

Aplicación de la metodología ágil Kanban en la planificación y gestión de estrategias de mantenimiento industrial

Jairo de Jesús Ramirez Mongui

Ingeniero de Automatización
Acacias (Meta), Colombia
Jairo.ramirez@osc.com.co
Consortio Omia-SKF

Diana Marcela Cardona-Román

Ingeniera de Sistemas, MSc, PhD en Ingeniería
Villavicencio (Meta), Colombia
dcardona@unillanos.edu.co
Universidad de los Llanos

Resumen— Presentar diferentes herramientas para la planificación y gestión de mantenimiento de acuerdo con el manifiesto de las metodologías de desarrollo de software denominadas ágiles y las metodologías Lean que permitan adaptarse a entornos dinámicos, recursos compartidos, y gestión de grupos de trabajos cambiantes.

Palabras clave — planificación de mantenimiento, metodología Kanban, Mantenimiento preventivo.

I. INTRODUCCIÓN

Aunque las metodologías ágiles están asociadas al desarrollo de software, su fundamento y lineamientos definidos en el manifiesto ágil, se pueden adaptar a otras áreas de planificación que presentan alta demanda de actividades, recursos compartidos y actividades no programadas como son las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en la pequeña, mediana y gran empresa.

Es innegable la importancia que tiene para cualquier empresa, sea del ámbito industrial o de servicios, elaborar planes estratégicos encaminados a mejorar la competitividad. Sin embargo, hasta hace pocos años se solía actuar de una forma clásica empleando metodologías de gestión de proyectos denominadas predictivas, en las que los requerimientos debían recogerse al principio del ciclo de vida del proyecto y sus fases se realizaban en cascada, es decir, empezando la siguiente fase una vez finalizada completamente la anterior. No obstante, el sector industrial exige una acción inmediata ante cualquier evento, es así que para dar respuesta a esos cambios rápidos emergen las metodologías ágiles y gestión empresarial Lean (*Lean Management*), y empiezan a surgir en la literatura el uso de herramientas en el ámbito del mantenimiento industrial.

El presente trabajo muestra cómo realizar la transición de la planificación de mantenimiento industrial con Excel para llevar la gestión compartida del mantenimiento industrial a través del manejo de tableros visuales utilizando la metodología Kanban, la cual permite determinar las tareas que se encuentran en progreso, las que están en espera y cuales se han completado con un mejor aprovechamiento de la información digital disponible,

con la gestión de alertas y con el uso de los dispositivos móviles. Para ello se presentan herramientas disponibles en la Web como lo son Trello y ClickUp que pueden ser usadas para la gestión de equipos de mantenimiento, activos e información digital de una forma óptima.

Por otro lado, el *Lean Management* basa su eficacia en el intercambio de información y la utilización diaria de las herramientas. Por lo que hábitos Lean, como la planificación, la concentración, la intervención en averías inmediatas, adquirir repuestos solo justo a tiempo, planificar solo mano de obra y dejar que las máquinas marquen los ritmos, van en contra de muchos de los paradigmas clásicos de la gestión del mantenimiento. No obstante, esta diferencia acarrea a unos resultados superiores.

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de Kanban en el mantenimiento industrial permite una mejor visualización del flujo de trabajo, facilitando la identificación de los cuellos de botella y priorizando las tareas críticas (*backlog*). Utilizar metodologías ágiles con una visualización constante de las tareas permiten una reducción significativa en los tiempos de respuesta ante fallos y un aumento en la satisfacción del personal involucrado en el proceso. El personal programador de mantenimiento al emplear herramientas gráficas les facilita programar y realizar las tareas de manera efectiva, pues se hacen mucho más visibles y facilita su seguimiento. Asimismo, se evidencia una mejora en la comunicación entre los equipos de trabajo, lo que contribuye a una mayor colaboración y eficiencia en las operaciones.

Finalmente, la metodología Kanban y *Lean Management* aplicadas en una herramienta en línea como Trello, facilita la programación, seguimiento y ejecución de tareas y se presenta como una herramienta efectiva para optimizar las estrategias de mantenimiento industrial, promoviendo un entorno más ágil y proactivo en la industria 4.0.

II. METODOLOGÍAS ÁGILES

Las metodologías ágiles promueven la flexibilidad y la adaptabilidad en entornos cambiantes [1], por su parte, la planificación eficiente del mantenimiento industrial es clave para garantizar la continuidad operativa y la optimización de recursos en cualquier industria. En este contexto, la metodología Kanban puede considerarse como una herramienta ágil y visual que facilita la gestión de tareas que promueve la organización y la colaboración dentro de los equipos de mantenimiento. A través de la visualización de flujos de trabajo y la priorización de actividades, Kanban permite minimizar tiempos de inactividad, mejorar la asignación de recursos y responder con mayor rapidez a imprevistos. Este artículo explora los beneficios de implementar Kanban en la planificación del mantenimiento, destacando su capacidad para aumentar la productividad, reducir desperdicios y fomentar una cultura de mejora continua en las operaciones.

