



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN

Implementación del Sistema MMS en el área de mezclado de la Compañía

Continental Tire Andina S.A.

Trabajo previo a la obtención del grado académico de Ingeniero de

Producción y Operaciones

AUTOR: Freddy Gonzalo Bustamante Pesántez

DIRECTOR DE PROYECTO DE TITULACION: Ing. Damián Encalada

Ávila

CUENCA – ECUADOR

2026

DEDICATORIA

A mis pilares de vida:

A mi familia, cuyo amor incondicional ha sido el cimiento sobre el cual he edificado cada logro. Su paciencia, su fe inquebrantable en mis capacidades y cada sacrificio realizado, se convirtieron en la energía constante que me permitió superar los desafíos académicos y profesionales.

Este logro es la prueba de que, con su apoyo, el camino hacia la excelencia siempre es posible. Son mi mayor inspiración y mi más profunda razón.

AGRADECIMIENTOS

La culminación exitosa de este proyecto de titulación, titulado "Implementación del Sistema MMS en el área de mezclado de la Compañía Continental Tire Andina S.A.", no hubiera sido posible sin la invaluable colaboración, el apoyo institucional y la guía experta de diversas entidades y personas.

En primer lugar, expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, mi *Alma Mater*, por haberme brindado la formación académica de excelencia y los recursos necesarios para desarrollar esta investigación en el marco de la Facultad de la Producción.

Un agradecimiento especial y fundamental a la empresa Continental Tire Andina S.A., por abrirme sus puertas y permitirme desarrollar esta investigación. A la Gerencia y el equipo directivo por su visión estratégica y su firme compromiso con la transformación digital y la Industria 4.0, lo que hizo posible la implementación del Sistema MMS (Mixing Management System), eje central de este trabajo de titulación.

Agradezco también a mi Director de Trabajo de Titulación, Ing. Damián Encalada, por su rigurosa asesoría, su paciencia y sus valiosos consejos, los cuales fueron cruciales para estructurar y validar la metodología y los resultados presentados.

Este trabajo no solo representa el cumplimiento de un requisito académico, sino también una contribución práctica a la optimización de procesos críticos en la fabricación de neumáticos, consolidando la posición de Continental Tire Andina S.A. como un referente en calidad y eficiencia alineado con los más altos estándares tecnológicos

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone la implementación del Sistema MMS (Mixing Management System) en el área de mezclado de Continental Tire Andina S.A. en Cuenca, como una respuesta estratégica a la transformación digital impulsada por la Industria 4.0. El mezclado de compuestos de caucho, un proceso crítico en la fabricación de neumáticos es tradicionalmente inconsistente debido a la falta de monitoreo en tiempo real.

El objetivo central de este proyecto es optimizar este proceso mediante el MMS, una solución innovadora del Manufacturing Suite Global de Continental. La metodología se centró en un análisis situacional, un marco teórico sobre gestión de operaciones y automatización, y la implementación escalonada del subsistema MMS-SFE (System for Factory Execution) en las líneas de mezclado y sistemas de pesaje manuales.

El sistema, compuesto por SFE (Supervisión en línea), SAP-PI (Planificación) y EWM (Gestión de inventario), garantiza el control preciso de variables críticas (tiempo, temperatura, presión, peso). Sus beneficios fundamentales incluyen una mayor precisión y calidad de datos al asegurar la trazabilidad y la validación obligatoria de materiales (mediante escaneo de códigos de barras), un aumento de la eficiencia y confiabilidad operativa, una gestión optimizada de la genealogía de materiales, y un mejor intercambio de información con el área de Investigación y Desarrollo.

Esta migración tecnológica consolida la posición de Continental Tire Andina S.A. como un proveedor líder y fiable, garantizando la consistencia del producto y la eficiencia, alineándose con los más altos estándares de la Industria 4.0.

Palabras clave: Industria 4.0, mezclado de caucho, transformación digital, optimización de procesos, trazabilidad, SFE (System for Factory Execution).

