionales con su sabiduría, conocimiento y apoyo.

Carlos Fernando Bolaños Vargas

Primero agradezco a Dios quien ha guiado mi vida en todo momento, aun en esta situación tan difícil como ha sido la pandemia. ha sido posible organizar el tiempo y realizar esta especialización sin contratiempos. agradezco a mi esposa, mi hija y familiares quien me han apoyado en cada momento y en los que he tenido que estar ausente.

John Edison Chimbí Bedoya

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico especialmente a mi DIOS quien nunca me abandonó en esta lucha, quien me dio las fuerzas para no desfallecer y rendirme en los malos momentos, las ganas seguir adelante a pesar de los obstáculos, la fe de que con él podría lograr mis metas y los sueños de querer ser alguien grande en esta vida, cuando digo grande no me refiero a lo económico, hablo de ser reconocido en este mundo por mis buenos y grandes aportes a la sociedad.

A mi abuela maría Cristina López Barrio (QEPD), quien fue una persona muy influyente en mi vida, enseñándome todos aquellos buenos valores que hoy y siempre me adornarán; además de ser ella el principal motor para hacer posible este logro.

A mis padres Adolfo José Peñata López y Raquel Sánchez Ceballos, a quienes les agradezco por darme la vida, por su gran apoyo y por creer en mis sueños; y que gracias a ellos tengo una gran personalidad y una mentalidad de guerrero.

A mi hermano Andy Javier Peñata Sánchez, mi gran compañero de vida, quien sabe por todo lo que hemos pasado, las luchas, las tristezas y las alegrías; siempre juntos a pesar de las adversidades.

A mi compañera Leidy Johanna González Cuadros, quien me acompañó en todo este proceso dándome siempre el más grande apoyo y las fuerzas para desarrollar este proyecto académico, a través de su amor.

Hariel Adolfo Peñata Sánchez

Este proyecto se lo dedico principalmente a Dios por ser mi guía y mi protector en el transcurso de mi vida. Mi mayor motivador, que me dio la oportunidad de vivir esta hermosa experiencia, quien me brindo las fuerzas necesarias para conseguir los objetivos trazados al inicio de este posgrado. Sus bendiciones, que me protegieron ante la difícil situación mundial de una pandemia y permitirme culminar esta Especialización.

A mi abuelo Carlos Jose Bolaños Bustos (QEPD), quien fue y será mi mayor consejero. Padre, amigo y docente de la vida, quien me enseñó los principales valores de la familia y la capacidad de resiliencia ante las adversidades u obstáculos en la vida. Motivador y apasionado, fiel ejemplo para cumplir todos mis sueños y propósitos que tengo en la vida.

A mi madre Gladys Vargas Dallos y mi abuela Nohora Lucia Robayo de Bolaños, quienes han forjado y moldeado este gran ser, con sus ejemplos, experiencias y vivencias, aportando en mi personalidad, habilidades y fortalezas para afrontar la vida, al mundo.

A mi esposa Elizabeth Medina Garibello, mi gran pilar en la vida. Ella, quien me ha acompañado de la mano en este gran camino de superación, quien conoce todos los momentos complejos que hemos vivido, pero de igual manera todas las satisfacciones al superarlos. Este logro es para ti.

A mis hijos Valentina, Isabella y Diego, quienes son mis motores y mis deseos para seguir adelante y no rendirme, mi oxígeno y mi energía para alcanzar mis metas. Es por ellos que me esforcé, me esfuerzo y me seguiré esforzando por ser el mejor cada día.

Carlos Fernando Bolaños Vargas

Este proyecto lo dedico a Dios, mi esposa e hija. Ellas han estado apoyándome en todo momento y cuando me encuentro ausente por temas laborales; están orando por mi para que todo este saliendo muy bien.

John Edison Chimbí Bedoya

Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo proponer la integración de la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta el impacto que se genere en la disponibilidad de los activos de una planta de producción de bebidas; esto con el fin de observar las aplicaciones que nos ofrece la industria 4.0 para la gestión del mantenimiento mejorando la producción, a través de la disponibilidad de la información de mantenimiento y de los activos.

La propuesta tiene un alcance cualitativo descriptivo, esta se realizó recopilando información de fuentes primarias, como artículos, revistas, libros, informes y documentos, y secundarias, los resultados de la autoría y su análisis. Para cumplir con los objetivos propuestos, se realizó una consulta bibliográfica sobre auditorías, en donde se conoció el estado de la gestión del mantenimiento. Luego se consultó y escogió la mejor opción de las metodologías de la industria 4.0 aplicada a esta gestión, dando como resultado muchas herramientas de las cuales la mejor opción y propuesta como solución fue SAP por sus beneficios y ventajas de interfaz.

En el presente documento se expone cada una de las etapas que llevaron a proponer la integración de la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta el impacto que se genere en la disponibilidad de los activos de una planta de producción de bebidas, brindando una solución a la gestión de mantenimiento de la organización.

Palabras claves: Auditoría, industria 4.0, gestión del mantenimiento, producción.

ABSTRACT

The objective of this Project was to propose the integration of industry 4.0 in maintenance management, taking into account the impact generated in the availability of the assets of a beverage production plant; this in order to observe the applications offered by industry 4.0 for maintenance management, improving production through the availability of maintenance information and assets.

The proposal has a descriptive qualitative scope, this was done by collecting information from primary sources, such as articles, magazines, books, reports and documents, and secondary, the results of the authorship and its analysis. In order to fulfill the proposed objectives, a bibliographic consultation was made on audits, where the state of maintenance management was known. Then the best option of the methodologies of the industry 4.0 applied to this management was consulted and chosen, resulting in many tools of which the best option and proposed as a solution was SAP for its benefits and interface advantages.

This paper presents each of the stages that led to propose the integration of Industry 4.0 in maintenance management, taking into account the impact generated in the availability of the assets of a beverage production plant, providing a solution to the maintenance management of the organization.

Key words : Auditing, industry 4.0, maintenance management, production.

Tabla de Contenido.

Título	16
Introducción	17
1 Problema de Investigación.	18
1.1 Descripción del Problema.	18
1.2 Formulación del problema.	19
1.3 Sistematización del problema.	19
2 Objetivos	20
2.1 Objetivo General	20
2.2 Objetivos Específicos	20
3 Justificación y delimitación.	21
3.1 Justificación	21
3.2 Delimitación.	22
3.3 Limitaciones.	23
4 Estado del arte	24
4.1 Estado del Arte internacional	24
4.1.1 Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bio-productos: caso de estudio	24
4.1.2 Implementación de sistemas inteligentes de gestión de activos (IAMS) en un entorno de fabricación de la industria 4.0	24
4.1.3 Impacto esperado de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo sostenible.	25

4.1.4	La contribución esperada de las tecnologías de la industria 4.0 para el desempeño industrial.	26
4.1.5	AMEF Como herramienta de la industria 4.0 en el mantenimiento industrial.	27
4.1.6	Análisis de las principales competencias necesarias para la implementación de la industria 4.0 en el sector agroindustrial uruguayo.	28
4.1.7	Un análisis de modelos de madurez y evaluación del estado actual de las organizaciones para la implementación de la industria 4.0.	29
4.1.8	SMARTCSP: Enfoque Industria 4.0 para una reducción efectiva de costos de las plantas termoeléctricas.	30
4.2	<i>Estado del Arte en Colombia.</i>	31
4.2.1	Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento.	32
4.2.2	Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0	32
4.2.3	Modelo de incursión en la industria 4.0 aplicado a la compañía alimenticia tu pan gourmet SAS: Estrategia para el renacer en la pandemia ocasionada por COVID-19 (SARS-CoV-2)	33
4.2.4	Que aparezca la industria 4.0 en Colombia	33
4.2.5	4.0 en Colombia.	34
5	Marco teórico	36
5.1	<i>¿Qué es la industria 4.0?</i>	36
5.2	<i>Gestión del mantenimiento</i>	42
5.2.1	Ventajas de la GMAO	43
5.2.2	Desventajas de la GMAO	44
5.3	<i>Pilares de la industria 4.0</i>	46
5.3.1	Internet de las cosas	46
5.3.2	Big Data.	47
5.3.3	Sistemas de integración.	51
5.4	<i>Auditoría de Mantenimiento</i>	53

5.4.1	¿Qué es la Auditoría de Mantenimiento de Equipos?	54
5.4.2	Tipos de Auditorías de Mantenimiento	54
6	Marco metodológico	58
6.1	<i>Fases del Estudio</i>	59
6.2	<i>Recopilación de la información</i>	59
6.3	<i>Cronograma</i>	60
	<i>Para el desarrollo de este proyecto se tiene el siguiente cronograma de actividades:</i>	60
7	Desarrollo y resultados.	61
7.1	<i>Diagnosticar la gestión del mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoria.</i>	61
7.1.1	Selección del tipo de auditoria y el modelo aplicar:	61
7.1.2	Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en la organización:	71
7.2	<i>Establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento.</i>	77
7.2.1	Activos del proceso de producción de bebidas	79
7.2.2	Herramienta SAP (Systems Applications Products).	84
7.2.3	Recolección y Análisis de Datos.	87
7.3	<i>Definir el modo de aplicación de las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización.</i>	92
7.4	<i>Análisis Financiero del Proyecto</i>	95
7.4.1	Presupuesto del proyecto	95
7.4.2	Beneficios Esperados	96
7.4.3	Análisis financiero de los beneficios esperados	97
8	Conclusiones	99

9	Recomendaciones	100
10	Bibliografía	101
1	Anexo - Cronograma de ejecución del proyecto Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas.	105
2	Anexo - Auditoría de Gestión en Mantenimiento	106
3	Anexo - Tabulación de resultados de la auditoria de mantenimiento	116

Lista de Diagramas.

Diagrama 1 Resultados de factor desempeño del personal de mantenimiento	72
Diagrama 2 Resultado de factor medios técnicos empleados por mantenimiento	73
Diagrama 3 Resultado de factor plan de mantenimiento	74
Diagrama 4 Resultado de factor gestión del mantenimiento	74
Diagrama 5 Resultado de factor procedimientos de mantenimiento.....	75
Diagrama 6 Resulta de factor sistema de información.....	76
Diagrama 7 Resultado de factor stock de repuestos.....	77

Lista de Tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades.....	60
Tabla 2. Tabulación resultados de auditorio factor 1.....	72
Tabla 3. Tabulación resultados de auditorio factor 2.....	73
Tabla 4. Tabulación resultados de auditorio factor 3.....	73
Tabla 5. Tabulación resultados de auditorio factor 4.....	74
Tabla 6. Tabulación resultados de auditorio factor 5.....	75
Tabla 7. Tabulación resultados de auditorio factor 6.....	76
Tabla 8. Tabulación resultados de auditorio factor 7.....	77
Tabla 9. Presupuesto del proyecto*	95

Título

Propuesta de Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento en la Empresa de Producción de Bebidas.

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos producto de la globalización exigen cada vez más que las organizaciones tengan estrategias competitivas que las mantengan a la vanguardia en el mercado y frente a sus competidores. Esto ha hecho posible la creación de aplicaciones que son usadas en todos los sectores de las organizaciones, teniendo como propósito la mejora y optimización de los procesos, lo que lleva con si el aumento de la productividad y la generación de valor.

La aplicación de estas nuevas tecnologías en las organizaciones es un proceso que genera una inversión económica, la cual muchas no han podido realizar y las que lo han realizado han tenido inconvenientes con la compatibilidad de estas nuevas tecnologías, el aprendizaje del personal operativo y mantenimiento, lo que afecta directamente los procesos teniendo resultados negativos en la producción.

Existen muchas maneras de subsanar estos inconvenientes usando la industria 4.0 también llamada la 4ta revolución industrial, ya que nos ofrece una cantidad de aplicaciones de mejora para los procesos de las organizaciones brindando: optimización, rapidez y confiabilidad. En este proyecto se pretende realizar una propuesta de Integración de la Industria 4.0 en el modelo de gestión de mantenimiento de una empresa de producción de bebidas; realizando un diagnóstico del modelo operativo y mantenimiento para detectar falencias y oportunidades de mejora, luego un análisis de la implementación más adecuada y su modo de aplicación, para así poder darle solución

a las falencias surgidas durante el diagnóstico del modelo de gestión de mantenimiento de la organización.

1 Problema de Investigación.

1.1 Descripción del Problema.

En la actualidad las empresas de producción de bebidas se encuentran invirtiendo en la modernización de los equipos y otras comprando nuevas líneas de producción con lo último en tecnología. Tal es el caso de la empresa cervecera Biela que había iniciado como un negocio familiar hace 25 años, con su planta ubicada en Guayaquil, Ecuador., y en los últimos años fue comprada por el grupo Heineken, donde se permitió que los inversionistas compraran una línea nueva de producción de última tecnología para esta planta.

Caso similar se presentó en Embol, Planta ubicada en Cochabamba, Bolivia, donde los inversionistas en esta planta, que ofrece sus servicios a Coca Cola, han decidido invertir en una nueva línea de producción de última tecnología, caso similar a Biela, ya que han decidido invertir después de 15 años.

Otro caso, es la Central Cervecería en Gachancipá, Colombia. Esta empresa, que pertenece al grupo Heineken, ha invertido en 4 nuevas líneas de producción. Lo anterior, ha llevado a cada compañía a realizar cambios en sus procesos de producción, administrativos y mantenimiento; el más importante, es la contratación de nuevo personal con menos experiencia, pero con conocimientos en las nuevas tecnologías de la industria 4.0, ya que el personal que tiene años de experiencia ha dejado de actualizar sus estudios, dificultando la integración a estos nuevos retos.

Si bien el personal antiguo tiene el interés por aprender de la nueva tecnología, es necesario buscar la estrategia adecuada para lograr familiarizar a todo el equipo de trabajo y lograr integrar la industria 4.0 en los procesos productivos que actualmente aplican las empresas.

Adicional la tecnología que poseen estas nuevas líneas de producción, conlleva a que las compañías realicen cambios en su estructura de modelo de gestión y estrategias de mantenimiento para disminuir los costos e incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos. Por esta razón se requiere integrar en la gestión del mantenimiento, la industria 4.0 y la nueva forma de trabajo que ofrece a los colaboradores. Estos cambios se requieren en la gestión de mantenimiento, mejoramiento de los tiempos de respuesta ante posibles fallas, disminución de los tiempos perdidos por falla en los equipos y los requerimientos de repuestos, disminuyendo los stocks de repuestos que generan costos adicionales.

1.2 Formulación del problema.

¿Cómo Integrar la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento de una planta de producción de bebidas?

1.3 Sistematización del problema.

¿Es la aplicación de una auditoría el modo adecuado para diagnosticar la gestión de mantenimiento?

¿Cuáles son las herramientas y metodologías de la Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento?

¿Cómo aplicar las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización?

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Proponer la integración de la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento de una planta de producción de bebidas.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la gestión de mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoría.
- Establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento.
- Definir el modo de aplicación de las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización.

3 Justificación y delimitación.

3.1 Justificación

Actualmente la industria 4.0 se escucha en el entorno industrial y empresarial, ya que describe el desarrollo digital existente en los procesos internos y externos de las empresas con el objetivo de mejorar continuamente. La industria 4.0 también conocida como Smart Factory es el resultado de la llamada cuarta revolución industrial y del uso de las nuevas tecnologías para hacer más eficientes los procesos e incrementar la productividad.