2.1 Manifiesto ágil

El agilismo tiene inicio en el año 2001 como alternativa a la rigidez de las metodologías formales de gestión de capacidades en la industria de desarrollo de software y poco a poco este enfoque ha permeado diferentes industrias, consiste en cuatro valores y doce principios. Los valores se refieren a la importancia de los individuos e interacciones sobre procesos y herramientas, la importancia de las soluciones que funcionan sobre la documentación, la colaboración con el cliente sobre la negociación contractual y la respuesta ante el cambio sobre seguir un plan [2].

La implementación de metodologías ágiles en la planificación de mantenimiento industrial permite optimizar la gestión de recursos, reducir tiempos de inactividad y mejorar la capacidad de adaptación a cambios imprevistos. Estas metodologías, caracterizadas por la flexibilidad y la colaboración constante, se pueden aplicar mediante la división del plan de mantenimiento en iteraciones o "sprints", priorizando las actividades críticas según su impacto en la operación. Herramientas como tableros Kanban o Scrum facilitan la visualización del progreso, la identificación temprana de obstáculos, la filosofía *Lean* permite la asignación eficiente de tareas. Además, la retroalimentación continua entre equipos de mantenimiento, producción y *stakeholders* fomenta la mejora constante de procesos, garantizando un enfoque proactivo y sostenible en la gestión del mantenimiento industrial.

2.2 Metodología Lean

La metodología Limpia o Lean, sin 'basura', se utiliza especialmente en el campo de la manufactura (*manufacturing*), el objetivo es reducir los esfuerzos humanos en cada paso de la producción para alcanzar al mercado a tiempo, produciendo de manera eficiente y con alta calidad [3]. El concepto de pensamiento limpio fue originado por Toyota y su sistema de producción [4], [7]. Para la Gestión Limpia (*lean management*), el Kanban sirve como una herramienta de control que facilita el

seguimiento y actuaciones a tiempo. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta todas las técnicas que acompañan a Lean.



Figura 1. Metodologías Lean [5]

La gestión limpia es cada vez más utilizada dentro de la industria 4.0, pues mejora la productividad y disminuye la complejidad, al tiempo que mejora la transparencia y la calidad de información cuando los datos son recopilados en tiempo real [6].

2.2 Metodología Kanban

La metodología Kanban tiene su origen dentro de las metodologías *lean*, introducido por primera vez por Toyota en la industria automotriz, y se ha convertido en un enfoque ampliamente aceptado en la gestión de proyectos y producción. Utiliza un sistema de visualización de información para mejorar la ejecución y seguimiento de tareas de un proyecto [7], [8], siendo un método visual para el control de producción industrial.

Kanban tiene como objetivo controlar el flujo de trabajo, reducir el desperdicio, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad. Kanban fue ampliamente usado en la producción Justo a Tiempo (*Just in time – JIT*) para optimizar los flujos de trabajo y minimizar los desperdicios debido a los cambios y fluctuaciones de la demanda [7]. Kanban, que significa "tarjeta" en japones, se utiliza para señalar y gestionar las etapas del proceso de producción [9]. Esta metodología está siendo utilizada últimamente y aunque no es tan conocida como las cinco eses (5S) o mantenimiento productivo total (*Total Productive Maintenance - TPM*) en los sitios de producción puede tener ventajas en su implementación por su simplicidad y adaptabilidad de sus herramientas digitales, reduce costos de procesamiento, es fácil, preciso y rápido para la adquisición de hechos que cambian continuamente y minimiza las pérdidas o los fallos pues permite controlar el flujo de información [3] [4]. Estas ventajas en la gestión de recursos hacen que pueda ser usado en los procesos de planificación del mantenimiento tanto preventivo como correctivo de la industria pequeña, mediana y grande.

Con la disposición de nuevas tecnologías de la industria 4.0 (I4.0) hace que se requiera adaptar el modo de operación de estos

métodos de trabajo para el aprovechamiento de las ventajas en los sitios de producción y los equipos de mantenimiento de la industria, para el caso de la metodología Kanban estaríamos hablando de un Kanban 4.0 [6]. Una propuesta para la integración de tecnologías para la adaptación del Kanban y de otras metodologías Lean se presenta en la **Figura 2**.

| I4.0 tools | Lean methods | JIT/JIS | Hei-junka | Kanban | VSM | TPM | | |
|--------------------------------------|--------------|---------|-----------|--------|-----|-----|-----|------|
| | | | | | | 1* | 2** | 3*** |
| Additive manufacturing (AM) | | x | | | | x | | |
| Plug and play | | | | | | | | x |
| Automated guided vehicles (AGV) | | x | | x | | | | |
| Human-computer interaction (HCI) | | | | x | x | x | | |
| Virtual representation (e.g. VR, AR) | | x | | | | x | | |
| Intelligent bins | | x | | x | | | | |
| Auto-ID | | x | | x | x | x | | |
| Digital object memory | | x | | | | x | | |
| Digital twin/simulation | | x | x | x | x | | x | x |
| Cloud computing | | x | | | x | x | x | |
| Real-time computing | | x | x | x | x | x | x | x |
| Big data & data analytics | | x | x | x | x | | x | |
| Machine learning | | | | | x | x | | |

* autonomous maintenance, ** planned maintenance, *** early product and equipment management

Figura 2 Combinación de herramientas I4.0 y métodos Lean [6].