ABSTRACT

This thesis proposes the implementation of the MMS (Mixing Management System) in the mixing area of Continental Tire Andina S.A. in Cuenca, as a strategic response to the digital transformation driven by Industry 4.0. The mixing of rubber compounds, a critical process in tire manufacturing, is traditionally inconsistent due to the lack of real-time monitoring.

The central objective of this project is to optimize this process using the MMS, an innovative solution from Continental's Global Manufacturing Suite. The methodology focused on a situational analysis, a theoretical framework on operations management and automation, and the phased implementation of the MMS-SFE (System for Factory Execution) subsystem across the mixing lines and manual weighing systems.

The system, comprised of SFE (online supervision), SAP-PI (planning), and EWM (inventory management), ensures precise control of critical variables (time, temperature, pressure, weight). Its fundamental benefits include greater data precision and quality by ensuring traceability and mandatory material validation (via barcode scanning), an increase in operational efficiency and reliability, optimized management of material genealogy, and improved information exchange with the Research and Development area.

This technological migration consolidates Continental Tire Andina S.A.'s position as a leading and reliable supplier, ensuring product consistency and efficiency, in line with the highest standards of Industry 4.0.

Key Words: industry 4.0, rubber mixing, digital transformation, process optimization, traceability, SFE (System for Factory Execution).

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS..... iii

RESUMEN..... iv

ABSTRACT v

ÍNDICE DE CONTENIDO vi

ÍNDICE DE FIGURAS..... ix

ÍNDICE DE ANEXOS..... x

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO ANÁLISIS SITUACIONAL INICIAL DE LA EMPRESA

CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A..... 4

1.1 Generalidades de la Compañía..... 4

1.2 Línea de productos de la empresa..... 4

1.3 Dirección Estratégica de la Organización..... 4

1.3.1 Misión 4

1.3.2 Visión..... 4

1.3.3 Valores de la Marca Continental 5

1.3.4 Valores Corporativos 5

1.4 Proceso de fabricación de neumáticos..... 5

1.5 Recibimiento de Materia prima y mezcla de componentes..... 5

1.5.1 Mezcla de compuestos 6

1.5.2 Preparación de Componentes 7

1.5.3 Construcción de la Llanta – Tire Building 7

1.5.4 Curado del neumático (Vulcanización)..... 7

1.5.5 Acabado final - Inspección y Control de Calidad 8

1.5.6 Almacenamiento y Distribución 9

CAPÍTULO II CONCEPTOS NECESARIOS PARA MMS (Mixing Management System) 10

2.1 Introducción al manejo de operaciones en la industria de manufactura. 10

2.2 Gestión de Inventario 11

- 2.2.1 Ventajas del inventario..... 11
- 2.2.2 Métodos de Gestión de Inventario 12
- 2.2.3 Proceso de Gestión de Inventario 12
- 2.2.4 Herramientas de Gestión de Inventario..... 12
- 2.2.5 Planificación de la Producción 13
- 2.2.6 Control de Calidad 13
- 2.2.7 Logística y Distribución 14
- 2.2.8 Tecnología y Automatización 14
- 2.2.9 Automatización en la Producción 14
- 2.2.10 Mejora Continua 15
- 2.2.11 Sistemas de manufactura en la Empresa Continental Tire Andina S.A 15
- 2.2.12 MMS (Mixing Management System) 16
- 2.2.13 Ventajas del MMS..... 18

CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MMS EN LA COMPAÑÍA

- CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A..... 19**
 - 3.1 Diagnóstico Inicial y Justificación 20
 - 3.2 Metodología de Implementación 21
 - 3.3 Fases de la Implementación 21
 - 3.3.1 Fase 1: Levantamiento de Información y Adecuación de Hardware (Paso Mandatorio Universal) 21
 - 3.3.2 Fase 2: Despliegue Piloto en el Mezclador ML4 (Siemens) 22
 - 3.3.3 Fase 3: Despliegue Escalonado en el Resto de Mezcladores 22
 - 3.3.4 Fase 4: Integración Sistémica y Validación (Cierre de los Circuitos de Control)..... 23
 - 3.4 Análisis de Resultados y Beneficios Obtenidos..... 26
 - 3.4.1 Mejoras en la Calidad y Reducción de Pérdidas Materiales 26
 - 3.4.2 Optimización de la Eficiencia Operativa y Trazabilidad 26
 - 3.4.3 Empoderamiento Basado en Datos 27
 - 3.5 Lecciones Aprendidas y Conclusiones del Capítulo 27
 - 3.6 Conclusiones de la Implementación de MMS en Continental Tire Andina S.A 28