La productividad y la eficiencia son dos conceptos que van de la mano en búsqueda del éxito empresarial, llegar al objetivo de que las empresas lo implementen significa buscar perfeccionar los procesos que actualmente se hacen y se conocen, romper esquemas, paradigmas y tradiciones con el propósito de optimizar recursos, innovar e implementar nuevas estrategias de negocio a fin de reducir costos, eliminar desperdicios, modernizar equipos, herramientas y maquinarias para dar respuesta a la era digital.

En esta nueva revolución a nivel nacional se han visto algunas empresas que luchan por mantenerse en el mercado y otras, que, a pesar de tener grandes líneas de producción, han optado por renovar paulatinamente sus activos, para entender mejor la situación actual de las compañías,

se realiza una clasificación de tres características de las empresas que participan en la industria 4.0:

- **Pioneros:** quienes, como su nombre lo indica, son los primeros en innovar y adoptar iniciativas para convertir sus empresas en una compañía inteligente.
- **Exploradores:** Son compañías cautelosas en la manera en que invierten en la renovación de sus activos a su vez se caracterizan por renovar sus activos solo cuando se ha alcanzado la vida útil.
- **Seguidores.** Son compañías que no se involucran con la implementación de nuevas tecnologías, por el contrario, esperan hasta que haya sido probada por otros. (cita)

En vista de la carrera actual de las organizaciones por mantener un estatus en el mercado que les garantice rentabilidad en el mundo globalizado, se ven en la necesidad de implementar las nuevas tecnologías en todos sus procesos, para poder acoplarse a las nuevas exigencias del mercado y poder tener una mejor rivalidad comercial; uno de los principales áreas que se debe tener en cuenta para esta implementación es la del capital humano ya que el éxito de la integración esta sobre las personas que participan directamente en el proceso; es fundamental lograr un compromiso a través de mejoras que transformen su calidad de vida, condiciones de trabajo y sustentabilidad del negocio.

3.2 Delimitación.

Este proyecto de investigación se desarrollará teniendo en cuenta las situaciones planteadas sobre las plantas Biela en Guayaquil - Ecuador, Embol en Cochabamba - Bolivia y Central Cervecera en Gachancipá – Colombia. Actualmente, en estas instalaciones por la coyuntura que se está viviendo y por los nuevos protocolos de seguridad, el ingreso a las plantas es restringidos por las compañías, limitando la información requerida suministrada por los colaboradores. Pero tendremos como referencia la planta local y su mapa de procesos.

3.3 Limitaciones.

Una de las limitaciones que se presenta para el desarrollo del proyecto, es la dificultad para el ingreso a la compañía por las restricciones presentadas dada la situación actual que se presenta por la pandemia a nivel mundial, otra limitación es el acceso permitido, ya que solo es posible con previa autorización del jefe de mantenimiento y otorga los permisos cada 15 días calendario, otra limitación que se presenta es el manejo responsable de la información, así como la confidencialidad de las imágenes y nuevos productos que desarrollen dentro de las instalaciones.

4 Estado del arte

4.1 Estado del Arte internacional

4.1.1 Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bio-productos: caso de estudio

En el año 2016 los investigadores Armando Diaz Concepción, Alfredo del castillo Serpa, Leisis Villar Ledo. Presentan el artículo titulado “Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bio-productos: un caso de estudio”, para la revista *Ingeniare: Revista chilena de ingeniería*. en su investigación presentan el desarrollo la metodología que utilizaron y se encuentra al final que la herramienta tiene una confiabilidad del 90.8% mientras que la planta en su evaluación se cataloga la gestión del mantenimiento como mala y presentan las oportunidades de mejora. (Diaz Concepción, del castillo Serpa, & Villar Ledo, 2016).

4.1.2 Implementación de sistemas inteligentes de gestión de activos (IAMS) en un entorno de fabricación de la industria 4.0

En el 2019 E. Candón P. Martínez-Galán A. De la Fuente V. González-Prida A. Crespo Márquez J. Gómez A. Sola M. Macchi, publican el artículo “Implementación de sistemas

inteligentes de gestión de activos (IAMS) en un entorno de fabricación de la industria 4.0”, en la revista IFAC-PapersOnLine. En la investigación los autores definen diferentes consideraciones y resultados obtenidos en la implementación en un Sistema de Mantenimiento Inteligente de un laboratorio diseñado con base en conceptos básicos de Industria 4.0. El Sistema de Mantenimiento Inteligente utiliza técnicas de monitoreo de activos que permiten el modelado digital en línea y la toma de decisiones automática. Las tres premisas fundamentales que se utilizan para el desarrollo del sistema de gestión son la estructuración de la información, la identificación de valores y la gestión de riesgos (Candón, y otros, 2019). De este trabajo de investigación se pueden sustraer requerimientos y exigencias necesarias para la implementación de la industria 4.0 en una empresa, y la criticidad e inversión que esta conlleva; al igual que los beneficios de la estrategia al ser aplicada de manera correcta y concisa aprovechando los sistemas TIC, MSA, HPC y MEC, acorde con los avances de la ciencia y tecnología.

4.1.3 Impacto esperado de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo sostenible.

En el año en curso 2020, Elpidio Oscar Benitez Nara, Matheus Becker da Costa, Ismael Cristofer Baierle, Jones Luis Schaefer, Guilherme Brittes Benitez, Leonardo Moraes Aguiar Lima do Santos, Lisianne Brittes Benitez, publican el artículo de investigación titulado “Impacto esperado de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo sostenible: un estudio en el contexto de la industria del plástico en Brasil”, en la revista Producción y consumo sostenibles Volumen 25. En el artículo se estudia el impacto de las tecnologías de la Industria 4.0 en la sostenibilidad basada en aspectos económicos, ambientales y sociales, está gana cada vez más atención por parte de los investigadores. En este estudio, se investigaron los impactos utilizando la perspectiva de

Triple Resultado para el desarrollo sostenible. Se propuso un modelo orientado a la sostenibilidad para evaluar la influencia de las tecnologías de la Industria 4.0 en métricas sostenibles. Este modelo analizó el impacto de las tecnologías de la Industria 4.0 en varios indicadores clave de rendimiento relacionados con el desarrollo sostenible. El modelo fue probado en la industria del plástico, que tiene un alto potencial de agregación tecnológica de la Industria 4.0 en las economías emergentes. Se utilizó un método difuso de criterios múltiples TOPSIS para clasificar las tecnologías de la Industria 4.0, identificando aquellas con los impactos más fuertes y más débiles en el desarrollo sostenible (Benitez Nara, y otros, 2020). De los resultados de esta investigación, podemos rescatar la importancia del Internet de las cosas, los sistemas ciber físicos, los sensores y la implementación de big data son impulsores del desarrollo sostenible. También evidenciamos que estas tecnologías están asociadas con impactos positivos sustanciales en las métricas económicas. Sin embargo, hubo una influencia positiva mucho menor en las métricas ambientales y sociales, lo que sugiere un desequilibrio en la perspectiva del triple resultado para la industria del plástico. Además, encontramos impactos negativos de los robots en la creación de empleo y poca influencia de la computación en la nube y las tecnologías de integración de sistemas para el desarrollo sostenible.

4.1.4 La contribución esperada de las tecnologías de la industria 4.0 para el desempeño industrial.

En el 2018, Lucas Santos Dalenogare, Guilherme Brittes Benitez, Néstor Fabián Ayala y Alejandro Germán Frank, publican el artículo “La contribución esperada de las tecnologías de la Industria 4.0 para el desempeño industrial” en la revista internacional de economía de la producción Volumen 204. En el artículo ellos plantean que la Industria 4.0 se considera una nueva

etapa industrial en la que la integración de los procesos de fabricación verticales y horizontales y la conectividad de productos pueden ayudar a las empresas a lograr un mayor rendimiento industrial. Aclaran que se sabe poco sobre cómo las industrias ven la contribución potencial de las tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 para el desempeño industrial, especialmente en los países emergentes. Con base en el uso de datos secundarios de una encuesta a gran escala de 27 sectores industriales que representan a 2225 empresas de la industria brasileña, estudian cómo la adopción de diferentes tecnologías de la Industria 4.0 se asocia con los beneficios esperados para los aspectos de productos, operaciones y efectos secundarios. Usando análisis de regresión, muestran que algunas de las tecnologías de la Industria 4.0 se consideran prometedoras para el rendimiento industrial, mientras que algunas de las tecnologías emergentes no lo son, lo que contradice la sabiduría convencional. Discuten las condiciones contextuales de la industria brasileña que pueden requerir una implementación parcial de los conceptos de Industria 4.0 creados en países desarrollados (Santos Dalenogare, Brittes Benitez, Ayala, & Frank, 2018). En esta investigación podemos entender los beneficios que pueden aportar la tecnología de la industria 4.0 a las organizaciones manufactureras y más. Al igual, que vemos las expectativas reales sobre el desempeño futuro de la industria a la hora de implementar nuevas tecnologías, proporcionando un antecedente para avanzar en la investigación sobre los beneficios reales de la Industria 4.0.

4.1.5 AMEF Como herramienta de la industria 4.0 en el mantenimiento industrial.

El 2020, González Sosa Jesús Vicente, Jiménez Díaz Diana Laura, Loyo Quijada Jesús López Ontiveros Miguel Ángel, publican el artículo “AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento industrial” en la revista de la Ingeniería Industrial Vol. 95 Issue 6. Donde los

autores dicen que la Industria 4.0 es una herramienta en el desarrollo tecnológico; definiendo elementos para analizar y llevar a cabo el mantenimiento industrial utilizando el Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) como herramienta de la Industria 4.0, identificando tendencias del mantenimiento y su análisis, logrando la mejora continua de la ingeniería. Para dar a entender la temática se analiza el caso de un laboratorio de mecanizado, en donde se refleja el uso de la Industria 4.0 como una herramienta para optimizar el proceso de mantenimiento. En este caso se lleva a cabo un procedimiento convencional del mantenimiento para un laboratorio de mecanizado, y se recataron datos y tiempos formulados y expresados en formatos para el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo; luego llevan a cabo un análisis con la metodología de Industria 4.0 y analizan las tendencias que presenta el caso de estudio con la finalidad de mejorar las técnicas de análisis por medio de nuevas metodologías inmersas en los sectores industriales extrapolando hacia el sector educativo y profesional (González Sosa, Jiménez Díaz , Loyo Quijada , & López Ontiveros, 2020). De este podemos comprender el proceso de aplicación de la industria 4.0 en el mantenimiento de una empresa manufacturera, algunos de los métodos y análisis usados son muy aplicables en las empresas ascendentes; al igual que los resultados que obtienen son muy útiles e importantes.

4.1.6 Análisis de las principales competencias necesarias para la implementación de la industria 4.0 en el sector agroindustrial uruguayo.

En el 2019, la revista Memoria Investigaciones en Ingeniería Issue 17 publica el artículo “Análisis de las principales competencias necesarias para la implementación de la Industria 4.0 en el sector agroindustrial uruguayo”, de los autores Jurburg Daniel y Cabrera Álvaro, quienes hacen

un análisis de los desafíos técnicos relacionados a la Industria 4.0, identificando el reto: ¿cómo preparar a los actuales y futuros trabajadores, de manera de que puedan adaptarse a los empleos que surgirán y que demandarán nuevos requisitos en términos de competencias?, en el artículo investigaron qué competencias serán esenciales para el futuro del sector agroindustrial. Enfocándose en el estudio de dicho sector dado que este es uno de los sectores económicos con mayor riesgo de automatización de los puestos de trabajo. Para determinar las competencias técnicas necesarias, se realizaron una extensa revisión de la literatura, recopilando 31 competencias consideradas fundamentales para la aplicación de la industria 4.0. Estas competencias fueron validadas a través de unas entrevistas semi-estructuradas realizadas a stakeholders del sector, determinando los niveles actuales en materia de esas 31 competencias, y su ponderación para el futuro (Jurburg & Cabrera, 2019). Con los resultados se generaron gráficos de radar mostrando los valores actuales y futuros, identificando el gap de competencias necesario para avanzar en materia de transformación digital y tecnológica del sector. El análisis de las competencias realizadas en este trabajo de investigación nos da una visión más clara sobre la necesidad técnica del personal frente a la automatización de procesos a través de la implementación de la industria 4.0, quedando más claro que los requerimientos no son solo de infraestructura física si no también humana, ya que a través de las habilidades y competencias del talento humano las organizaciones pueden sí o no implantar las estrategias de mejora.

4.1.7 Un análisis de modelos de madurez y evaluación del estado actual de las organizaciones para la implementación de la industria 4.0.

En el 2019 la revista fabricación de procedimientos, publico el artículo “Un análisis de modelos de madurez y evaluación del estado actual de las organizaciones para la implementación de la Industria 4.0” de los autores Luiz Felipe Pierin Ramos, Eduardo de Freitas Rocha Loures y Fernando Deschamps. Ellos identifican que la mayoría de las organizaciones inician el proceso de implementación de nuevas tecnologías sin una planificación adecuada, lo que les provoca daños que cambian la percepción de los profesionales frente a la propuesta de Industria 4.0. Dicen que para reducir estos daños recomiendan realizar un análisis del estado actual de la empresa (TAL CUAL). Al igual, que buscan identifican modelos que satisfagan las necesidades de las empresas y permitan a la alta dirección utilizar esta información en la planificación estratégica de la implementación de Industria 4.0. Para obtener resultados reales se realizaron un estudio en 9 empresas de diferentes sectores industriales del sur de Brasil y se señaló que los modelos aplicados de evaluación brindan datos que perfilan la situación real de las organizaciones desde perspectivas diferentes y complementarias (Pierin Ramos, Rocha Loures, & Deschamps, 2020). Con esta investigación obtenemos modelos de análisis y evaluación del estado de las organizaciones, que nos brindarían la información necesaria para identificar las ventajas y desventajas en cierta forma, para identificar la madurez de estas frente a la implantación de la industria 4.0, y si son capaces de soportar este tipo de cambio tecnológico.

4.1.8 SMARTCSP: Enfoque Industria 4.0 para una reducción efectiva de costos de las plantas termoeléctricas.

En 2020, Villasante Cristóbal, Mabe Jon, Les-Aguerrea Iñigo, Peña Adrian, Sánchez Marcelino y López Susana, publican el artículo “SMARTCSP: enfoque Industria 4.0 para una reducción

efectiva de costos de las plantas termoeléctricas (CSP)” en la revista DYNA - Ingeniería e Industria Vol. 95; donde identifican que las plantas y componentes de Energía Solar de Concentración (CSP) incorporan un bajo grado de inteligencia y autonomía lo que dificulta el control de calidad y aumenta los costes; este grado de automatización de las plantas CSP es bajo; el desarrollo de protocolos, procedimientos y normas para garantizar el control de calidad durante el montaje, construcción, puesta en marcha y operación de la planta. Ellos ven que el paradigma de la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas (IoT) son los principales avances tecnológicos para la industria manufacturera desde el siglo pasado; y tal puede ser el concepto SMARTCSP para el CSP desde su creación comercial hace 50 años. SMARTCSP se beneficia de esta experiencia en la aplicación de las TICs (Tecnologías de Información y Comunicación) o el "Lean Manufacturing" en campos industriales maduros como la automoción o la fabricación para crear una nueva generación de SMARTCSP COMPONENTs que incluyen un conjunto completo de funcionalidades relevantes directamente desde la línea de producción. SMARTCSP proporciona mayores niveles de inteligencia distribuida, autonomía y toma de decisiones en plantas CSP a través de procesadores, sensores y sistemas de comunicación distribuidos y miniaturizados integrados en los componentes de CSP (Villasante, y otros, 2020). La herramienta que plantean los autores brinda una mayor versatilidad y aplicación al optimizar o sistematizar los procesos de producción, al abrir la posibilidad a las muchas tecnologías de instrumentación y control basadas en microprocesadores y sistemas informáticos, lo que hace más fácil la adopción de la industria 4.0 para las empresas.