Según lo planteado por [6] se pueden aplicar una serie de tecnologías para la adaptación de la metodología Kanban en la I4.0 como por ejemplo: los vehículos guiados automáticos (AGV), la interacción humano-computadora (HCI), gemelos digitales (*digital twins*), modelos de simulación, entre otros. Para el presente trabajo se adapta la metodología Kanban por medio de tecnologías en la nube (*Cloud*) y tecnologías móviles que permitan una planificación más flexible, seguimiento de las actividades más continua y un aprovechamiento de la información en digital.

Lo anterior expone a la metodología Kanban como una herramienta flexible que puede usarse en un ambiente tan dinámico como el mantenimiento industrial.

III. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

La inserción de tecnologías en la planificación de mantenimiento está transformando significativamente este campo, dando lugar a varias tendencias dentro de la industria 4.0 y 5.0 como: Mantenimiento predictivo basado en datos o mantenimiento inteligente (*Smart maintenance*), gemelos digitales, automatización de tareas, plataformas centralizadas y conectividad de equipos inteligentes [6] [10].

Con las tecnologías actuales, el mantenimiento preventivo y correctivo está experimentando transformaciones significativas, que incluyen:

1. Evolución del mantenimiento preventivo hacia un enfoque predictivo [10]:

Personalización basada en datos: Gracias al análisis de datos provenientes de sensores iIoT (*Industrial Internet of*

Things – Internet de las cosas industrial) y sistemas SCADA, el mantenimiento preventivo se adapta al estado real de los equipos en lugar de seguir calendarios fijos. Esto optimiza los recursos y evita intervenciones innecesarias.

Monitoreo en tiempo real: Los sensores conectados permiten detectar condiciones críticas como vibraciones, temperatura o presión anómalas, activando alertas antes de que ocurran fallos [11].

Sistemas ciber-físicos: Relacionado con IoT, consideran una arquitectura de cinco etapas, a saber, conexión inteligente, recolección de datos, nivel digital, nivel cognitivo y nivel de configuración, con el fin de general valor en el análisis final.

El ciclo de vida del mantenimiento predictivo incluye cinco pasos, entre ellos, entender las necesidades del proyecto; recolectar datos y prepararlos; utilizar modelos; evaluar y desplegar; toma de decisiones.

2. Mayor eficiencia en el mantenimiento correctivo:

Diagnósticos avanzados: Tecnologías como inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático facilitan identificar y analizar las causas raíz de las fallas, reduciendo los tiempos de reparación.

Reducción de tiempos de inactividad: Con herramientas como realidad aumentada (AR), los técnicos pueden acceder a guías interactivas y soporte remoto en tiempo real para agilizar reparaciones [11].

3. Retos en el gerenciamiento de mantenimiento en programación de actividades:

Gerenciamiento y la planificación: La actualización constante y seguimiento a la planificación demandan de un gerente capacitado.

Alcance y el análisis de riesgo: Se debe tener presente el alcance de los procesos productivos / servicios de la empresa, además de construir y hacer el monitoreo a los riesgos, de tal manera que se activen los protocolos definidos una vez se materialicen.

Ejecución: Llevar a cabo las actividades tal como fueron programadas.

Medición del rendimiento, aprendizaje y reporte: Presente en todos los sistemas que midan la eficiencia operacional, porque “lo que no se mide, no se mejora”. Aunque estas son tradicionalmente abordadas por casos de estudio y mejores prácticas en la industria [11].

La inserción de tecnologías de la I4.0 hace que se cree el término de mantenimiento 4.0 [13] o mantenimiento inteligente [14] como las nuevas tendencias para el manejo del mantenimiento industrial; Haciendo que las organizaciones se enfrenen a diferentes retos en áreas de las empresas como los son el técnico, operacional, gerencial y organizacional (ver **Figura 3**).



Figura 3 Lista de retos en el mantenimiento inteligente - adaptación [14].

Es fundamental reconocer que la incorporación de tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 no siempre depende únicamente de factores económicos o de la disponibilidad tecnológica. En muchos casos, esta adopción está directamente influenciada por aspectos gerenciales y el nivel de madurez de la organización [13]. La capacidad de liderazgo, la claridad en la visión estratégica y la disposición para implementar cambios estructurales son factores clave que afectan el éxito de la transición hacia modelos industriales más avanzados. Estos elementos gerenciales juegan un papel crucial en determinar la velocidad y efectividad con la que una organización puede integrar estas tecnologías en sus procesos productivos.