3.7 Herramientas de visualización de reportes en diferentes áreas 33

3.8 Mixer ML03 -conectado a Sistema MMS -SFE..... 33

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 35

4.1 Conclusiones 35

4.2 Recomendaciones 35

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 37

ANEXOS..... 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de MMS y su interacción	17
Figura 2 Paso mandatorio de mapeo y adecuación de hardware	23
Figura 3 Digitalización de la Farmacia SCW (Small Chemical Weight)	24
Figura 4 Identificación Unificada de Materiales	24
Figura 5 Implementación de la Validación Mandatoria por Escaneo	25
Figura 6 Integración con la Planificación Maestra (SAP PP/PI)	25
Figura 7 Mejoras en la Calidad y Reducción de Pérdidas Materiales	26
Figura 8 Validación de materiales antes del inicio de la orden	28
Figura 9 Validación de caja de transporte de materiales	29
Figura 10 Validación del pallet de orden creada.....	29
Figura 11 Validación en área de Mixers	30
Figura 12 Seleccionar el número de orden.....	30
Figura 13 Ejecutar la orden en el mixer.....	31
Figura 14 Estado de verificación OK	31
Figura 15 Presiona F2.....	32
Figura 16 Proceso de mezclado.....	32
Figura 17 Reportes	33
Figura 18 Herramientas de visualización de reportes en diferentes áreas.....	33
Figura 19 Mixer ML03 conectado a Sistema MMS -SFE	34
Figura 20 Formato de planificación antes de la implementación realizado en Excel	38
Figura 21 Transacción en SAP utilizada para la planificación	38
Figura 22 Formato de reporte de producción	39
Figura 23 Registro después de la implementación del sistema MMS.....	39
Figura 24 PBI utilizados para el análisis de información y toma de decisiones, obtenidos del sistema MMS	40
Figura 25. Top 10 Most Critical Standard Variations per Compound	40
Figura 26 Time line machine status	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Formato de Planificación de los Mixers Antes y Después de la Implementación del Sistema MMS..... 38

Anexo B: Formatos de Registro de Lotes Antes y Después de la Implementación del MMS Registro antes de la implementación en Excel..... 39

Anexo C: Digitalización de los indicadores claves del proceso en el Área de Mezclado..... 40

INTRODUCCIÓN

La constante evolución tecnológica global ha marcado el advenimiento de la Industria 4.0, una nueva era caracterizada por la integración de tecnologías digitales avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y los sistemas cyberfísicos en los entornos productivos. Esta transformación digital es imperativa en la industria de la manufactura, especialmente en procesos que demandan alta precisión y calidad, como la fabricación de neumáticos.

La Compañía Continental Tire Andina S.A., con sede en Cuenca, y con una trayectoria que se remonta a 1955, es un actor clave en la producción de neumáticos para las líneas PLT y TT. El proceso de fabricación de llantas es una secuencia de procedimientos de alta complejidad, donde la etapa inicial de mezclado de compuestos es crítica. En esta fase, el caucho natural, el caucho sintético, el negro de carbono, los aceites y otros productos químicos se combinan en mezcladores Banbury a altas temperaturas y presiones para formar un compuesto homogéneo. La consistencia y la precisión en esta etapa son determinantes para garantizar la calidad y el rendimiento final del neumático.

La Industria 4.0 y la transformación digital representan una nueva etapa en los sistemas de manufacturas actuales, integrando un conjunto de tecnologías digitales que agregan valor a todo el ciclo de vida de un producto.