4.2 Estado del Arte en Colombia.

4.2.1 Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento.

En el año 2013, los investigadores Michael Herrera Galán, Yoenia Duany-Alfonso y Armando Abreu-Duque presentan el artículo titulado “Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento” para la revista Revista Inge@UAN. Tendencias de la Ingeniería. En su investigación presentan la metodología para elevar la disponibilidad de los equipos, creando un software para optimizar la gestión de mantenimiento basado en ordenador (GMAO), utilizando el lenguaje unificado de modelado (UML). Está relacionado directamente con la implementación de un sistema de métodos y procedimientos que rigen la actividad de mantenimiento en las Plantas de Productos Naturales del (CNIC) (Herrera Galán, Duany-Alfonso, & Abreu-Duque, 2013). Este artículo aporta a esta investigación en la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos para optimizar los métodos y procedimientos en la gestión de Mantenimiento en la industria de bebidas.

4.2.2 Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0

En el año 2018, los investigadores Luis Felipe Ortiz Clavijo, Santiago Cadavid Nieto y Carlos Julián Gallego, desarrollaron un artículo llamado “Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0” para la revista Lámpsakos. La investigación tiene como objetivo identificar las herramientas en la nube existentes con potencial de uso para la digitalización industrial para el desarrollo de la industria 4.0. (Fernández, Ortiz Clavijo, Cadavid Nieto, & Gallego, 2018). Esta investigación nos referencia los múltiples beneficios en la aplicación del manejo de la información en la nube como herramienta principal para el desarrollo de la

industria 4.0 a nivel nacional. Adicionalmente, este artículo nos aporta en la metodología de elaboración y búsqueda documental, orientada a recolectar, analizar artículos y documentos de trabajo relacionados con la industria 4.0, así como el análisis de herramientas con la oferta actual de los servicios del cloud computing en relación a la relación con la industria 4.0.

4.2.3 Modelo de incursión en la industria 4.0 aplicado a la compañía alimenticia tu pan gourmet SAS: Estrategia para el renacer en la pandemia ocasionada por COVID-19 (SARS-CoV-2)

En el año 2020, los investigadores Edwin Barrientos-Avenidaño, Yesenia Areniz-Arevalo, Luis Anderson Coronel Rojas, Fabian Cuesta-Quintero, Dewar Rico-Bautista, realizaron un artículo llamado “Modelo de incursión en la industria 4.0 aplicado a la compañía alimenticia tu pan gourmet SAS: Estrategia para el renacer en la pandemia ocasionada por COVID-19 (SARS-CoV-2)”.

4.2.4 Que aparezca la industria 4.0 en Colombia

Se han dado pasos por la Cuarta Revolución Industrial en el país, donde se han impulsado emprendimientos bajo entornos digitales como las de Rappi o Qué buena compra. Sin embargo, existe desconocimiento de lo que se ha denominado como la Cuarta Revolución Industrial, una que lleva la inteligencia artificial, los robots colaborativos, la nanotecnología y el mundo digital a la planta o a la bodega. En el panorama de la industria nacional no son abundantes los casos de las tecnologías que promulga la Industria 4.0. Por ejemplo, hay sierras que detectan la presencia de

tejido humano en su perímetro de corte y detienen la operación de forma automática. En Colombia existen plantas de manufactura que vieron la luz hace más de 20 años, cuyos procesos productivos usan equipos desactualizados, lo cual complica el salto. El concepto de Industria 4.0 lleva las comunicaciones a otro nivel en las empresas: interconexión de máquinas y personas a través del envío masivo de información; digitalización de servicios gracias a plataformas que se convierten en protagonistas en él y desarrollo de aplicaciones personalizadas para cada cliente. Las máquinas están generando redes sociales propias para comunicarse entre sí, y con las personas, en una integración permitirá mayor eficiencia operativa. Es un camino que trae competitividad, pero como lo advierte la Revista Suiza, editada con el auspicio de la embajada ídem en nuestro país, solo un pequeño grupo de empresas colombianas está recorriendo. Hay inversiones en las grandes pero los pequeños empresarios seguirán condenados a ver estos avances en revistas y documentales por algún tiempo. Ojalá nuestras empresas aprovechen las exenciones tributarias creadas recientemente para renovar planta y equipo. (FENALCO, 2019).

4.2.5 4.0 en Colombia.

En Colombia, Los avances han sido pocos y algo lentos, pero ya estamos recorriendo camino. Por ejemplo, se destacan casos como el de Bavaria, que viene digitalizando sus plantas en el país para hacer más eficiente el proceso de producción de la cerveza. Otro caso es el de la Cervecería del Valle, que cuenta con la más alta tecnología lo cual le permite una operación más controlada, eficiente y rápida.

El grupo Corona, Sura y la mayoría de los bancos también extienden hoy en día proyectos de transformación digital. En varias plantas del Grupo Corona, por ejemplo, existen robots realizando importantes tareas en la línea de producción y sistemas de trazabilidad permiten la correcta gestión de datos para la toma de decisiones. El sector minero implementa tecnologías de telecomunicaciones e internet de las cosas para automatizar los dispositivos utilizados en esta industria. El sector de PyME también participa. MinTIC ha invertido 138.000 millones de pesos desde 2012 en 70 programas de transformación digital de medianas y pequeñas empresas.

Con la elección de Medellín como Centro de la Cuarta Revolución industrial en la región, se espera el ajuste de políticas en la gobernanza que beneficien esta adaptación y que las buenas prácticas digitales se propaguen entre los industriales, emprendedores, científicos y educadores, y tanto la ciudad como el país, puedan estar a la vanguardia que esta nueva era tecno-digital trae a pasos agigantados.

Avanzar con las capacidades digitales de la Industria 4.0 es importante para las empresas industriales. Sin embargo, un enfoque paso a paso es importante. Esto incluye planificar una estrategia, crear proyectos piloto iniciales, considerar cómo puede organizarse mejor el análisis de datos y desarrollar soluciones completas de productos y servicios para los clientes. La industria 4.0 será de gran beneficio para aquellas compañías que entienden completamente lo que significa para la forma en que hacen negocios. Los cambios de esta naturaleza trascenderán los límites de una empresa, así como los límites nacionales de los países donde una organización hace negocios. (Furore, 2019).

5 Marco teórico

A continuación, se hablará sobre unos conceptos teóricos que sirven para entender la industria 4.0 y como integrarla en la gestión del mantenimiento de una organización. Los temas para exponer son: definición, factores, gestión del mantenimiento, gestión de activos, pilares de la industria 4.0: Big data y análisis de datos, sistemas de integración e internet de las cosas.

5.1 ¿Qué es la industria 4.0?

La Industria 4.0 la podemos definir como un modelo innovador para la industrial, la autoorganización y la autogestión proceso de producción totalmente automatizados, que operan de modo autónomo e interactúan entre sus propios sistemas, en los que el núcleo son las nuevas tecnologías de internet, comunicaciones y medición, donde el papel de los humanos está limitado a su planeación, ejecución y evaluación del mantenimiento técnico, lo que requiere nuevas competencias de especialistas en la industria 4.0 y está acompañado de cambios sociales (Sukhodolov, 2019).

La Industria 4.0 nace paralelamente con la fusión de tecnologías en un entorno digital, y los términos 'digitalización' e 'Industria 4.0' por lo general se usan de manera asociada, a pesar de que

la digitalización, que ya ha afectado a toda la sociedad durante años, tiene una importancia mucho más amplia que la producción industrial. Para la Industria 4.0, la digitalización está esencialmente relacionada con la conectividad y la interacción entre los equipos y humanos, se tiene la expectativa que transforme el diseño, elaboración, operación, servicio de productos y procesos de producción. Modelos nuevos o mejorados de operación incluyen la toma de decisiones predictivas a través del análisis de Big Data; complejidad mínima a través de una mayor coordinación; nuevas formas de colaboración y coordinación, flexibilidad en cuándo, dónde producir y contribución digital mejorada a la productividad humana, desde el juicio humano hasta la inteligencia artificial (Sjøbakk, 2018).

La Industria 4.0 es un modelo innovador de organizar, integrar y mejorar la producción industrial, basada en una desarrollada digitalización y automatización de los procesos de producción, que disminuye los límites entre los objetos físicos, transformándolos en un sistema complejo e integral de elementos interconectados e interdependientes (Sukhodolov, 2019).

El nuevo entorno digital está modificando la forma en que los productos se diseñan, se crean y se entregan a los clientes. Aunque se espera que los productos, los bienes, los servicios y la innovación inteligente promuevan el desarrollo de la empresa, las cadenas de suministro y las fábricas son los principales promotores de la eficiencia del nuevo paradigma industrial. Podría expresarse que la transformación hacia la Industria 4.0 es una adaptación tanto de las fábricas como de las cadenas de suministro: de procesos tradicionales a 'fábricas inteligentes', 'fábricas digitales' o 'fábricas del futuro', y de cadenas de suministro tradicionales a 'redes de suministro digital' (Sjøbakk, 2018).

Si bien, la percepción de Industria 4.0 se consolida, no existe una idea clara de cómo convendría abordarlo en las empresas. Hace falta una razón común de cómo las empresas deberían adaptarse a la Industria 4.0, dicha transformación es sin duda una imperiosa estrategia que requiere un compromiso de largo plazo. En vez de invertir en nuevas tecnologías de manera ad hoc, las organizaciones deben acoger una dirección sistemática para abordar las oportunidades tecnológicas en toda la cadena de suministro (Sjøbakk, 2018).

Los estrategias sugieren a las organizaciones que piensan en la adopción de Industria 4.0, planificar las futuras iniciativas de la empresa y maximizar el potencial productivo (Lalic, Majstorovic, DELIC, & TASIC, 2017). A medida que mejora la Industria 4.0, el modelo de negocio tradicional de fabricación está mejorando constantemente, cambiando y con esto surgiendo a nuevos modelos. Como tal, las empresas ya posicionadas en el mercado deben operar rápido para examinar y reaccionar ante estos nuevos retos competitivos (Sung, 2018). Específicamente, los ejecutivos deben reflexionar las siguientes opciones, descritas por (Sung, 2018), y estar atentos a otras que puedan estar desarrollando sus potenciales competidores (Baur & Wee, 2015).

- ‘Plataformas’, Los productos, bienes servicios e información tienen la capacidad de intercambiarse a través de flujos predefinidos. Por ejemplo, los softwares de código abierto aplicado a contexto de fabricación.
- Servicios de pago por uso y por suscripción.

- Organizaciones que conceden licencias de propiedad intelectual. En la actualidad, muchas compañías manufactureras tienen una gran experiencia en sus productos y procesos, pero necesitan de la experiencia para generar valor a partir de su información
- Negocios que generan valor por sus datos.

El proceso de productivo de bebidas cuenta con diferentes etapas, iniciando con la obtención y almacenamiento de agua tratada, desmineralización del agua, elaboración de producto, embotellado, control de calidad y embalaje.

- Obtención y almacenamiento de agua tratada: El agua tiene un proceso de tratamiento químico, con el objetivo de eliminar las suspensiones y poder sedimentar las sustancias orgánicas. Posterior a este proceso, se realiza la filtración de carbón activado y arena para retener las partículas que quedan después de la sedimentación y finalmente el agua pasa por un filtro UV para la eliminación de bacterias que no se hayan eliminado en los anteriores pasos.
- Desmineralización del agua: Existe otra línea de entrada de agua, la cual se desmineraliza por intercambio iónico y luego es filtrada por capas de resina, donde retienen las sales y minerales. Esta agua es usada para el lavado de envases plásticos y vidrio.
- Elaboración de producto: Es la parte fundamental del proceso productivo. En este paso, se realiza la elaboración de la bebida de acuerdo con las características de producto. Pueden existir diferentes productos elaborados y almacenados de acuerdo con la demanda y plan de producción de la empresa. El proceso de elaboración cuenta con sistemas de

almacenamiento principal y satélites, sistemas hidráulicos y tuberías de entrada al proceso de embotellado

- Embotellado: En este proceso se envasa la bebida debidamente procesada, de acuerdo con las normas y estándares preestablecidos. En este proceso existe una relación entre las velocidades de producción, de acuerdo a los diferentes productos; tomando como referencia la velocidad nominal de la llenadora y ratio de producción.
- En el proceso de embotellado, se efectúan diversos controles de calidad; que permitan conocer, desde la calidad del lavado del envase hasta la apariencia y conservación del producto final.

En la etapa de embotellado de bebidas, existen diversos controles de calidad, rendimientos y capacidad del proceso; donde se verifican las causas negativas que pueden presentarse en un periodo determinado en el proceso productivo.

- Embalaje: Última etapa de agrupación del producto final, la cual corresponde a líneas de transporte del producto embotellado a sistemas de embalaje para su almacenamiento y distribución.

Así, La Industria 4.0 permite a las organizaciones optimizar los cuatro niveles de operaciones a través de una mayor supervisión de todo el proceso productivo de bebidas, lo que garantiza una mayor trazabilidad y un mejor control del rendimiento, para una toma de decisiones más inteligente. Los cuatro niveles son los siguientes:

- Cosas: Partes individuales de piezas de equipos, como son los instrumentos de medida que recogen los datos que permiten controlar el desempeño de una pieza o equipo en particular.

- Equipos: Control y monitoreo del desempeño de un equipo o sistema completo o de una línea de producción de bebidas.
- Gestión de operaciones de fabricación: Conectividad de toda la fábrica o planta de producción y monitorea su desempeño
- Sistemas empresariales: Monitorea la planificación y el desempeño de la planta o múltiples plantas de producción de acuerdo con las necesidades y demandas del mercado.

El objetivo de la industria 4.0 es reunir todos estos elementos, donde permitiría a las organizaciones analizar, monitorear, controlar y tomar decisiones en base al volumen de todos los datos que se producen en el proceso productivo de bebidas y los cuatro niveles de operaciones ya descritos, así descubrir de manera oportuna como es el funcionamiento de la operación y obtener soluciones más inteligentes para los problemas o fallas que surjan. La industria 4.0 permitirá que el proceso productivo de bebidas sea más eficiente y permita la trazabilidad y transparencia en toda la información adquirida en cada etapa productiva, lo que permite operar con los costos más bajos posibles y obtener el mayor rendimiento viable.

Actualmente la industria enfrenta el reto de continuar con las operaciones y proteger la salud de los trabajadores. Para que las empresas logren sus objetivos de forma segura, existen herramientas que ofrecen los beneficios de la industria 4.0 utilizando tecnologías en un entorno de fácil uso para los usuarios, con aplicaciones modulares, escalables y con implementación ágil para un mayor retorno de la inversión (Garcia , 2020).

En un proyecto de modernización de sistemas industriales obsoletos, por lo general son los responsables de mantenimiento o de ingeniería quienes promueven alguna de las soluciones de manufactura inteligente más adecuadas según la realidad de cada empresa.

De hecho, ellos tienen un peso importante al momento de decidir su implantación, porque forma parte de una necesidad, por lo que la puesta en marcha de estas nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento de la producción no solo logrará optimizar el funcionamiento actual de la planta, sino que impulsarán la productividad (SINCI, 2019).