Además, dentro del ámbito organizacional, persisten desafíos relacionados con el interés en el aprendizaje y la cultura de innovación, particularmente en la adopción de inteligencia artificial (IA). La falta de competencias específicas y una actitud reticente hacia el cambio tecnológico pueden retrasar significativamente el progreso en esta área. Sin embargo, existen múltiples recursos accesibles de forma gratuita en plataformas digitales que abordan la gestión de proyectos y el uso de tecnologías emergentes. Su aprovechamiento depende, en gran medida, de la voluntad y curiosidad del personal operativo y gerencial. Por lo tanto, fomentar una cultura de aprendizaje continuo y apertura al cambio es esencial para superar estas barreras y lograr una transformación tecnológica efectiva.

IV. APLICACIONES DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON TABLEROS KANBAN

Los tableros Kanban ubican una serie de tarjetas que describen la tarea a realizar y la ubican en columnas que por lo general tienen los títulos de: *por hacer*, *en proceso* y *terminado* (**To Do**, **In Progress**, **Done**), sin embargo, el número de columnas y la codificación de colores depende de los usuarios

finales. La tarjeta cambia de columna según se la gestión que tenga, con lo cual se puede establecer el flujo de trabajo de cada una de las actividades, brindado al equipo de operación una visualización del estado de las actividades y un balance general del rendimiento de la planificación. Un ejemplo de tablero Kanban se presenta en la **Figura 4** [15].

| Backlog | To-do (4) | Doing (2) | Done |
|---------|-----------|-----------|------|
| I J | E | C | A |
| K L | F | D | B |
| M N | G | | |
| O P | H | | |

Figura 4 Tablero Kanban [15].

La gestión visual limpia mejora la transparencia, la cual se logra transfiriendo las tarjetas, estándares y especificaciones dentro una representación visual, incluso los colores en las tarjetas incrementan el valor de la información [6].

El éxito de la implementación de la metodología Kanban para la planificación y la gestión, en conjunto con la filosofía Lean puede encontrarse en [4], [8], [15] cuyos resultados muestran la sinergia que existe entre estas aplicaciones, pues minimiza posibles errores de creación, administración, manipulación, actualización y control de la información debido a la visualización constante de las tarjetas.

Es importante que la aplicación Kanban para la planificación del mantenimiento industrial sigan los siguientes objetivos básicos:

- i. Realizar la planificación del mantenimiento con responsables y tiempo.
- ii. Hacer visible el trabajo finalizado por cada unidad o responsable.
- iii. Delimitar el trabajo en progreso, acorde con la capacidad de operación de cada unidad o responsable.
- iv. Maximizar la eficiencia de los flujos de trabajo, tener actualizado el tablero mejora la transparencia y el seguimiento a las acciones de mantenimiento.

La gestión de mantenimiento implica planificar tareas, recursos y tiempos utilizando herramientas accesibles como las tablas de Excel. Sin embargo, en un entorno empresarial que demanda mayor agilidad, estas hojas de cálculo pueden resultar insuficientes y poco adaptables. Por ello, existen numerosas herramientas diseñadas específicamente para la gestión de proyectos, muchas de las cuales integran tableros Kanban, ofreciendo una solución más eficiente, visual y colaborativa para organizar el trabajo. entre estas herramientas podemos nombrar: Asana, Airtable, Basecamp, Jira, Microsoft Project, Microsoft Planner, Workzone, wrike, Kanban Flow, sortd, Monday,

ClickUp, Pipefy, Taiga, Restya, entre otros [16]. Como caso de estudio se presenta las aplicaciones Trello y ClickUp.

4.1 Caso de Planificación de Mantenimiento Industrial tradicional

En una programación tradicional de la semana de mantenimiento, el proceso generalmente inicia con las órdenes de trabajo emitidas por el Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento (CMMS), herramienta clave para la organización y administración eficiente de los activos [17]. Estas órdenes constituyen la base sobre la cual se estructura la planificación de las actividades de mantenimiento, permitiendo priorizar tareas según su criticidad y los objetivos estratégicos de la organización.

Sin embargo, gestionar las diversas órdenes de trabajo, junto con la asignación de recursos y la coordinación de las distintas especialidades involucradas, representa un desafío significativo para el personal de planeación. Este equipo debe garantizar que las actividades se realicen de manera eficiente, minimizando tiempos de inactividad y optimizando el uso de recursos humanos y materiales. La correcta planificación es esencial para asegurar la continuidad operativa y el cumplimiento de los objetivos organizacionales (Figura 5).

Figura 5 Ordenes de trabajo (OT) con Excel.