La Industria 4.0 se basa en la adopción de tecnologías digitales para recopilar datos y analizarlos en tiempo real, la introducción de Internet a las cosas (IoT), servicios en la nube, big data, sistemas cyberfísicos y la fabricación aditiva en el ámbito de la producción. En la industria de fabricación de neumáticos, estos avances tecnológicos permiten la automatización de procesos, desde la formulación de compuestos hasta el moldeado y la inspección final. Cada etapa se beneficia de la integración de tecnologías avanzadas mejorando la eficiencia, calidad y flexibilidad en todos los aspectos del proceso de producción.

El proceso de fabricación de neumáticos es complejo y requiere la interacción de varios procedimientos de alta precisión para asegurar que el producto final cumpla con los

estándares de calidad y rendimiento.

La primera etapa consiste en la recepción y preparación de materiales como caucho natural, caucho sintético, negro de carbono, aceites y otros productos químicos que formarán la mezcla de caucho siguiendo las especificaciones de la compañía.

Posteriormente ocurre el proceso de mezclado, en donde se combinan todas las materias primas en máquinas especializadas para formar un compuesto de caucho homogéneo que puede variar dependiendo de la parte de la llanta que se esté fabricando.

Esta etapa es crítica para garantizar la calidad y uniformidad del compuesto. Luego la mezcla de caucho se extruye en forma de una banda continua y luego se calandra para obtener la forma y el grosor deseados.

A continuación, se procede a la construcción del neumático, donde se ensamblan capas de caucho, telas y cables de acero en un molde, dando forma a la estructura del neumático y colocando elementos clave como la banda de rodamiento y los flancos laterales. Posteriormente, el neumático se somete a un proceso de vulcanización, donde se expone a altas temperaturas y presión para unir y endurecer los materiales. Después de la vulcanización, se realiza la inspección minuciosa para detectar posibles defectos y se realiza cualquier acabado adicional necesario, como el marcado de letras y números de identificación. Finalmente, los neumáticos terminados se empaquetan y se distribuyen a los puntos de venta completando así el proceso de fabricación.

Uno de los desafíos más importantes en este proceso es el área de mezclado, donde la precisión y la consistencia del compuesto son fundamentales para garantizar la calidad del producto final. Muchos parámetros afectan el proceso de mezclado, como el calor, presión, tiempo de procesamiento, el tipo de materias primas utilizadas, el peso de las materias primas procesadas entre otras.

Los métodos tradicionales de mezclado a menudo carecen de la capacidad de monitoreo en tiempo real y control preciso, lo que puede resultar en variaciones en la composición de la mezcla y en última instancia, en neumáticos de calidad inconsistente. De esta forma, para asegurar que la compañía cumpla con los rigurosos requisitos de calidad de sus clientes de equipo original, es fundamental implementar sistemas que permitan alcanzar

esos estándares exigentes. Estos sistemas no solo garantizan la conformidad con los lineamientos de calidad, sino que también fortalecen la posición de Continental como un proveedor confiable y líder en la industria de neumáticos.

Por lo tanto, la implementación de MMS (Mixing Management System) es una solución innovadora que aprovecha las capacidades de la Industria 4.0 para optimizar el proceso de mezclado. Al integrar tecnologías como sensores IoT, análisis de datos en tiempo real y automatización, el MMS permite un control preciso y supervisión continua del proceso de mezclado, mejorando así la calidad y la eficiencia en la producción de neumáticos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

ANÁLISIS SITUACIONAL INICIAL DE LA EMPRESA CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A.

1.1 Generalidades de la Compañía

Continental Tire Andina S.A, es una compañía fundada en 1955 con el nombre de Ecuadorian Rubber Company C.A (ERCO). En 1962, tras la fabricación de la primera llanta, se convirtió en la primera y única planta de producción de neumáticos en el país. En 2009 el grupo Continental AG de Alemania compró la mayoría de sus acciones y en 2010, cambió su nombre a Continental Tire Andina S.A, convirtiéndose en uno de los líderes en la producción de neumáticos para la industria automotriz con sede en Cuenca, distribuyendo sus productos en Ecuador, Estados Unidos, México, Canadá, la región Andina y Chile.