5.2 Gestión del mantenimiento

Las máquinas están en el corazón de las fábricas modernas, y su buen funcionamiento requiere la adopción de programas de mantenimiento inteligentes. Las GMAO (gestión de mantenimiento asistido por ordenador) 4.0 permiten recoger y analizar datos mediante sensores para generar algoritmos predictivos. Una mano de obra bien formada permite establecer programas de mantenimiento predictivo y optimizar el ciclo de producción. De hecho, el objetivo del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), que desempeña un papel crucial en este proceso, es conectar las máquinas entre sí y las máquinas con los seres humanos. El mantenimiento predictivo permite detectar los defectos antes de que se produzcan para que los profesionales del mantenimiento puedan tomar las medidas necesarias y asegurarse de que no se produzcan problemas. (Ralitsa, 2018).

Una solución de mantenimiento de nueva generación permite provocar una transformación digital en la fábrica, y proporciona una interfaz fácil de usar para todos los miembros del equipo.

Las GMAO de la Industria 4.0 pueden integrarse fácilmente en el contexto del Internet de las Cosas, la nube y del cognitive computing, para convertirse en un elemento indispensable de la fábrica inteligente. La solución de gestión de mantenimiento conecta y transmite informaciones entre los departamentos de la empresa, pero también entre sensores, dispositivos o sistemas. Gracias a los datos recogidos, algunas soluciones de mantenimiento de nueva generación pueden generar potentes análisis para apoyar a los profesionales en la toma de decisiones y la resolución de problemas.

Una solución moderna ayuda a recoger los datos de forma automática y continua, gracias a sensores Bluetooth o RFID y una intervención humana mínima, para ayudar a los profesionales a crear un plan de mantenimiento predictivo eficaz (Ralitsa, 2018).

5.2.1 Ventajas de la GMAO

a) Prevención de la Avería

Al tener un control casi en tiempo real de los activos, se va a poder advertir sobre posibles fallos y que sea posible aplicar un mantenimiento preventivo antes de que ocurra la falla, evitando paradas no programadas que afecten la producción (INICOM INDUSTRIA, 2021).

b) Plan de mantenimiento industrial más organizado

Con la GMAO puede dar un diagnóstico general de la organización y detectar las zonas que están fallando; lo que hace que la gestión del mantenimiento tenga una visión sobre sus procesos

evitando emergencias de paradas que alteren el plan de mantenimiento preventivo y con si la producción (INICOM INDUSTRIA, 2021).

c) Fomentación de la cooperación y proactividad

Se obtendrá una mejor interacción entre operario – maquina. Haciendo que los trabajadores conozcan más a fondo las máquinas y puedan aplicar cada uno de los análisis realizados, para la toma de decisiones adecuadas que garanticen la productividad (INICOM INDUSTRIA, 2021).

d) Historial de la maquinaria

Todos los datos recolectados e introducidos en la GMAO son almacenados en una nube para que puedan ser consultados cuando sean requeridos. Es decir, que, si un activo presenta problemas durante su operación, puedes mirar esta novedad de manera remota y advertir sobre lo que está sucediendo, dando la capacidad de tomas decisiones para evitar problemas más graves y poder dar solución a la falla (INICOM INDUSTRIA, 2021).

e) Incremento de la productividad

Reducción de costos por paradas no programadas y fallas se reducen en gran proporción (INICOM INDUSTRIA, 2021).

5.2.2 Desventajas de la GMAO

La GMAO también presenta sus desventajas al tratar de incorporarla en la organización:

a) Una alta inversión inicial

Si la empresa no está adecuada para la implantación de Industria 4.0, si se poseen activos que no son capaces de enviar sus datos de operación se deben sustituir, o al no poseer un sistema de información capaz de recolectar, procesar y organizar los datos se debe realizar la inversión en un sistema con todos los requerimientos de funcionamientos necesarios, teniendo en cuenta principalmente la seguridad informática, y todo esto se ve reflejado en grandes costos de inversión.

La implantación de GMAO es una buena inversión, pero por los altos costos muchas veces no se realiza una implantación actual, si no largo plazo (INICOM INDUSTRIA, 2021).

b) Burocratización de los procesos

La GMAO solo marcha si tienes recogidos todos y cada uno de los datos. Lo que significa que se ha de tener toda la maquinaria de la planta de producción controlada mediante sensores gracias al IoT (Internet of Things) y eso supone una gran implantación de tecnología de golpe para poder asegurar un correcto funcionamiento de la GMAO (INICOM INDUSTRIA, 2021).

c) Incremento de personal improductivo

El aumento de la aplicación de las tecnologías industriales lleva con si la contratación de personal que no está directamente relacionado con la producción, sino con las actividades de mantenimiento y administración de la información. La GMAO con el tiempo ayudara a reducir los costos, al consolidar una gestión de manteamiento con menos paradas y fallas que afecten la producción, obligara a realizar una inversión económica extra en personal que se encargan en actividades no relacionadas directamente con la producción, sino más bien con la gestión y administración de datos informáticos (INICOM INDUSTRIA, 2021).

5.3 Pilares de la industria 4.0

5.3.1 Internet de las cosas

Este pilar juega un papel esencial a través del uso de sensores y dispositivos conectados en red. Derivado del acrónimo IoT y adaptado a la industria. En este campo se busca que las máquinas, productos y piezas sean capaces de comunicarse entre sí para facilitar oportunidades de optimización y facilitar la toma de decisiones individualizadas en tiempo real durante el proceso productivo.

El Internet de las cosas es la conexión entre la red de los objetos físicos, entornos, vehículos y máquinas a través de dispositivos electrónicos que permite la recogida y el intercambio de informaciones. En la industria de bienes y servicios, la IoT representa diferentes tecnologías que antes estaban desconectadas y ahora están interconectados a través de una red basada en IP. Esta es una de las bases del crecimiento digital. Aplicado a la industria 4.0, este concepto pretende que un mayor número de dispositivos se añaden y se conectan por medio de estándares de tecnología, permitiendo que los dispositivos de campo para comunicarse e interactuar unos con otros como controladores más centralizados.

Este concepto se reutiliza en la industria, dotando a la tecnología de sensores y acceso a una red, la distinta maquinaria de una planta puede enviar y recibir información actuando de manera coordinada y autónoma, conectando a los vehículos, brazos articulados y diferentes dispositivos a una conexión común.

El Internet Industrial de las cosas (IIoT) consiente en la comunicación entre todos los dispositivos dentro y fuera de la compañía. IIoT es una red no determinista y abierta en la que los procesos inteligentes autónomos y los objetos virtuales son interoperables e idóneos de actuar de forma independiente persiguiendo sus propios objetivos (u objetivos compartidos) dependiendo del argumento, los contextos o los entornos (Equipe ESSS, 2017).

5.3.2 Big Data.

La industria 4.0 es la fusión del mundo real con el mundo virtual. Esta revolución digital está marcada por la tecnología que aprovecha el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA) para nutrir sistemas de aprendizaje automático. Los fabricantes en el mercado actual buscan lograr la inteligencia empresarial a través de la recopilación, el análisis y el intercambio de datos en todos los dominios funcionales clave para poder lograr la excelencia productiva.

La interconexión entre sistemas y ordenadores y la capacidad de análisis de grandes cantidades de datos han hecho posible la existencia de máquinas inteligentes que pueden tomar decisiones con conocimiento de causa y sin ningún humano involucrado. El Internet of Things (IoT) lleva conectando elementos muchos años, pero el valor extraído de los datos a través del Big Data ha llevado el término a un nuevo nivel: El Internet de los Sistemas.

La cantidad de información que producen IoT y los sistemas de fabricación actuales debe traducirse en ideas procesables. Por eso, el Big Data clasifica la información recopilada y extrae

conclusiones relevantes que ayudan a mejorar las operaciones de las empresas de las siguientes maneras:

Mejora de procesos de almacén: Gracias a sensores y dispositivos portátiles, las empresas pueden mejorar la eficiencia operativa al detectar errores humanos, hacer controles de calidad y mostrar rutas óptimas de producción o montaje.

Eliminación de cuellos de botella: Big Data identifica los variables que puedan afectar el rendimiento, sin coste adicional, guiando a los fabricantes en identificar el problema.

Demanda de predicción: Predicciones más precisas y significativa gracias a la visualización de actividad a través de análisis interno (preferencias de clientes) y externo (tendencias y eventos externos) más allá de datos históricos. Esto permite a la empresa modificar/optimizar su cartera de productos.

Mantenimiento predictivo: Sensores nutridos por datos identifican posibles fallos en el funcionamiento de la maquinaria antes de que se convierta en avería, al identificar rupturas en patrones. El sistema envía una alerta al equipo para que reaccione a tiempo.

Estos son sólo algunos de los beneficios del análisis de Big Data en los sistemas de producción, pero hay muchos más; seguridad mejorada, optimización de carga, gestión de la cadena de suministro, análisis de no conformidad, etc.

Un altísimo porcentaje, y cada vez mayor, de las actividades empresariales entran o se relacionan con Internet. Esto aumenta la cantidad de datos registrados y almacenados por las empresas, tanto

a nivel online como a nivel offline, a niveles exponenciales, lo que supone un desafío y una dificultad para gestionar y analizar estos datos por parte de los negocios.

Si bien las empresas industriales hace años habitaban exclusivamente en áreas geográficas delimitadas y tenían una demanda constante y muy localizada, ahora deben convivir y coexistir con muchas otras empresas en un contexto donde no existen las barreras físicas.

Si una empresa elige no implementar Big Data, se quedará atrás y perderá toda ventaja competitiva a favor de sus competidores, destinada a no sobrevivir. Si una empresa elige implementar Big Data de forma complementaria y sin una estrategia, habrá gastado tiempo y dinero para terminar como la primera. Pero si una empresa consigue internalizar su estrategia Big Data y conectar sus procesos, tendrá infinitas más posibilidades de éxito en el entorno 4.0.

El Big Data ayuda a integrar sistemas previamente aislados para que las empresas puedan obtener una visualización completa de los procesos de fabricación. Además, automatiza la recopilación y el análisis de datos, facilitando un mayor entendimiento del estado de cada uno de los sistemas, juntos y por separado.

La aplicabilidad del Big Data también radica en las estrategias empresariales directamente involucradas en la fabricación, dando a lugar sistemas como:

- Planificación de recursos empresariales.
- Sistemas de gestión de relaciones con proveedores.

- Sistemas de gestión de ciclo de vida del producto.
- Sistemas más responsables con el medioambiente

La información se analiza en tres capas de perspectivas que incluyen datos tanto del pasado, como del presente y del futuro, lo que permite obtener una visión completa que incluya razonamientos sobre causalidades y proyecciones de cara al futuro.

Este método de gestión integrado en la cadena de suministro y basado en datos, a la vez que aumenta valor y eficiencia en el proceso de fabricación, ayuda a reducir requisitos de inventario y capital a medio-largo plazo.

Las fábricas modernas se están volviendo cada vez más complejas e interconectadas, creando nuevos retos que la automatización, impulsada por el Big Data, puede abordar. Los grandes datos resultantes del IoT y de los sistemas informáticos modernos han permitido a las fábricas inteligentes disparar rápidamente su eficiencia y obtener beneficios significativos respecto al aumento del tiempo de funcionamiento, la aceleración de la producción y la disminución de errores.

Las posibilidades de interconexión, facilitadas por el IoT, han ido creando redes de información muy grandes y complejas. Sin el Big Data, las tecnologías 4.0 no habrían podido descifrar y sacarle valor a toda esa información para poder aprender, generar patrones de análisis predictivo y funcionar de forma autónoma y de manera tan precisa. Por tanto, sin Big Data, no habría podido existir la industria 4.0, ni tampoco las tecnologías inteligentes que la forman.

5.3.3 Sistemas de integración.

Los Sistemas de Producción Ciber-Físicos (CPPS) están basados en la cooperación vertical y horizontal en toda la cadena de valor. Esta cooperación se da en tiempo real entre máquina e internet, máquina y persona y máquina a máquina.

Para poder explicar este concepto, lo mejor es remontarse a la definición de cadena de valor de Porter en 1987. La cadena de valor es una herramienta de análisis empresarial. En la cual se describen todas las actividades y competencias de la empresa que dan valor a un producto. Por un lado, se busca que cada actividad que realiza la empresa genere el mayor ingreso posible. Si no se puede, entonces se busca que dicha actividad cueste lo menos posible. Al final, lo que propuso Porter es una estrategia para maximizar el margen de ganancia de una empresa. Dividir las actividades en bloques permite comparar el costo y rendimiento de cada actividad en relación a la competencia. Además, conocer el desempeño de cada actividad será útil para reconocer cómo esta contribuye a las necesidades del cliente. Exponer las fortalezas y oportunidades permite distinguir una empresa de la competencia y por lo tanto determinar su ventaja competitiva. Aún mejor, también permite identificar las actividades que requieren optimización o mejor coordinación con otras actividades.

Según Porter, las actividades de valor de una empresa se dividen en 2 tipos:

Actividades Primarias: Son las actividades relacionadas con la creación del producto, su venta, la distribución al comprador y el servicio postventa.

- Logística interna: Todo lo relacionado con la gestión y administración de la recepción, almacenamiento y distribución de materias primas y materiales.
- Operaciones: Se refiere a tomar las materias primas y materiales desde la logística de entrada para crear el producto.
- Logística Externa: Todo lo relacionado a la distribución del producto desde el centro de producción hasta la entrega al comprador.
- Marketing y Ventas: Se refiere a todas las herramientas que ayudan en el proceso de ventas. Desde los gastos publicitarios hasta el control y administración de las ventas.
- Servicios: Todo lo relacionado a la administración de cualquier instalación hasta el servicio al cliente después de una venta.

Actividades Secundarias o de Soporte: Son aquellas que sustentan las actividades primarias, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y otras funciones de toda la empresa. Las actividades de apoyo pueden asociarse con actividades primarias específicas como el marketing. Pero también pueden asociarse como el apoyo a toda la cadena de valor. De las actividades secundarias, la infraestructura no está asociada a ninguna actividad primaria, sino a toda la cadena completa.

Retomando la Industria 4.0, los Sistemas de Producción Ciber-Físicos se caracterizan por un flujo de información a través de toda la cadena de valor. Recordemos que la tecnología de la Industria 4.0 facilita la transferencia de información entre personas, máquinas y la nube. Gracias a Big Data podemos almacenar grandes flujos de información. Y gracias al análisis y ciencia de datos podemos darle un sentido a la información almacenada. Todo ese esfuerzo para que seamos

capaces de optimizar y coordinar en tiempo real las actividades primarias. Proceso también conocido como integración horizontal de la cadena de valor. Pero también seremos capaces de optimizar y coordinar en tiempo real las actividades secundarias. Proceso también conocido como integración vertical de la cadena de valor.

Finalmente, hay que mencionar que la integración horizontal y vertical no están limitadas dentro de una misma empresa. Por ejemplo, una gran trasnacional puede incluir en su integración horizontal a fábricas en otros lados del planeta. También puede incluir en su integración horizontal la cadena de valor de sus proveedores. De la misma manera, una empresa puede incluir en su integración vertical a la empresa con la que subcontrata personal. O incluso incluir en su integración con sus prestadores de servicios para mejorar la coordinación de actividades de apoyo.

5.4 Auditoría de Mantenimiento

Una auditoría de mantenimiento es la mejor forma de conocer el estado de nuestros equipos y realizar acciones para lograr mejores rendimientos. Muchas empresas sienten que la gestión de mantenimiento es uno de los últimos sectores donde deben invertir. Esto es lógico, ya que no es una inversión que ofrezca retornos en el corto plazo. Pero, para quienes han entendido la importancia fundamental de esta área, realizar auditorías periódicas les ayudará a entender cómo las inversiones se están rentabilizando. También permitirá conocer dónde debe ponerse más atención y qué tareas necesitan mejorar (MANCUZO, 2020).