En general, y debido a la accesibilidad y facilidad de uso de las herramientas informáticas, la distribución de funciones en el entorno industrial suele realizarse con aplicaciones como Microsoft Excel. Esta herramienta destaca por su versatilidad y capacidad para adaptarse a diversas necesidades, siempre y cuando el personal a cargo posea el conocimiento técnico necesario para personalizar y aprovechar al máximo sus funcionalidades. Desde simples tablas hasta hojas de cálculo complejas con fórmulas y macros, Excel puede ser un recurso útil para la gestión básica de tareas y asignaciones.

Sin embargo, las tablas creadas en Excel, aunque comunes en el entorno industrial, presentan limitaciones significativas cuando se requiere gestionar proyectos con un alto grado de dinamismo y coordinación entre equipos. Estas limitaciones incluyen la falta de funcionalidades específicas para el seguimiento en tiempo real, la integración con otros sistemas o bases de datos, y la capacidad de manejar escenarios de alta complejidad, como interdependencias entre tareas, asignación

de múltiples recursos y documentos digitales. Por esta razón, en entornos que demandan mayor precisión y eficiencia, suele quedar muy voluminosas y poco flexibles para el manejo de las programaciones a plazo mayor.

4.2 Caso de Aplicación Trello

Es una herramienta de gestión de proyectos y colaboración que permite organizar el trabajo de forma visual con tarjetas de la metodología Kanban con clientes para iOS y Android [18]. Esta herramienta de fácil acceso maneja los tradicionales tableros Kanban con una interface flexible.

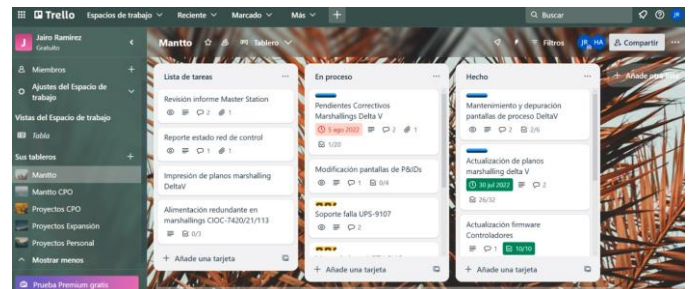


Figura 6 interface de trabajo Trello

En la plataforma se puede crear el número de listas requeridas por el usuario, sin que estas sean las tres listas tradicionales de la metodología Kanban Figura 6. El manejo de las tarjetas aprovecha el formato digital presentando más herramientas que solo la descripción de los tableros Kanban tradicionales; en las tarjetas podemos encontrar: manejo de etiquetas, listas de verificación, fechas de entrega, adjuntos para archivos digitales, entre otros Figura 7. Esta misma visualización y herramientas quedan actualizadas y pueden ser modificadas en la aplicación de iOS y Android.

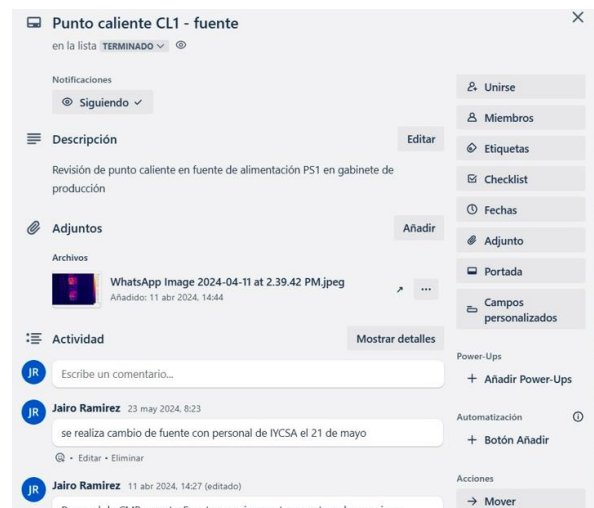


Figura 7 Tarjeta Kanban en Trello

Como experiencia de usuario se resalta en la herramienta un seguimiento más eficiente de las tareas planificadas,

optimizando los tiempos necesarios para generar informes y reportes sobre el estado de las actividades. La posibilidad de incluir miembros en las listas mejora la coordinación entre los equipos de trabajo. Además, cada tarjeta permite adjuntar archivos digitales relevantes para las actividades, como manuales y fotografías, centralizando la información en un único lugar. Asimismo, la función de comentarios ofrece una trazabilidad efectiva y un espacio para intercambiar notas importantes relacionadas con cada actividad.

En el manejo tradicional para la programación y el seguimiento de actividades se hace uso de herramientas de mensajería instantánea como el WhatsApp que no mantienen una trazabilidad a medio o largo tiempo.