1.2 Línea de productos de la empresa

La empresa actualmente produce dos líneas de productos con tecnologías y procesos específicos para satisfacer las necesidades y requisitos de rendimiento de diferentes segmentos del mercado automotriz.:

- Línea PLT (Passenger and Light Truck Tire) que incluye neumáticos para pasajero y camioneta radial, desde aro 13 hasta aro 18
- Línea TT (Truck Tire) de camión radial, que engloba aro 17.5 y 22.5.

Los neumáticos producidos en la planta Continental Tire Andina. S.A se distribuyen bajo las marcas Continental, General Tire, Barum, Sportiva, MAZAMA.

1.3 Dirección Estratégica de la Organización

1.3.1 Misión

Crear un ambiente de trabajo que mantenga y desarrolle personal de primera. Mejorar la relación con el cliente y la satisfacción del mismo, a través de la calidad, entrega rápida y reducción de costos en nuestros productos. Adoptar una cultura de mejoramiento continuo para asegurar un crecimiento rentable.

1.3.2 Visión

Convertirnos en el distribuidor de llantas más confiable de la región Andina, ofreciendo los mejores productos y servicios a través del conocimiento y entendimiento de los

requerimientos y necesidades del cliente.

1.3.3 Valores de la Marca Continental

- Confianza.
- Pasión por Ganar - Ganar.
- Libertad de Acción.
- Trabajo en Equipo.

1.3.4 Valores Corporativos

- Alto desempeño.
- Confiabilidad.
- Impulso tecnológico.
- Agilidad.

1.4 Proceso de fabricación de neumáticos

El proceso de fabricación de neumáticos es complejo y requiere la interacción de varios procedimientos de alta precisión para asegurar que el producto final cumpla con los estándares de calidad y rendimiento.

1.5 Recibimiento de Materia prima y mezcla de componentes

Según Rodgers (2021) la materia prima es recibida en la compañía bajo una especificación de compra propia de equipo de central de Continental, en la que consta la descripción del material, tipo, nombre del compuesto, color, forma, prueba de calidad del distribuidor, entre otros. Entre ellos podemos encontrar:

- Caucho sintético y caucho natural, el cual se extrae de árboles especiales cultivados en grandes plantaciones. El líquido lechoso (látex) que sale se coagula cuando se le añade ácido. Luego se limpia con agua y se prensa para formar pacas sólidas de caucho para facilitar su transporte y al almacenamiento, estos se cortan en porciones, se pesan y se mezclan con otros ingredientes según recetas específicas.
- Químicos como negro de carbón, azufre, aceites, ácido esteárico, óxido de zinc, entre otros.

- Resinas que permiten modificar las propiedades del producto.
- Acero de alta dureza, el cual es utilizado para la elaboración de correas de acero, o núcleos de acero.
- Textiles como nylon y poliéster para la fabricación de pliegos y cordones que sirven como refuerzo de los neumáticos.

1.5.1 Mezcla de compuestos

El mezclado del compuesto es el proceso en el cual se combinan todos los materiales en una formulación para producir un material homogéneo (Rodgers, 2021).

En la planta de producción de Continental Tire Andina, este proceso se realiza en mezcladores internos de alta capacidad de tipo Banbury, que constan de dos rotores que giran en sentido opuesto en una cámara de acero grande, que aplican un alto grado de cizallamiento a temperaturas de hasta 180°C. La mezcla resultante se llama "compound" y puede variar dependiendo de la parte de la llanta que se esté fabricando (banda de rodadura, laterales, etc.). Rodgers y Bruce. Los ingredientes utilizados en la fabricación de caucho constan de cuatro categorías principales de materiales: negro de carbón, aceites de proceso, polímeros y caucho sintético o natural. La parte más crítica del proceso de mezclado es el pesaje preciso de los ingredientes y la secuencia en la que son incorporados al mezclador Banbury (Lightle, 1993; Rodgers, 2021).