5.4.1 ¿Qué es la Auditoría de Mantenimiento de Equipos?

Una auditoría de mantenimiento de equipos consiste en un análisis de las prácticas de mantenimiento de una organización. El fin es comparar la situación actual con el escenario ideal y determinar, así, qué cosas deben mantenerse, eliminarse o mejorarse. Las evaluaciones suelen ser efectuadas por empresas externas, especializadas en las mejores prácticas de mantenimiento. Bien ejecutada, concluirá con una serie de datos que facilitarán revisar la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento de nuestro negocio (MANCUZO, 2020).

Lo que se busca es:

- Confiabilidad, fiabilidad y mantenibilidad.
- Mejorar los indicadores clave de mantenimiento (KPIs).
- Aumentar la productividad de toda la organización.
- Disminuir los costos y las tareas de mantenimiento correctivo, priorizando el mantenimiento preventivo, basado en condición, proactivo y predictivo.
- Definir las prácticas adecuadas para los objetivos y las necesidades de la empresa.

5.4.2 Tipos de Auditorías de Mantenimiento

5.4.2.1 Auditoría Técnica de Mantenimiento

En este tipo de auditoría de mantenimiento industrial, las evaluaciones identifican el estado técnico en el que se encuentran los activos. Se trata de una radiografía de cada uno de los equipos, tanto individualmente como funcionando en conjunto.

Los expertos visitan la planta y realizan:

- El estudio de documentación y los datos que se pueden obtener en sala de control.
- Entrevistas con los técnicos.
- Inspecciones sensoriales.
- Pruebas en campo, con herramientas profesionales.

Con todos los datos recolectados, el auditor puede hacer un informe del estado técnico de la instalación y proponer puntos de mejora. Este tipo de auditorías no ahonda mucho más en las prácticas gerenciales o la filosofía aplicada a las tareas de mantenimiento. Simplemente, es una fotografía del estado de los activos de la planta. Un proceso de auditoría completo incluiría una evaluación técnica como primer paso para una auditoría de gestión. Es decir, las empresas que determinan cierta degradación en sus equipos también están interesadas en saber si los problemas se deben a deficiencias en el diseño o manejo inadecuado del mantenimiento (MANCUZO, 2020).

5.4.2.2 *Auditoría de Gestión en Mantenimiento*

La auditoría de gestión incluye aspectos más profundos y ahondan en las causas por las que se ha llegado a una situación técnica determinada. Con una evaluación técnica podemos determinar la condición de las máquinas y, con los resultados, aplicaremos las acciones correctivas necesarias. Pero atención: aunque se identifiquen los puntos a reparar, al cabo de un tiempo volverán a haber

fallas si no se analiza la calidad de la gestión de mantenimiento en la instalación. Tareas que se Auditarán en la Gestión de Mantenimiento (MANCUZO, 2020):

- El desempeño del personal de mantenimiento: sus prácticas rutinarias y el rendimiento a la hora de cumplir con las tareas asignadas.
- El plan de mantenimiento: cómo se ha diseñado, desarrollado e implementado. Se entrevista a los responsables y se analiza la filosofía a largo plazo.
- La gestión del mantenimiento correctivo: siempre entendiendo que no debe significar el mayor porcentaje de tareas en un plan de mantenimiento.
- Las herramientas utilizadas: su estado, mantenimiento, calidad y técnica.
- La gestión de inventario: las piezas deben calificarse y estar disponibles rápidamente cuando se necesitan para el mantenimiento o las reparaciones de rutina. De otra forma, el tiempo de inactividad se prolonga.
- La generación de información: los informes deben ser periódicos y comunicables a todas las áreas críticas vinculadas con el equipo en cuestión.
- La implementación de un Software de Mantenimiento: será indispensable para la organización de todo el sistema de mantenimiento.
- El nivel de organización, estructura y profesionalismo del equipo de mantenimiento: los operarios deben conocer sus herramientas y estar actualizados en cuanto a las normas de seguridad e higiene, así como las últimas tecnologías incorporadas.
- Control de órdenes de trabajo y tecnologías de mantenimiento preventivo / predictivo: este aspecto puede gestionarse a través de un CMMS, ya que cubrirá todas las necesidades de comunicación entre los operarios y gerencia.

- Los niveles de seguridad e higiene: muchas veces se implementa una auditoría especial para esto, ya que existen normas rigurosas según el sector industrial que se audite.
- La integridad medioambiental y la eficiencia energética: la normativa ambiental es particularmente crítica para las auditorías. Las empresas deben cumplir con protocolos de no contaminación, y las auditorías ambientales serán fundamentales para esto.
- Análisis de criticidad: para poder generar una jerarquía sobre las máquinas más importantes para el proceso.

5.4.2.3 *Auditoría de Mantenimiento Cuantitativas*

Las auditorías por indicadores o cuantitativas se alejan de toda interpretación subjetiva. Ya que se limitan a tomar los indicadores o KPI (indicadores) que la instalación ofrece, son mucho más exactas. Los indicadores de mantenimiento son datos numéricos que pueden relacionarse. Estos permiten una comprensión profunda de lo que ocurre en una planta industrial, lo que ha ocurrido y lo que posiblemente ocurrirá. Las auditorías cuantitativas pueden ayudarte a definir cuáles son los indicadores clave que debes monitorear para lograr una gestión exitosa (MANCUZO, 2020).

6 Marco metodológico

El alcance del proyecto es cualitativo descriptivo, este estudio sirve para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos. (Vásquez Hidalgo, 2005)

Este será desarrollo cumplimiento los objetivos específicos según las actividades correspondientes, llegando al desarrollo del objetivo general. Para ello usaremos el siguiente diseño metodológico, para cumplir a cabalidad los objetivos propuestos.

Inicialmente debemos diagnosticar la gestión de mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoría, el propósito de este objetivo es conocer el estado actual de la gestión de mantenimiento utilizada en la organización. Las actividades por secuencia serian: Investigar sobre modelos de auditoria a la gestión de mantenimiento, teniendo como resultado escoger el modelo de auditoría adecuado para la organización, Ejecutar la auditoria correspondiente para recopilar la información necesaria para la investigación y analizar los resultados para concluir el estado actual en gestión de mantenimiento de la organización.

Realizado el análisis y conclusión del estado actual en gestión de mantenimiento de la organización, se debe establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables a este proceso, para ello se debe conocer las herramientas y metodologías de la industria 4.0 frente a la gestión del mantenimiento de este tipo de organización. Y así definir las adecuadas para la aplicación en la organización.

Por último, se define el modo de aplicación de las metodologías de la industria 4.0 seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización, para ello se debe analizar los posibles modos de aplicación y el más conveniente.

6.1 Fases del Estudio

El trabajo se fundamenta en tres fases que son:

1. **Primera fase:** es el diagnóstico del estado actual de la gestión de mantenimiento en la organización, a través de una auditoria cualitativa.
2. **Segunda fase:** es el análisis de metodologías de la industria 4.0, de las cuales se seleccionará la más opcionada teniendo como referencia los resultados de la fase anterior.
3. **Tercera fase:** es la propuesta de aplicación de la metodología seleccionada, como solución para mejorar las falencias más graves surgidas en la primera fase.

6.2 Recopilación de la información

Fuentes primarias: fuentes de información necesarias para la obtención de las necesidades bibliográficas como las bases de datos SCIEDIRECT y EBSCOhost, donde se consultaron revistas como IFAC-PapersOnLine, revista internacional de economía de la producción y Memoria Investigaciones en Ingeniería que nos permitieron realizar el desarrollo del proyecto.

Fuentes secundarias: los resultados de la autoría y su análisis.

6.3 Cronograma

Para el desarrollo de este proyecto se tiene el siguiente cronograma de actividades:

Objetivo Especifico	ACTIVIDADES	Meses																								
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				
		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Diagnosticar la gestión de mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoría.	A1. Investigar sobre modelos de auditoría a la gestión de mantenimiento.																									
	A1.2. Ejecutar la auditoría correspondiente.																									
	A1.3. Análisis y conclusión de resultados.																									
2. Establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento.	A2.1 Conocer las herramientas de la industria 4.0 frente a la gestión del mantenimiento de este tipo de organización.																									
	A2.2 Conocer las metodologías de la industria 4.0 que abarcar la gestión del mantenimiento.																									
3. Definir el modo de aplicación de las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización.	A3.1 Analizar posibles modos de aplicación de las metodologías de la industria 4.0.																									
	Establecer y presentar la propuesta Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas.																									

Tabla 1. Cronograma de actividades.

7 Desarrollo y resultados.

7.1 Diagnosticar la gestión del mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoría.

7.1.1 Selección del tipo de auditoría y el modelo aplicar:

Para el desarrollo del proyecto se sigue el cumplimiento de los objetivos específicos, así se consultaron los diferentes tipos de auditoría de mantenimiento (MANCUZO, 2020):

- **Auditoría Técnica de Mantenimiento:** En este tipo de auditoría de mantenimiento industrial, las evaluaciones identifican el estado técnico en el que se encuentran los activos. Se trata de una radiografía de cada uno de los equipos, tanto individualmente como funcionando en conjunto.
- **Auditoría de Gestión en Mantenimiento cualitativa:** La auditoría de gestión incluye aspectos más profundos y ahondan en las causas por las que se ha llegado a una situación técnica determinada. Con una evaluación técnica podemos determinar la

condición de las máquinas y, con los resultados, aplicaremos las acciones correctivas necesarias.

- **Auditoría de Mantenimiento Cuantitativas:** Las auditorías por indicadores o cuantitativas se alejan de toda interpretación subjetiva. Ya que se limitan a tomar los indicadores o KPI (indicadores) que la instalación ofrece, son mucho más exactas. Los indicadores de mantenimiento son datos numéricos que pueden relacionarse. Estos permiten una comprensión profunda de lo que ocurre en una planta industrial, lo que ha ocurrido y lo que posiblemente ocurrirá.

De estos tipos se seleccionó la auditoria de mantenimiento cualitativa por lo descrito anteriormente y por la disponibilidad de la información necesaria para el cumplimiento del primer objetivo específico. Ya conociendo el tipo de auditoria se prosigue con la consulta del modelo de auditoria, en la consulta bibliográfica se encontraron varias opciones como el software de auditoria de la empresa Qualitymant Group el cual es prepagado (Group, 2021), el servicio de auditoria pagada que ofrece la empresa AUDITOOL (AUDITOOL, 2021) y un cuestionario de auditoria de mantenimiento constituido por 105 preguntas gratuito, que se encontró en la bibliografía de la empresa de ingeniería y de formación técnica RENOVETEC, que tiene especialidad es el desarrollo de proyectos en las áreas de Generación de Energía, Mantenimiento Industrial y Energías Renovables; Por temas de costos de ejecución optamos por la última opción, está abarca los siguientes factores (García Garrido, 2009):

1. Desempeño del personal del Departamento de mantenimiento
2. Plan del Mantenimiento

3. Los procedimientos de mantenimiento
4. Sistema de información
5. Stock de repuesto
6. Resultados de mantenimiento
7. Medios técnicos empleados por mantenimiento
8. Gestión del mantenimiento

De estos escogimos los factores del 1 al 7, que abarcan las siguientes 90 preguntas (García Garrido, 2009):

1. ¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?
2. ¿Hay personal que pueda considerarse ‘imprescindible’ cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?
3. ¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?
4. ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?
5. ¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?
6. ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?
7. ¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?

8. ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la central mejoren?
9. ¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la central (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?
10. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?
11. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación especializadas?
12. ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar tareas mecánicas sencillas?
13. ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar tareas mecánicas especializadas?
14. ¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?
15. ¿Se respeta el horario de entrada y salida?
16. ¿Se respeta la duración de los descansos?
17. ¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?
18. ¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?
19. ¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?
20. ¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?
21. ¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?
22. ¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?

23. ¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?
24. ¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?
25. ¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?
26. ¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?
27. ¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?
28. ¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo?
29. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?
30. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?
31. ¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?
32. ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)
33. ¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?
34. ¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?
35. ¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?
36. ¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?
37. ¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?
38. ¿Los equipos de medida están calibrados?
39. ¿Existe un inventario de herramientas?
40. ¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?
41. ¿El taller está situado en el lugar apropiado?

42. ¿Está limpio y ordenado su interior?
43. ¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?
44. ¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?
45. ¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?
46. ¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?
47. ¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?
48. ¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?
49. ¿El plan de mantenimiento se realiza?
50. ¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?
51. ¿El número de averías repetitivas es bajo?
52. ¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?
53. ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?
54. ¿Este sistema se utiliza correctamente?
55. ¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?
56. ¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?
57. ¿La razón por la que las averías pendientes están pendientes está justificada?
58. ¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?
59. ¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?
60. ¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?

61. ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?
62. ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?
63. ¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?
64. ¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?
65. ¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?
66. ¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?
67. ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?
68. ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?
69. ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?
70. ¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?
71. ¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?
72. ¿El sistema informático supone una carga burocrática importante?
73. ¿El sistema informático aporta información útil?
74. ¿El sistema informático aporta información fiable?
75. ¿Los mandos de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema?
76. ¿Los operarios de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema?
77. ¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?
78. ¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?

79. ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?
80. ¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?
81. ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?
82. ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?
83. ¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?
84. ¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?
85. ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?
86. ¿El almacén está limpio y ordenado?
87. ¿El almacén está situado en el lugar adecuado?
88. ¿Es fácil localizar cualquier pieza?
89. ¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?
90. ¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?

De estas 90 preguntas seleccionamos las siguientes 47, debido a la disponibilidad de información:

1. ¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?
2. ¿El personal realiza las inspecciones de los equipos con guías impresas?
3. ¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?

4. ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?
5. ¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?
6. ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?
7. ¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento frente a nuevas tecnologías?
8. ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento mejoren?
9. ¿El plan de formación permite que el personal de mantenimiento aplique nuevas tecnologías en sus rutinas de inspección?
10. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?
11. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?
12. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?
13. ¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?
14. ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)?
15. ¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?
16. ¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?
17. ¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?
18. ¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?
19. ¿El número de averías repetitivas es bajo?

20. ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?
21. ¿Este sistema se utiliza correctamente?
22. ¿La razón por la que las averías pendientes están justificada?
23. ¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?
24. ¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?
25. ¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?
26. ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?
27. ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?
28. ¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?
29. ¿Se han implementado nuevos procesos en los procedimientos?
30. ¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea, utiliza el procedimiento aprobado?
31. ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?
32. ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?
33. ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?
34. ¿El personal registran las ordenes de trabajo en el sistema informático?
35. ¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?
36. ¿El sistema informático aporta información útil?
37. ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?
38. ¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?
39. ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?

40. ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?
41. ¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?
42. ¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?
43. ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?
44. ¿El almacén está limpio y ordenado?
45. ¿Es fácil localizar cualquier pieza?
46. ¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?
47. ¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?