La principal ventaja de disponer de aplicaciones móviles para la herramienta Trello radica en la posibilidad de que el personal realice reportes directamente desde sus dispositivos móviles. Esto permite centralizar toda la información relacionada con cada tarea representada en las tarjetas del tablero, facilitando una gestión más eficiente y accesible. Al usar Trello desde el móvil, los usuarios pueden registrar actualizaciones, adjuntar archivos, añadir comentarios y marcar el progreso en tiempo real, lo que resulta especialmente útil en entornos donde la movilidad y la inmediatez son clave.

Además, Trello ofrece sincronización automática entre dispositivos, permitiendo que los usuarios que tienen acceso compartido al tablero trabajen de forma colaborativa tanto desde su computadora como desde su teléfono móvil. Esta característica asegura que la información esté siempre actualizada y disponible para todos los miembros del equipo, promoviendo una comunicación más fluida y reduciendo posibles errores o retrasos en la ejecución de tareas. En resumen, la integración móvil de Trello no solo optimiza la gestión de tareas, sino que también mejora la conectividad y productividad del equipo en cualquier lugar y momento.

4.3 Caso de Aplicación ClickUp

Es una plataforma de gestión de proyectos para equipos de trabajo más grandes que puede hacer conectar los grupos de trabajo, documentos, paneles de control en tiempo real (*dashboard*), entre otros. Esta plataforma se tiene gestión del conocimiento y del trabajo todo en uno, vistas personalizadas para proyectos multifuncionales, aumenta la eficiencia con la automatización y generación de reportes [19]. Combina una serie de herramientas y técnicas para la supervisión y planificación de proyectos haciendo una solución todo en uno **Figura 8**.

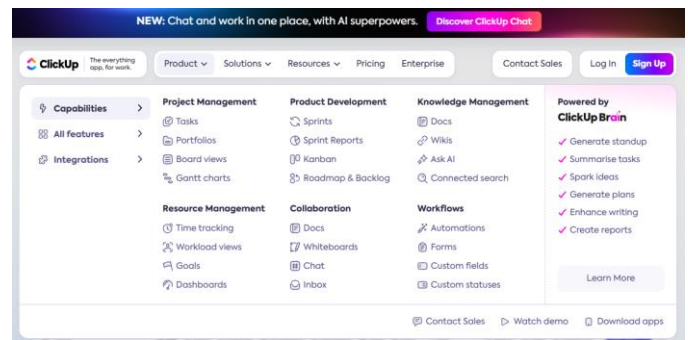


Figura 8 Herramientas de la Plataforma ClickUp.

Otras características técnicas son: 1) Multiplataforma Disponible como aplicación web, escritorio (Windows, macOS, Linux) y móvil (iOS, Android) - Sincronización en tiempo real entre dispositivos. 2) Jerarquía personalizable - organiza tareas mediante Espacios, Carpetas, Listas, Tareas y Subtareas, permitiendo una estructura escalable. 3) Integraciones - compatible con herramientas como Slack, Google Drive, Microsoft Teams, Zapier, GitHub, Asana, Trello. 4) Funciones de gestión del trabajo - Vistas personalizables: Tablas, Tableros Kanban, Gantt, Cronograma, Mapas mentales, Calendario (**Figura 9**). 5) Colaboración en tiempo real - Edición compartida de documentos y funciones de chat integrado. 6) Rendimiento y escalabilidad - Funciona en la nube (SaaS) con almacenamiento escalable y soporte para grandes volúmenes de datos. 7) Seguridad - Certificaciones como SOC 2, GDPR, y CCPA. 8) Características avanzadas - Seguimiento de tiempo y estimación de esfuerzo por tarea, paneles analíticos y reportes de productividad [19].

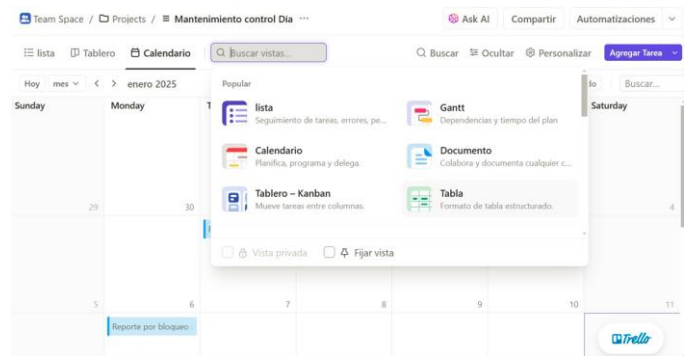


Figura 9 Vistas disponibles para la gestión de proyectos.

Como experiencia de usuario se resalta una mayor integración de las herramientas informáticas disponibles y diferentes metodologías que tienen una mayor ventaja que en la aplicación de Trello (**Figura 10**). Aunque la tarjeta presenta una estructura similar que la de Trello se subraya sus funcionalidades de IA generativa para el desarrollo de reportes, con la cual se tienen la inclusión de más tecnologías en la planificación del mantenimiento.



Figura 10 Tarjeta Kanban en Clickup

V. ESCALANDO SEGÚN LA NECESIDAD

La necesidad de estas herramientas está determinada por el tamaño del grupo de trabajo y el grado de madurez de la organización y del área de mantenimiento, sin embargo, podemos tener este cuadro comparativo de las dos herramientas presentadas en este trabajo y que contienen la metodología Kanban.

| Características | Trello | ClickUp |
|-----------------------------|--|---|
| Propósito principal | Gestión de tareas mediante tableros Kanban. | Gestión integral de proyectos y productividad. |
| Interfaz de usuario | Simple y fácil de usar. | Más compleja, pero personalizable. |
| Vistas disponibles | Kanban. | Kanban, lista, calendario, Gantt, tablero. |
| Colaboración | Comentarios, etiquetas, menciones, y adjuntos. | Colaboración avanzada con chats, comentarios, y menciones. |
| Automatización | Automatizaciones básicas con reglas personalizadas. | Automatizaciones avanzadas y personalizables. |
| Gestión de tiempo | No tiene herramientas integradas (se requiere un complemento). | Seguimiento de tiempo integrado. |
| Integraciones | Slack, Google Drive, Jira, Zapier, y más. | Más de 1,000 integraciones, incluyendo Trello. |
| Curva de aprendizaje | Muy baja, ideal para principiantes. | Moderada, debido a sus múltiples funciones. |
| Escalabilidad | Ideal para equipos pequeños o medianos. | Ideal para equipos de cualquier tamaño. |
| Costo | Plan gratuito limitado; planes premium desde \$5/usuario/mes. | Plan gratuito generoso; planes premium desde \$5/usuario/mes. |
| Gestión de tareas complejas | Limitada a tableros Kanban y checklist. | Subtareas, dependencias, y diagramas de Gantt. |
| Personalización | Tarjetas personalizables y plantillas básicas. | Altamente personalizable a nivel de tareas y vistas. |

Figura 11 Comparación entre las plataformas Trello y Clickup.

La evolución desde los tableros Kanban en pizarrón hasta las plataformas web que buscan integrar un sin número de herramientas para la optimización de la gestión y planificación de los proyectos que pueden ser aplicados en mantenimiento, consolidando el método Kanban como una de las herramientas que estarán dentro de la I4.0.

CONCLUSIONES

La adaptación de metodologías ágiles, específicamente la metodología Kanban y Lean Management, al ámbito del mantenimiento industrial representa un avance significativo en la gestión de recursos y actividades. Este enfoque no solo responde a la necesidad de flexibilidad ante un entorno

cambiante, sino que también mejora la eficiencia operativa y la satisfacción del personal involucrado.

La metodología Kanban puede usarse con diferentes herramientas disponibles en la web y se destaca su uso para la planificación del mantenimiento, debido a su diseño sencillo y bajos requisitos de implementación. Su accesibilidad la convierte en una opción ideal para equipos de mantenimiento en sistemas complejos, como las plantas de producción. Al facilitar la gestión de tareas, Kanban contribuye a mejorar significativamente la eficiencia operativa y la coordinación de actividades, lo que la convierte en una valiosa adición a las estrategias de mantenimiento industrial.

La transición de metodologías predictivas a ágiles en la planificación del mantenimiento industrial permite una respuesta más rápida y efectiva ante imprevistos. Las metodologías ágiles, como Kanban, facilitan la visualización del flujo de trabajo, permitiendo identificar cuellos de botella y priorizar tareas críticas. Esto resulta en una reducción significativa de los tiempos de inactividad y una mejora en la comunicación entre equipos.

La implementación de herramientas digitales como Trello y ClickUp para gestionar el mantenimiento industrial optimiza la planificación y ejecución de tareas. Estas plataformas no solo proporcionan un seguimiento en tiempo real, sino que también permiten una mejor colaboración entre los equipos, lo que contribuye a un entorno más proactivo y eficiente. La capacidad de realizar reportes desde dispositivos móviles mejora la accesibilidad y la gestión de información, crucial en el contexto actual de la Industria 4.0.

Según el desarrollo y grado de madurez de los grupos de mantenimiento se pueden usar herramientas más complejas que puedan usar plataformas en la nube y dispositivos móviles que integren las diferentes áreas.

Se requiere un cambio de cultura en la gestión del mantenimiento por parte del talento humano que compone las organizaciones que permitan la inclusión de las nuevas tecnologías que permitan a las organizaciones ser más competitivas. Este cambio se puede plantear de forma gradual de forma que este sea mucho más sostenido en el tiempo por la misma organización. Sin embargo, La adopción de prácticas Lean y ágiles fomenta una cultura de mejora continua dentro de las organizaciones. Al centrarse en la eliminación de desperdicios y en la optimización de procesos, se promueve un ambiente donde el aprendizaje y la innovación son esenciales para el éxito organizacional.