7.1.2 Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en la organización:

Así continuamos con el diagnóstico de la gestión de mantenimiento actual dentro de la organización, la auditoría se realizó a 4 entrevistados pertenecientes a la organización de referencia local, estos resultados se pueden verificar en los anexos 2 y 3, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

7.1.2.1 *Factor desempeño del personal del mantenimiento:*

Se obtuvieron 18 respuestas positivas y 22 negativas, lo que revela una deficiencia en el desempeño del personal de mantenimiento, ya que más del 50% de las preguntas son negativas:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Desempeño del personal del departamento de mantenimiento	1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	NO	SI	SI	SI	3	1
	2	¿El personal realiza las inspecciones de los equipos con guías impresas?	SI	SI	SI	SI	4	0
	3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	NO	NO	NO	NO	0	4
	4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	SI	NO	NO	SI	2	2
	5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	NO	NO	NO	SI	1	3
	6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	SI	SI	SI	NO	3	1
	7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento frente a nuevas tecnologías?	NO	SI	NO	NO	1	3
	8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento mejoren?quijos con guias impresas?	NO	NO	NO	NO	0	4
	9	¿El plan de formación permite que el personal de mantenimiento aplique nuevas tecnologías en sus rutinas de inspección?	NO	NO	NO	NO	0	4
	10	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?	SI	SI	SI	SI	4	0
Total							18	22

Tabla 2. Tabulación resultados de auditorio factor 1



Diagrama 1 Resultados de factor desempeño del personal de mantenimiento

7.1.2.2 Factor medios técnicos empleados por Mantenimiento:

Se obtuvieron 10 respuestas positivas y 6 negativas, que nos indica que la organización cuenta con los medios técnicos necesarios, pero no los suficientes para el desarrollo de los mantenimientos:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Medios técnicos empleados por mantenimiento	11	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	SI	NO	SI	NO	2	2
	12	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	NO	NO	NO	NO	0	4
	13	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	SI	SI	SI	SI	4	0
	14	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc)?	SI	SI	SI	SI	4	0
Total							10	6

Tabla 3. Tabulación resultados de auditorio factor 2



Diagrama 2 Resultado de factor medios técnicos empleados por mantenimiento

7.1.2.3 Factor plan del mantenimiento:

Se obtuvieron 9 respuestas positivas y 7 negativas, lo cual no es un buen resultado ya que nos dice que hay falencias en la gestión de este tipo de mantenimiento frente a la producción:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Plan del Mantenimiento	15	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	NO	SI	SI	SI	3	1
	16	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	NO	NO	NO	NO	0	4
	17	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	NO	NO	SI	SI	2	2
	18	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	SI	SI	SI	SI	4	0
Total							9	7

Tabla 4. Tabulación resultados de auditorio factor 3



Diagrama 3 Resultado de factor plan de mantenimiento

7.1.2.4 **Factor gestión del mantenimiento:**

Se obtuvieron 7 respuestas positivas y 17 negativas, lo cual es un resultado insatisfactorio debido a que la gestión del mantenimiento debe ser un factor clave para la producción, por lo tanto, debe tener buenas tendencias de rendimiento y calidad:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Gestión del mantenimiento	19	¿El número de averías repetitivas es bajo?	SI	NO	NO	NO	1	3
	20	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	NO	NO	NO	NO	0	4
	21	¿Este sistema se utiliza correctamente?	NO	NO	SI	NO	1	3
	22	¿La razón por la que las averías pendientes están justificada?	SI	SI	SI	NO	3	1
	23	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	NO	SI	SI	NO	2	2
	24	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	NO	NO	NO	NO	0	4
	Total						7	17

Tabla 5. Tabulación resultados de auditorio factor 4



Diagrama 4 Resultado de factor gestión del mantenimiento

7.1.2.5 Factor procedimientos de mantenimiento:

Se obtuvieron 12 respuestas positivas y 12 negativas, lo cual es un gran déficit de la gestión del mantenimiento porque es la evidencia de que el personal no está recibiendo la formación necesaria respecto a los nuevos y modificados procedimientos empleados en la ejecución de los mantenimientos:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Los procedimientos de mantenimiento	25	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	SI	SI	SI	SI	4	0
	26	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	SI	SI	NO	SI	3	1
	27	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	SI	NO	SI	NO	2	2
	28	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	NO	NO	NO	NO	0	4
	29	¿Se han implementado nuevos procesos en los procedimientos?	NO	NO	NO	NO	0	4
	30	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea, utiliza el procedimiento aprobado?	SI	SI	SI	NO	3	1
Total							12	12

Tabla 6. Tabulación resultados de auditorio factor 5



Diagrama 5 Resultado de factor procedimientos de mantenimiento

7.1.2.6 Factor sistema de información:

Se obtuvieron 8 respuestas positivas y 16 negativas, lo que nos revela la necesidad de un mejor manejo del sistema, para hacer la información más clara y organizada para que sea más adecuada para el personal de mantenimiento:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Sistema de información	31	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	NO	NO	NO	NO	0	4
	32	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	NO	SI	SI	NO	2	2
	33	¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?	NO	NO	NO	NO	0	4
	34	¿El personal registran las ordenes de trabajo en el sistema informático?	SI	SI	SI	SI	4	0
	35	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	NO	NO	NO	NO	0	4
	36	¿El sistema informático aporta información útil?	SI	NO	SI	NO	2	2
Total							8	16

Tabla 7. Tabulación resultados de auditorio factor 6



Diagrama 6 Resulta de factor sistema de información

7.1.2.7 Factor stock de repuesto:

Se obtuvieron 17 respuestas positivas y 27 negativas, dejando al descubierto la necesidad de un mejor manejo de la información relacionada con los repuestos mínimos necesarios según la criticidad y frecuencia de las fallas, el stock disponible y los movimientos de los repuestos. Lo cual hace que el sistema de almacén tenga información desactualizada al momento de una necesidad o revisión:

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Stock de repuesto	37	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	NO	NO	SI	NO	1	3
	38	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	NO	NO	NO	NO	0	4
	39	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	SI	NO	NO	NO	1	3
	40	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	NO	NO	SI	NO	1	3
	41	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	NO	NO	SI	SI	2	2
	42	¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?	NO	NO	NO	SI	1	3
	43	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	NO	NO	SI	SI	2	2
	44	¿El almacén está limpio y ordenado?	SI	NO	NO	SI	2	2
	45	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	NO	NO	SI	NO	1	3
	46	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	SI	NO	SI	SI	3	1
47	¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?	SI	SI	SI	NO	3	1	
Total							17	27

Tabla 8. Tabulación resultados de auditorio factor 7

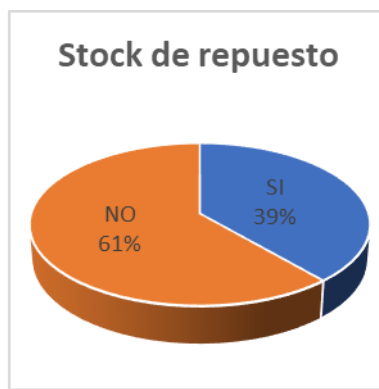


Diagrama 7 Resultado de factor stock de repuestos

Al analizar los resultados de esta auditoría tomamos los factores con más deficiencia como el desempeño del personal del mantenimiento, la gestión del mantenimiento, el sistema de información y stock de repuesto, lo que nos dan una gran evidencia de la necesidad de un mejor almacenamiento, organización, control y manejo de la información en la gestión del mantenimiento de la organización; especialmente la de los procedimientos, resultados de los mantenimiento e inventario de repuestos.

7.2 Establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento.

La gestión de mantenimiento actual en la planta de producción de bebidas se basa en actividades correctivas y preventivas de los activos y mantenimientos total de la línea cuando no se tiene programada producción y queda la línea en standby, es decir, se hace una intervención general a cada máquina, pero en la mayoría de estas actividades no se maneja un control organizado de los repuestos sustituidos y no se controla la frecuencia de cambio de estos. Debido a esto surge la propuesta de implementar la integración de la industria 4.0 en la gestión de mantenimiento, que controle y monitoree de forma organizada y programada todas las tareas e intervenciones a los equipos, como también los repuestos empleados y sus costos de mantenimiento. Se debe incorporar a la integración de industria 4.0 toda la gestión de información del actual modelo de gestión de mantenimiento, con los siguientes ítems:

- Inventario de Repuestos por Maquina
- Registros de Mantenimiento
- Formatos de Rutina de Mantenimiento
- Formato de Inspección de Maquinas
- Formato de Reporte de Fallas
- Costos de mantenimiento

Los activos que componen este proceso se describen a continuación, teniendo en cuenta su funcionalidad y operación de las etapas de la empresa de producción de bebidas:

7.2.1 Activos del proceso de producción de bebidas

7.2.1.1 *Sopladoras*

Las sopladoras rotativas SIPA logran elaborar envases estándares y multipropósito, o envases para bebidas con gas a que pueden que superan las 2.250 b/hora/cavidad, envases complejos tales como los requeridos para el llenado en caliente a productividades de 1.800 b/hora por cavidad, o bien soplar y manipular envases extremadamente livianos con una relación de estiramiento sumamente alta (superior a 15). Por su excelente ventilación de los hornos y a la cinemática de las transferencias simple y reducida, se pueden manipular fácilmente cuellos livianos y delicados incluso a las altas productividades precedentemente citadas. Las aplicaciones son múltiples: agua mineral, bebidas con gas, leche y bebidas a base de leche, aceite comestible, jugos de fruta, bebidas isotónicas, licores y cerveza.¹



Ilustración 1. Sopladora SIPLA [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. www.sipasolutions.es/](http://www.sipasolutions.es/)

¹ <https://www.sipasolutions.es/es/catalogo/produccion-de-envases/sfr-sopladoras-rotativas>

7.2.1.2 *Transportadoras*

La principal función es transportar las botellas desde la sopladora hasta la etiquetadora y posteriormente hacia la llenadora, a través de transportadores neumáticos con estructura de acero inoxidable, donde las botellas son sostenidas por el cuello y se deslizan a una velocidad programada a través de un perfil de UHMW por arrastre de aire producido por ventiladores equipados con filtro para evitar la contaminación de las botellas. Poseen ajuste rápido y fácil para modificaciones de formato a través de las guías laterales.²



¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.Mesal Maquinas

7.2.1.3 *Etiquetadora*

La función de este activo es colocar las etiquetas en las botellas a través de los equipos rotativos que tiene como labor el corte de la etiqueta, transferir el adhesivo y finalmente colocar la etiqueta

² <https://www.mesal.com.br/es/productos/manipulacion/transportador-aereo-2>

en la posición exacta en la botella. Existen varios tamaños o formatos donde las maquinas tienen un rango de actual de 250 – 510 bpm.³



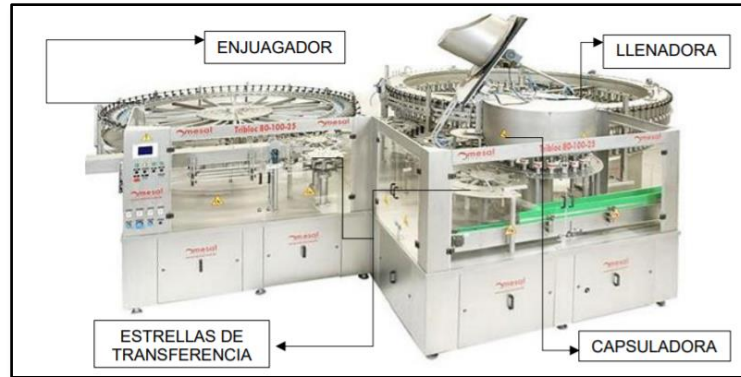
Ilustración 3 Etiquetadora SACMI. Fuente: Sopladora SIPLA Sacmi

7.2.1.4 *Envasadora*

Esta máquina se divide en tres subsistemas principales, como son enjuagador, llenadora y capsuladora. Estos sistemas se comunican entre si a través de estrellas de transferencia, el cual giran sincronizadas y su función principal es transferir las botellas entre estos subsistemas.⁴

³ <https://sacmi.com/es-ES/Food-Beverage/Bebida/Equietadora>

⁴ <https://www.mesal.com.br/pt>



¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Fuente: Mesal

7.2.1.5 *Empacadora*

Este activo posee dos funciones principales, la primera es organizar y separar las botellas que llegan a la empacadora y así organizarla de acuerdo a la distribución final, con pacas de 6, 8, 12, 15 y 24. La segunda función es empacar en las diferentes pacas con polietileno termo-encogible para pasar por el proceso de temperatura de contracción de 130°C a 160°C donde el polietileno se encoge, compacta y forma finalmente las pacas.⁵

⁵ <https://www.ftmpackaging.com/collections>



Ilustración 5. Empacadora Fuente: Mesal

A continuación, se describe de forma general las metodologías de mantenimiento que se desean ejecutar en los activos del proceso de producción de bebidas. Estas metodologías permiten mejorar el proceso y gestión de mantenimiento para tener un mejor control y organización en el desarrollo de cada intervención de mantenimiento:

- Ciclo PHVA
- Rutinas de Mantenimiento
- Software de Mantenimiento
- Control presupuestal de Mantenimiento

Analizando las metodologías que abarcan a la industria 4.0 a través de sus pilares, donde la mejor opción para atacar las falencias presentadas en el modelo de gestión, es el pilar de Big Data

con el cual la gestión del mantenimiento se puede apoyar para el almacenamiento y procesamiento de la información necesaria para la ejecución de las actividades de mantenimiento, haciéndola más precisa y detallada, al igual que las resultantes de estas; haciendo más fácil la asignación de tareas de mantenimiento al personal, y entregando una información detallada de cada proceso que facilitará los trabajos de mantenimiento al momento de corregir una falla.

Con la utilización de Big data se pueden obtener los datos necesarios para que la organización practique un mantenimiento total preventivo o predictivo, reduciendo así las paradas por fallos y falta de repuestos. Además de reducir los tiempos y costos de mantener actualizado el sistema de gestión del mantenimiento, desplazado el proceso de manual a un proceso más sistemático.

Conociendo el pilar que da una mejor opción es Big Data, procedemos con la definición, selección y modo de aplicación de la herramienta más adecuada, para eso conoceremos las posibles alternativas:

7.2.2 Herramienta SAP (Systems Applications Products).

El nombre proviene de una empresa multinacional alemana fundada en 1972 por antiguos empleados de IBM. Desde entonces, en nombre de esta compañía conocida mundialmente, los servicios de SAP o «Systems, Applications, Products in Data Processing», funcionan prácticamente en todos los ámbitos de la administración empresarial.

El desarrollo de la compañía ha sido tan acelerado que se ha convertido en líder en software ERP.

El sistema SAP es, como ya hemos mencionado antes, un sistema informático que hace que las empresas puedan administrar correctamente sus recursos humanos, productivos logísticos, gestión del mantenimiento, etc.

Al Sistema SAP se le relaciona con los sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales), por tratarse de un sistema de información que permite gestionar las diferentes acciones de una empresa, sobre todo las que tienen que ver con la producción, la logística, mantenimiento, compras y distribución.

Sus servicios destacan por cubrir, además, las necesidades tanto administrativas como las de sus clientes y proporcionar las herramientas que se necesitan.

7.2.2.1 *¿Cuáles son los módulos de SAP?*

- Módulo de SD, Sales and distribution: ventas y distribución al cliente
- Módulo de MM, materials management: stocks, facturas y todo lo relacionado con el producto de venta.
- Módulo PP, production planning: todo lo relacionado con fabricación.
- Módulo de HR, human resources: encargado de la gestión de recursos humanos.
- Módulo CO: encargado de la gestión de costes y beneficios.
- Modulo PM: Plant Maintenance PM: encargado de la gestión de mantenimiento.

7.2.2.2 *Ventajas y desventajas de SAP*

Los Sistemas SAP tienen sus pros y sus contras. Vamos a detallar las principales ventajas y desventajas de SAP:

- **Simplicidad.** Una de las ventajas de SAP es la simplicidad a la hora de utilizarlo. Al tratarse de un sistema que no necesita de muchos conocimientos técnicos, facilita al empleado familiarizarse más fácilmente con el sistema.
- **Flexibilidad.** Otra de las ventajas que es la flexibilidad que ofrece este sistema permite a las empresas la creación de reglas en el sistema SAP. Esto hará posible la canalizar los posibles fallos y errores. En las empresas, se puede decidir qué empleados tienen acceso a los datos que maneja el sistema SAP.
- **Actualización constante.** Una de las ventajas, que a la vez puede ser un obstáculo para el desarrollo, es la continua actualización del sistema. Esta en continuo cambio en función de las actualizaciones que se produzcan en los mercados o la productividad, pero, por otro lado, ese cambio tiene costes económicos que no todos los sectores se pueden permitir ante actualizaciones constantes.
- **Altos Costes.** Comenzando por la ya mencionada desventaja en cuanto a los costes inesperados o desmesurados que el Sistema SAP puede generar, hay que tener en cuenta que para aplicar este sistema es necesaria la adquisición del software y hardware necesarios para ejecutar los programas en la empresa y además el coste que supone la contratación de empleados que se encarguen de utilizar esta tecnología.

7.2.3 Recolección y Análisis de Datos.

La Recolección de Datos Automatizada (ADC) Enact facilita el capturar, combinar y comparar sus datos de manufactura. El ADC opcional de Enact usa el Sistema de Administración de Datos (DMS) de InfinityQS® y las herramientas del Servicio de Recolección de Datos para recolectar automáticamente valores de medida desde cientos de fuentes de datos de la planta, almacenándolos directamente en el depósito central de datos de Enact. Agregar ADC a su plataforma Enact le habilita para expandir el rango de procesos de la planta que puede monitorear, así como los tipos de datos que puede recolectar y analizar con Enact.

Con ADC de Enact, usted puede emparejar datos de calidad del subgrupo con información de manufactura, tal como número de parte, lote, y otras características, para que pueda obtener un verdadero entendimiento de cómo los parámetros de procesos clave afectan la calidad del producto. Los datos de un amplio rango de fuentes de datos pueden fluir automáticamente a su depósito central de datos, usando ADC de Enact, reduciendo la carga de trabajo del operador y mejorando el análisis de datos. Capacidades clave

La opción ADC de Enact simplifica la recolección de datos automatizada para un monitoreo y análisis en tiempo real mejorado.

7.2.3.1 *Conectividad amplia de datos*

Recolecte datos sobre la calidad desde múltiples fuentes de datos ADC de Enact usa las herramientas DMS y DCS de InfinityQS para capturar y almacenar automáticamente datos sobre la calidad en la plataforma Enact. DMS lee valores de medida de cientos de fuentes de datos, incluyendo Máquinas de Medición Coordinadas (CMM por sus siglas en inglés) verificadores de peso, bases de datos, dispositivos Ethernet y seriales, PLC (a través de servidores OPC), y archivos de texto estructurados (incluyendo CVS). DCS almacena estos datos en la base de datos de Enact la cual queda instantáneamente disponible para los usuarios Enact.

7.2.3.2 *Muestreo de Datos Configurable*

Personalice su recolección de datos para que coincida con sus procesos, cada proceso es diferente. ADC de Enact le capacita para muestrear con exactitud los procesos de flujos de datos, proporcionando un análisis estadístico significativo. Incluye Contexto operacional para un mejor análisis.

7.2.3.3 *El contexto mejora la resolución de problemas*

DMS puede acceder a sistemas de manufactura y recabar información que agrega contexto a los datos del subgrupo de calidad, haciéndola mucho más fácil de entender y de resolver problemas de calidad. Puede agregarse contexto adicional, incluyendo: Parte, proceso y lote desde una base de datos MES o ERP datos de proceso, tales como temperatura, presión, humedad, etc.

7.2.3.4 *Centralización de datos*

Habilite la toma de decisiones en tiempo real a través de la empresa. La habilidad de recabar y comparar datos de calidad de múltiples fuentes es vital cuando se trata de tomar decisiones en tiempo real y de mejorar las iniciativas de proceso. Usar ADC de Enact en todos sus sitios para alimentar automáticamente datos de calidad y proceso en su depósito de datos central dedicado Enact. Todos los datos de calidad serán almacenados en una ubicación altamente segura y disponible, simplificando grandemente el análisis y reporte de datos.

7.2.3.5 *Concesión de Licencias*

La Recolección de Datos Automatizada es un servicio opcional. Para empezar a usar ADC, los usuarios de Enact simplemente instalan el Sistema de Administración de Datos (DMS) InfinityQS requerido y las herramientas del Servicio de Recolección de Datos (DCS) dentro de su red de trabajo. Cuando se usa ADC, Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómeta programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción, así como atracciones mecánicas.

7.2.3.6 *Programación en PLC*

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómeta programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción, así como atracciones mecánicas.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías, copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real, donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

De las dos opciones antes mencionadas, SAP y ADC de Enact, analizando el contexto de estas aplicaciones en Colombia, se encontró que la más usada a nivel nacional es la plataforma SAP y tal uso va en aumento.

América Latina es una región con gran relevancia para SAP. La evidencia es que en la actualidad contamos con 40.200 clientes en esta zona del mundo. Los socios son clave para la estrategia de crecimiento. De hecho, la meta para 2020 es que el 100% de las ventas en el segmento

de Negocios Generales (SME) se realice a través de nuestro ecosistema. Durante el segundo trimestre de 2019, el segmento de socios y canales llamado General Business creció a triple dígito en Latinoamérica, en soluciones en la nube (Gómez G., 2019).

En Colombia es sumamente importante en términos de negocio y mercado. En este momento, SAP tiene 2.548 clientes en el país y vemos cómo las soluciones Cloud de SAP han tenido un crecimiento de doble dígito en este año y cómo cada vez más las empresas siguen apostándole a tener sus soluciones en la nube y a innovar. Tras las cifras entregadas recientemente por el Dane sobre el crecimiento del 3% del PIB, se puede hablar de un panorama alentador ya que esta cifra nos habla de una reactivación económica lenta, pero con buen camino (Gómez G., 2019).

SAP ha sido de gran uso en Colombia y tiene una gran variedad de módulos que se adaptan a muchos tipos de organizaciones, al igual que el personal ya tiene conocimiento o en algún momento han tenido relación con esta plataforma. Por esta razón, proponemos SAP como aplicación en la organización para mejorar la gestión del mantenimiento, a través del buen manejo de la información como: los cronogramas de capacitación y mantenimiento, el buen almacenamiento de la información recolectada antes, durante y después de cada actividad de mantenimiento, al igual que el correcto manejo del inventario de repuestos, optimizando la disponibilidad de stock y las solicitudes de compras. Esto ayudara a la organización a tener un mejor control y disponibilidad de la información para todos los procesos de la gestión del mantenimiento, aumentando su generación de valor.

7.3 Definir el modo de aplicación de las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización.

La propuesta del modo de aplicación de la metodología SAP en la gestión del mantenimiento se planteó con los siguientes pasos empíricos, teniendo en cuenta que el sistema SAP es propiedad privada y no se puede usar sin licencia por derechos de autor lo que podría generar problemas legales, por lo que se evitó el uso de imágenes esquemáticas de la interfaz del sistema:

1. Seleccionar de los diferentes módulos principales SAP el apropiado, de los cuales se escogió el creado para la gestión del mantenimiento, que es:
 - **SAP Plant Maintenance (PM):** con SAP PM llevamos las actividades relacionadas con el mantenimiento en la empresa. Con el módulo se puede llevar los planes de mantenimientos, las actividades y órdenes de mantenimiento, etc. (saps4hanainfo, 2021)

El módulo incluye medidas de mantenimiento preventivo y medidas de reparación, que permiten mantener la condición ideal de cada máquina y restaurarlas a su estado óptimo si han sufrido daños. Asimismo, facilita la planificación de revisiones, programación de órdenes, aprobaciones, entre otros. Es una herramienta muy importante para mantener en buenas condiciones toda una planta evitando afectar una producción con incidentes o imprevistos. (ACTI Asesoría y Consultoría, 2020)

2. Conocer la estructura organizativa del departamento de mantenimiento para definir los roles en la implementación del módulo SAP PM en la gestión del mantenimiento.
3. Realizar la capacitación al personal para que conozcan el módulo y sus características, al igual que los requerimientos y la información necesarios para la alimentación de SAP PM, este punto es esencial que sea necesario que se mantenga la información actualizada, lo que hará posible una buena gestión del mantenimiento
4. Definir los roles del personal del departamento de mantenimiento frente a la administración del sistema SAP PM, y asignar los usuarios y contraseñas a cada persona encargadas de la administración de este.
5. Se debe realizar la recolección, organización y subida de los datos maestros a la plataforma de SAP PM, estos son (SAP, 2020):
 - Las ubicaciones técnicas, que señalan el lugar en el que se debe realizar una labor de mantenimiento dentro de la planta.
 - Los equipos, que hace referencia a las máquinas, equipos y componentes a los que se debe realizar labores de mantenimiento y obtener informes detallados.
 - Los contadores o puntos de medida, que permiten llevar un control preciso de magnitudes específicas de los equipos, como temperatura, kilómetros y demás estadísticas relevantes a su rendimiento.

- Listas de material, que registran los componentes de los equipos y permiten la planificación de los materiales de recambio.
 - Puestos de trabajo, que hacen referencia a los encargados de realizar las tareas de mantenimiento. Pueden ser puestos de trabajos internos o externos a la empresa.
6. Realizar una prueba de comprobación del sistema SAP PM, generando ejecutando alguna de las transacciones de gestión del mantenimiento, algunas son (GRANADA SERRANO, 2009):
- IW21 crear avisos de mantenimiento.
 - IW22 modificar aviso de mantenimiento.
 - IW23 visualizar aviso de mantenimiento.
 - IW31 crear orden de mantenimiento.
 - IW32 modificar orden de mantenimiento.
 - IW38 modificar orden de mantenimiento – tratamiento de lista.
 - IW39 visualizar orden de mantenimiento – tratamiento de lista.
 - IW41 notificación individual de tiempo.
7. Realizada la comprobación, proceder con la puesta en marcha del sistema, llevando un control de ejecución por parte del supervisor de la gestión del mantenimiento.

7.4 Análisis Financiero del Proyecto

La integración del proceso de producción de bebidas a la Industria 4.0, debe estar soportada con un análisis financiero enfocado, de acuerdo a las principales falencias del modelo de gestión de mantenimiento encontradas en la auditoria, donde se proyecta implementar un sistema de adquisición de datos a través de instrumentación y control en las etapas productivas que requiera la recolección de datos, un sistema centralizado de control y monitoreo, software de gestión de información (SAP) que involucre todos los procesos corporativos (administración, logística, operaciones, mantenimiento, etc) y finalmente, una plan de capacitación a todo personal asignado a esta propuesta por parte de la organización.

7.4.1 Presupuesto del proyecto

El presupuesto se realizó usando la divisa USD \$3,873, del día 28/07/2021 (Superfinanciera, 2021).

Costo de inversión anual			
Items	Descripción	Costo (USD)	Costo (COP)
1	SAP	\$50,000	\$193,662,500
2	ADC	\$125,000	\$484,156,250
3	DCS	\$160,000	\$619,720,000
4	PLAN CAPAC	\$10,000	\$38,732,500
	Total	\$345,000	\$1,336,271,250

Tabla 9. Presupuesto del proyecto*

Nota(*): los costos en COP, están sujetos a los cambios de la divisa USD.

7.4.2 Beneficios Esperados

Desde la perspectiva de una organización de producción de bebidas, las oportunidades y beneficios que presentan estos cambios son muy grandes. Mediante la adaptación y las buenas prácticas de la tecnología, y en este caso, realizando inversiones para cerrar brechas, la industria 4.0 permite tomar decisiones inteligentes que se puedan controlar y supervisar de forma remota, utilizando los pilares propuestos en esta investigación.

Así, podemos identificar los beneficios esperados generales, que impulsaran a la mejora continua y generaran cadena de valor a los procesos de la producción de bebidas, así:

- Mayor supervisión de la seguridad alimentaria (Bebidas), garantizando una mejor trazabilidad en el cumplimiento de los estándares y normas nacionales e internacionales.
- Mejora de la productividad, a través del análisis de los cuellos de botella de la organización y tenerla la mejor solución para superar esta situación.
- Mejorar la calidad del producto utilizando control y monitoreo en las etapas de proceso a través de la automatización y sistemas de integración.
- Gestionar cadenas de suministros, mejora de tiempos de solicitud y entrega con los proveedores e incrementar el rendimiento de las actividades de mantenimiento.
- Usar información (datos) en tiempo real para poder tomar decisiones rápidamente a las necesidades cambiante del mercado.

7.4.3 Análisis financiero de los beneficios esperados

Para realizar el análisis financiero de tal forma que se identifique la integración de los conceptos anteriormente descritos enfocados a la gestión de mantenimiento, es necesario establecer una clasificación de beneficios en términos de costos de la siguiente manera:

- **Beneficios tangibles:** Son los beneficios que se pueden estimar como una disminución del costo de algún indicador o concepto de mantenimiento.
 - Ahorro de costos de mantenimiento por paro en activos, sistemas o equipos
 - Ahorro de costos de mantenimiento en activos obsoletos
 - Ahorro de costos en servicios industriales (energía, agua, aire, etc)
 - Optimización de repuestos y ciclo de vida de activos

- **Beneficios intangibles:** Son aquellos que son inherentes a la implementación del proyecto, pero sus costos dependen de análisis subjetivos que no podrán cuantificarse.
 - Incremento en seguridad industrial en los equipos
 - Disminución del deterioro del medio ambiente
 - Optimización de operaciones
 - Programación adecuada del mantenimiento preventivo y predictivo
 - Incremento en el rendimiento del personal de mantenimiento
 - Elevar el nivel competitivo ante otras empresas
 - Optimizar los indicadores de gestión de mantenimiento

Finalmente, la implementación de la industria 4.0 permitirá que la empresa tenga una nueva forma de pensar, una nueva forma de ver el futuro. Brinda situaciones de ser ágiles y cosechar frutos para asociarse con otras organizaciones y expandirse en el mercado

8 Conclusiones

Con el siguiente trabajo de investigación se aprendió sobre los beneficios que aporta la industria 4.0 a todas las organizaciones, al aportar nuevas herramientas y metodologías que favorecen la gestión de procesos, haciéndolos óptimos y productivos. También se conoció a través de la auditoria las problemáticas que se generan al tratar de implementar nuevas tecnologías de producción en procesos que se rigen de tecnologías antiguas, lo que hace que entre en conflicto principalmente la gestión del mantenimiento, reduciendo la producción y aumentando los costos de mantenimiento, al tener limitaciones técnicas con su personal frente a estos nuevos retos tecnológicos; Pero estas falencias presentadas en el proceso de acoplamiento, pueden ser superadas con mucha agilidad al implementar las herramientas y metodologías que nos ofrece la industria 4.0, aportando más conocimientos y destrezas al personal, haciéndolos más competitivos y hábiles al momento que se encuentren con nuevas tecnologías de producción.

La industria 4.0 ofrece muchas opciones de mejora a las organizaciones, para que se vuelvan competitivas teniendo mejor control de sus procesos y pronósticos. Una de estas opciones fue la herramienta planteada SAP la cual al manejar la información casi en tiempo real ofrece una perspectiva muy confiable sobre el estado de los procesos manejados dentro de la organización, todo esto ayudara a la toma correcta de decisiones. La aplicación de esta metodología puede ser considera por la gerencia como un proceso tedioso y costoso, ya que se debe tener toda la información de producción y mantenimiento de la organización para alimentar el sistema SAP, y así poder garantizar el correcto funcionamiento de la gestión del mantenimiento; pero al tener implementada la metodología se vera la mejora en los procesos y aumento de la producción, reduciendo las paradas repentinas y las fallas repetitivas.