A pesar de los beneficios evidentes, la integración de metodologías ágiles en el mantenimiento industrial no está exenta de desafíos. La resistencia al cambio, la falta de competencias específicas y las limitaciones inherentes a las herramientas tradicionales como Excel pueden obstaculizar el proceso. Por lo tanto, es esencial que las organizaciones desarrollen estrategias adecuadas para facilitar esta transición y maximizar el aprovechamiento de las metodologías ágiles.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. J. Rodríguez, «Investigación de los métodos ágiles para su implantación en un laboratorio de seguridad eléctrica,» *Universidad Politécnica de Catalunya*, 2013.
- [2] agilemanifesto, «agilemanifesto,» agilemanifesto, [En línea]. Available: <https://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html>. [Último acceso: 20 01 2025].
- [3] N. A. Abdul, S. Mohd y M. Mohamed, «Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation,» *International Conference on Economics and Business Research 2013*, pp. 174-180, 2013.
- [4] C. Lucena, A. Reyes y F. Villena, «Disruptive method for managing BIM design and construction using Kanban,» *Organization, Technology and Management in Construction*, pp. 1-12, 2024.
- [5] Garatu , «Grupo Garatu - IT solutions,» 20 07 2020. [En línea]. Available: <https://grupogaratu.com/que-es-y-para-que-sirve-lean-manufacturing/>.
- [6] A. Mayr, M. Weigelt, A. Kühla, S. Grimm, A. Erll, M. Potzel y J. Franke, «Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0,» *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, pp. 622-628, 2018.
- [7] Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho y S. Uchikawa, «Toyota production system and Kanban system materialization of just-in time and respect-for-human system,» *The International Journal of Production Research*, vol. 15, pp. 553-564, 1977.
- [8] J. Gaete, R. Villarroe, R. Figueroa, H. Cornide-Reyes y R. Muñoz, «Agile application approach with Scrum, Lean and Kanban,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 29, 2021.
- [9] M. Mojarro-Magaña, J. Olguín-Tiznado, J. García-Alcaraz, C. Camargo-wilson, J. López-Barreras y R. Pérez-López, «Impact of the Planning from the Kanban System on the Company's Operating Benefits,» *MDPI*, 2018.
- [10] M. Achouch, M. Dimitrova, K. Ziane, S. Sattarpanah, R. Dhouib, H. Ibrahim y M. Adda, «On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges,» *Applied Sciences*, vol. 12, 2022.
- [11] S. Sule, «Predictive maintenance, its implementation and latest trends,» *Journal Engineering Manufacture*, pp. 1-10, 2016.
- [12] U. Al-Turki, S. Duffuaa y M. Bendaya, «Trends in turnaround maintenance planning: literature review,» *King Fahd University of Petroleum and Minerals*, 2018.
- [13] D. Almagor, D. Lavid, A. Nowitz y E. Vesely, *Maintenance 4.0: Implementation Handbook*, Rliabilityweb, Inc, 2020.
- [14] N. Majid, A. Hamid y S. Srinivas, «Challenges and Solutions to Adopt Smart Maintenance in SMEs: A literature review and research agenda,» *ScienceDirect*, pp. 917-922, 2024.
- [15] D. Powell, «Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments,» *Norwegian University of Science and Technology*, vol. 51, pp. 140-143, 2018.
- [16] Kinsta, «kinsta.com,» 13 07 2020. [En línea]. Available: <https://kinsta.com/es/blog/alternativas-de-trello/>.
- [17] IBM, «IBM México,» IBM, [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/what-is-a-cmms>. [Último acceso: 21 01 2015].
- [18] Atlassian, «Trello,» 13 09 2011. [En línea]. Available: <https://trello.com/es>.
- [19] Clickup Inc, «Clickup,» 2017. [En línea]. Available: <https://clickup.com/>.

ACERCA DE LOS AUTORES

Ramirez Mongui, J. J. Ingeniero de automatización de la universidad de la Salle, maestría en gerencia de la innovación de la universidad externado de Colombia, formación en mantenimiento con la *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* y experiencia laboral como profesional senior en sistemas de control y comunicaciones del área de mantenimiento en procesos de producción de hidrocarburos. Miembro de la International Society of Automation (ISA) para el área de ciberseguridad y control de procesos industriales.

Cardona-Román, D.M. Investigadora y Profesora Asistente de la Universidad de los Llanos, su formación es en Ingeniería de sistemas, Maestría en ingeniería de sistemas y computación, Doctorado en Industria y Organizaciones, Estancia Posdoctoral en Gestión del Conocimiento en la Fundación Cardiovascular de Colombia. Ha trabajado como docente de pregrado en ingeniería de sistemas y en posgrado en programas como Maestría en Gestión de Tecnologías de Información con la enseñanza de cursos de Seguridad de la Información en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en Maestría en Telecomunicaciones, Maestría en Ingeniería Industrial, Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente, trabaja en temas de analítica de datos y es miembro del grupo de investigación en tecnologías abiertas GITECX de la Universidad de los Llanos.