9 Recomendaciones

1. Realizar controles de la gestión de la información de mantenimiento, ya que esta es la principal herramienta para poder prevenir paradas no programadas y pérdidas de producción.
2. Llevar a cabo capacitaciones al personal sobre las nuevas tecnologías que lleguen a la organización y realizar evaluaciones de entendimiento sobre los temas tratados.

10 Bibliografía

- ACTI Asesoría y Consultoría*. (27 de Abril de 2020). Obtenido de <https://acti.pe/cuales-son-los-modulos-sap/>
- García , G. (21 de Septiembre de 2020). *the food tech*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/la-industria-4-0-en-el-sector-de-alimentos-y-bebidas/>
- García Garrido , S. (02 de 2021). *santiagogarciagarrido*. Obtenido de <http://www.santiagogarciagarrido.com/>
- García Garrido, S. (2009). MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. *RENOVETEC*.
- Gómez G., C. (12 de 09 de 2019). *Portafolio* . Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/sap-tiene-en-marcha-plan-de-expansion-regional-en-el-pais-533538>
- GRANADA SERRANO, J. (2009). *DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MÓDULO DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA SAP PARA LA EMPRESA PERFILAMOS DEL CAUCA S.A.* Santiago de cali.
- INICOM INDUSTRIA. (2021). *INICOM INDUSTRIA*. Obtenido de <https://inycomindustria.com/noticias/gmao-en-la-industria-4-0/>
- MANCUZO, G. (2 de OCTUBRE de 2020). *ComparaSoftware*. Obtenido de <https://blog.comparasoftwre.com/auditoria-de-mantenimiento/>
- SAP, S. (2020). *Sistema SAP*. Obtenido de <https://sistemasap.com/modulo-sap-pm-mantenimiento-de-planta/>
- saps4hanainfo. (2021). *saps4hanainfo*. Obtenido de <https://saps4hanainfo.com/>

- SINCI. (12 de DICIEMBRE de 2019). *SINCI*. Obtenido de <https://sinci.com/integracion-de-la-industria-4-0-en-empresas-de-alimentos-y-bebidas-en-mexico/>
- Pierin Ramos, L. F., Rocha Loures, E. d., & Deschamps, F. (2020). Un análisis de modelos de madurez y evaluación del estado actual de las organizaciones para la implementación de la Industria 4.0. *Fabricación de procedimiento*, 1098-1105.
- Baur, C., & Wee, D. (2015). El próximo acto de fabricación. *McKinsey & Company*.
- Benitez Nara, E. O., Becker da Costa, M., Baierle, I. C., Schaefer, J. L., Brittes Benitez, G., Aguiar Lima do Santos, L. M., & Brittes Benitez, L. (2020). Impacto esperado de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo sostenible: un estudio en el contexto de la industria del plástico en Brasil. *Producción y consumo sostenibles*, 102-122.
- Candón, P., Martínez Galán, A., De la Fuente, V., González Prida, A., Crespo Márquez, J., Gómez, A., . . . Macchi. (2019). Implementación de sistemas inteligentes de gestión de activos (IAMS) en un entorno de fabricación de la industria 4.0. *IFAC-PaperOnLine*, 2488-2493.
- Díaz Concepción, A., del castillo Serpa, A., & Villar Ledo, L. (2016). Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bio-productos: un caso de estudio. *Revista chilena de ingeniería*, INGENIARE - Revista chilena de ingeniería.
- Equipe ESSS. (2017). Conozca los pilares de la Industria 4.0.
- FENALCO. (agosto de 2019). <http://www.fenalco.com.co/bit%3%A1cora-econ%3%B3mica/que-aparezca-la-industria-40-en-colombia>. *BITACORA ECONOMICA*, 3-4.
- Fernández, J., Ortiz Clavijo, L., Cadavid Nieto, S., & Gallego, C. (2018). Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0. *Lámpsakos*, No. 20, pp 68-75.

- Furore. (11 de 06 de 2019). Obtenido de <https://furore.co>: <https://furore.co/conoce-los-3-sectores-de-la-industria-en-colombia-y-el-mundo-que-estan-invirtiendoen-tecnologia-4-0/>
- González Sosa, J. V., Jiménez Díaz, D. L., Loyo Quijada, J., & López Ontiveros, M. Á. (2020). AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento industrial. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 629-634.
- Herrera Galán, M., Duany-Alfonso, Y., & Abreu-Duque, A. (2013). Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento. *Revista Inge@UAN*.
- Jurburg, D., & Cabrera, Á. (2019). Análisis de las principales competencias necesarias para la implementación de la Industria 4.0 en el sector agroindustrial uruguayo. *Memoria Investigaciones en Ingeniería Issue 17*, 151-171.
- Lalic, B., Majstorovic, V., DELIC, M., & TASIC, N. (2017). El efecto de la industria 4.0 conceptos y aprendizaje electrónico sobre el desempeño de las empresas de fabricación: evidencia de la transición. *n IFIP International Conference on Advances in Production Management*, 298-305.
- Ralitsa, P. (2018). Industria 4.0 y GMAO: el mantenimiento del futuro. *Mobility Work*.
- Santos Dalenogare, L., Brittes Benitez, G., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). La contribución esperada de las tecnologías de la Industria 4.0 para el desempeño industrial. *revista internacional de economía de la producción*, 383-394.
- Sjøbakk, B. (2018). El panorama estratégico de la industria 4.0. *Moon, I., Lee, G. M., Park (edu)*, 122-127.
- Sukhodolov, Y. (2019). La noción, esencia y peculiaridades de la Industria 4.0 como esfera. *Popkova, E. G. et al.*

- Sung, T. K. (2018). Industria 4.0: una perspectiva de Corea. *Predicción Tecnológica y Social*, 132, 40-45.
- Villasante, C., Mabe, J., Les-Aguerrea, I., Peña, A., Sánchez, M., & López, S. (2020). SMARTCSP: enfoque Industria 4.0 para una reducción efectiva de costos de las plantas termoeléctricas (CSP). *DYNA - Ingeniería e Industria*, 629-634.
- AUDITOOOL. (2021). *AUDITOOOL RED global de conocimientos en auditoria y control interno* . Obtenido de <https://www.auditool.org/home-mainmenu-1/tutorials-mainmenu-62>
- Group, Q. (2021). *Qualitymant Group*. Obtenido de <https://qualitymant.com/auditoria-mantenimiento/>
- Superfinanciera. (28 de 07 de 2021). *La Republica* . Obtenido de <https://www.larepublica.co/indicadores-economicos>

1 Anexo - Cronograma de ejecución del proyecto Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas.

Objetivo Especifico	ACTIVIDADES	Meses																								
		ENERO			FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO					
		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Diagnosticar la gestión de mantenimiento actual dentro de la organización a partir de una auditoría.	A1. Investigar sobre modelos de auditoría a la gestión de mantenimiento.																									
	A1.2. Ejecutar la auditoría correspondiente.																									
	A1.3. Análisis y conclusión de resultados.																									
2. Establecer las herramientas y metodologías de Industria 4.0 aplicables al proceso de gestión de mantenimiento.	A2.1 Conocer las herramientas de la industria 4.0 frente a la gestión del mantenimiento de este tipo de organización.																									
	A2.2 Conocer las metodologías de la industria 4.0 que abarcan la gestión del mantenimiento.																									
3. Definir el modo de aplicación de las metodologías seleccionadas a la gestión de mantenimiento de la organización.	A3.1 Analizar posibles modos de aplicación de las metodologías de la industria 4.0.																									
	Establecer y presentar la propuesta Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas.																									

2 Anexo – Auditoría de Gestión en Mantenimiento

Auditoría de Gestión en Mantenimiento

Nombre: Entrevistado 1, entrevistado, entrevistado 3 y entrevistado 4.

Fecha: 20/01/2021

La auditoría de gestión incluye aspectos más profundos y ahondan en las causas por las que se ha llegado a una situación técnica determinada.

Realizar una Auditoría de Mantenimiento no es otra cosa que comprobar CÓMO se gestiona cada uno de los 10 puntos indicados a continuación:

- Que dispongamos de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible
- Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible
- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción, y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos)
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

El objetivo que se persigue al realizar una Auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es crucificarle: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado.

Puntos analizaran en la auditoria de gestión del mantenimiento

El desempeño del personal de mantenimiento: sus prácticas rutinarias y el rendimiento a la hora de cumplir con las tareas asignadas.

1. ¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

2. ¿El personal realiza las inspecciones de los equipos con guías impresas?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

3. ¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

4. ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	SI

5. ¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	SI

6. ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

7. ¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento frente a nuevas tecnologías?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

8. ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento mejoren?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

9. ¿El plan de formación permite que el personal de mantenimiento aplique nuevas tecnologías en sus rutinas de inspección?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

10. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

Análisis de los medios técnicos empleados por Mantenimiento: En lo referente a los medios técnicos, los factores que condicionan un buen mantenimiento están relacionados con los sistemas de comunicación, el transporte y los medios de elevación, las herramientas y el taller.

11. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

12. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO

Entrevistado 4:	NO
-----------------	----

13. ¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

14. ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

El plan de mantenimiento: cómo se ha diseñado, desarrollado e implementado. Se entrevista a los responsables.

15. ¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

16. ¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

17. ¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

18. ¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI

Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

La gestión del mantenimiento correctivo: En lo referente a la organización del mantenimiento correctivo los factores que debemos estudiar son: la proporción entre mantenimiento programado y correctivo, el número de averías repetitivas, el sistema de asignación de prioridades, el número de averías que deben solucionarse de forma urgente, la rapidez en la resolución de averías, el número de averías pendiente y la realización de análisis de fallos.

19. ¿El número de averías repetitivas es bajo?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

20. ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

21. ¿Este sistema se utiliza correctamente?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

22. ¿La razón por la que las averías pendientes están justificada?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

23. ¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

24. ¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?

Entrevistado 1:	NO
-----------------	----

Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

Los procedimientos de mantenimiento: En lo referente a los procedimientos de mantenimiento, es necesario que todas las tareas habituales estén detalladas en procedimientos. Esos procedimientos deben ser claros, y describir paso a paso todo lo que hay que ir haciendo antes, durante y después de la tarea. Además, estos procedimientos deben ser seguidos, esto es, cuando se realiza una tarea debe seguirse el procedimiento aprobado. Por último, los procedimientos deben ser revisados y actualizados, buscando mejorarlos.

25. ¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

26. ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	SI

27. ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

28. ¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

29. ¿Se han implementado nuevos procesos en los procedimientos?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

30. ¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea, utiliza el procedimiento aprobado?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

Análisis del sistema de información: En lo referente a la gestión de la información que se genera en mantenimiento, los factores que afectan a los objetivos clave son: uso y tratamiento de las órdenes de trabajo, el sistema de información empleado y el uso que se hace de él y los informes que genera mantenimiento.

31. ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

32. ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

33. ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

34. ¿El personal registran las ordenes de trabajo en el sistema informático?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

35. ¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

36. ¿El sistema informático aporta información útil?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO

Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

Analizando el stock de repuesto: En lo referente a repuestos y materiales, los factores a analizar son la lista de repuesto que se mantiene en stock, el criterio de selección de esta lista, el inventario, el orden y la limpieza del almacén, su ubicación, el almacenamiento y la conservación de las piezas y las comprobaciones que se realizan para saber si alcanzan la calidad adecuada.

37. ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

38. ¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	NO
Entrevistado 4:	NO

39. ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

40. ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	NO

41. ¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

42. ¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

43. ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?

Entrevistado 1:	NO
Entrevistado 2:	NO
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

44. ¿El almacén está limpio y ordenado?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

45. ¿Es fácil localizar cualquier pieza?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

46. ¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

47. ¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?

Entrevistado 1:	SI
Entrevistado 2:	SI
Entrevistado 3:	SI
Entrevistado 4:	SI

3 Anexo – Tabulación de resultados de la auditoria de mantenimiento

	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
Desempeño del personal del departamento de mantenimiento	1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	NO	SI	SI	SI	3	1
	2	¿El personal realiza las inspecciones de los equipos con guías impresas?	SI	SI	SI	SI	4	0
	3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	NO	NO	NO	NO	0	4
	4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	SI	NO	NO	SI	2	2
	5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	NO	NO	NO	SI	1	3
	6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	SI	SI	SI	NO	3	1
	7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento frente a nuevas tecnologías?	NO	SI	NO	NO	1	3
	8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento mejoren? ¿Equipos con guías impresas?	NO	NO	NO	NO	0	4
	9	¿El plan de formación permite que el personal de mantenimiento aplique nuevas tecnologías en sus rutinas de inspección?	NO	NO	NO	NO	0	4
	10	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?	SI	SI	SI	SI	4	0
Total							18	22
Medios técnicos empleados por mantenimiento	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	11	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	SI	NO	SI	NO	2	2
	12	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	NO	NO	NO	NO	0	4
	13	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	SI	SI	SI	SI	4	0
14	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc)?	SI	SI	SI	SI	4	0	
Total							10	6
Plan del Mantenimiento	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	15	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	NO	SI	SI	SI	3	1
	16	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	NO	NO	NO	NO	0	4
	17	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	NO	NO	SI	SI	2	2
18	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	SI	SI	SI	SI	4	0	
Total							9	7
Gestión del mantenimiento	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	19	¿El número de averías repetitivas es bajo?	SI	NO	NO	NO	1	3
	20	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	NO	NO	NO	NO	0	4
	21	¿Este sistema se utiliza correctamente?	NO	NO	SI	NO	1	3
	22	¿La razón por la que las averías pendientes están justificada?	SI	SI	SI	NO	3	1
	23	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	NO	SI	SI	NO	2	2
24	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	NO	NO	NO	NO	0	4	
Total							7	17
Los procedimientos de mantenimiento	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	25	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	SI	SI	SI	SI	4	0
	26	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	SI	SI	NO	SI	3	1
	27	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	SI	NO	SI	NO	2	2
	28	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	NO	NO	NO	NO	0	4
	29	¿Se han implementado nuevos procesos en los procedimientos?	NO	NO	NO	NO	0	4
30	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea, utiliza el procedimiento aprobado?	SI	SI	SI	NO	3	1	
Total							12	12
Sistema de información	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	31	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	NO	NO	NO	NO	0	4
	32	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	NO	SI	SI	NO	2	2
	33	¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?	NO	NO	NO	NO	0	4
	34	¿El personal registran las ordenes de trabajo en el sistema informático?	SI	SI	SI	SI	4	0
	35	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	NO	NO	NO	NO	0	4
36	¿El sistema informático aporta información útil?	SI	NO	SI	NO	2	2	
Total							8	16
Stock de repuesto	#	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Resultados SI	Resultados NO
	37	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	NO	NO	SI	NO	1	3
	38	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	NO	NO	NO	NO	0	4
	39	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	SI	NO	NO	NO	1	3
	40	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	NO	NO	SI	NO	1	3
	41	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	NO	NO	SI	SI	2	2
	42	¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?	NO	NO	NO	SI	1	3
	43	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	NO	NO	SI	SI	2	2
	44	¿El almacén está limpio y ordenado?	SI	NO	NO	SI	2	2
	45	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	NO	NO	SI	NO	1	3
	46	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	SI	NO	SI	SI	3	1
47	¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?	SI	SI	SI	NO	3	1	
Total							17	27