Las variables controlables en la mezcla de compuestos son:

- Tamaño del lote, que está determinado por el volumen de la cámara del mezclador y la gravedad específica del compuesto. A partir de esto, se calcula el "factor de llenado", que luego se utiliza para determinar el peso de las materias primas que componen el lote.
- Secuencia de adición de materias primas: normalmente se añaden primero los polímeros, seguidos de rellenos, aceites y luego los polvos en bolsas previamente pesadas.
- Presión de arrastre.
- Velocidades del rotor que pueden variar durante el ciclo de mezcla.

- Tiempo.
- Temperatura: aumenta durante el período de mezcla.
- Consumo de energía: función de presiones, tiempos de mezcla y velocidad de rotor (Rodgers, 2021).

1.5.2 Preparación de Componentes

Esta es una operación que consiste en 3 pasos: Extrusión, calandrado y construcción de las partes:

- **Extrusión:** El compound se extruye en diferentes formas y tamaños para crear los componentes de la llanta, como la banda de rodadura y los laterales.
- **Calandrado:** Se combina el compound con capas de textil o acero, dependiendo de la estructura necesaria para la llanta.
- **Construcción:** Los materiales extruidos y calandrados se cortan en las dimensiones específicas necesarias para cada tipo de llanta (Rodgers, 2021).

1.5.3 Construcción de la Llanta – Tire Building

Es el proceso de ensamblar de todos los componentes en un tambor de construcción de neumáticos:

- **Montaje del Cuerpo de la Llanta:** Los componentes preparados se ensamblan en una máquina de construcción de llantas. Este proceso incluye:
- **Cuerpo de la Llanta:** Se forma la carcasa utilizando capas de textiles recubiertas de caucho.
- **Cinturones de Acero:** Se añaden cinturones de acero sobre la carcasa para dar rigidez y resistencia a la llanta.
- **Banda de Rodadura y Laterales:** Se aplican las capas de la banda de rodadura y los laterales sobre la carcasa (Rodgers, 2021).

1.5.4 Curado del neumático (Vulcanización)

El curado es el proceso de aplicar presión y calor al neumático en un molde para darle su forma final. Consiste en dos áreas: el área de almacenamiento de neumáticos verdes o sin curar, y el área de prensado. Los neumáticos verdes, deben mantenerse a temperaturas

óptimas para pasar a la línea de prensado (Rodgers, 2021).

- Transferencia al molde: el neumático verde o sin curar se transfiere automáticamente al molde inferior y se inserta una vejiga de goma en el neumático verde y el molde se cierra mientras la vejiga se infla. A medida que el molde se cierra y se bloquea, la presión de la vejiga aumenta para hacer que el neumático verde fluya hacia el molde, adoptando su forma final, la banda de rodadura y las letras de las paredes laterales grabadas en el molde.
- Vulcanización: Se aplica calor y presión al molde cerrado. El calor suaviza el caucho del neumático verde, permitiendo que fluya y tome la forma del molde, mientras que la presión de la vejiga de goma asegura que el neumático se expanda completamente contra las paredes del molde. Durante este proceso, las moléculas de caucho se enlazan químicamente entre sí y con otros compuestos presentes en la mezcla creando una estructura molecular más fuerte y duradera. Este proceso de vulcanización mejora las propiedades físicas del neumático, como su resistencia al desgaste, tracción y resistencia a la temperatura.

Una vez que se completa la vulcanización, el molde se enfría y se retira del neumático. La vejiga de goma se desinfla y se retira.

1.5.5 Acabado final - Inspección y Control de Calidad

Después del curado, el neumático es transferido desde el molde hacia una estación para el acabado final en donde se realiza:

- Inspección Visual donde se detectan defectos como llenado incompleto del molde, ampollas e imperfecciones.
- Remoción de pequeños excesos
- Pruebas de calidad en donde los neumáticos se someten a una serie de pruebas de balance, uniformidad, rayos X para asegurar que no haya defectos internos.
- Pruebas de rendimiento en condiciones controladas para garantizar su calidad y durabilidad (Rodgers, 2021).

1.5.6 Almacenamiento y Distribución

Las llantas terminadas se almacenan en condiciones adecuadas hasta su distribución a distribuidores y puntos de venta en todo el mundo para su comercialización.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS NECESARIOS PARA MMS (Mixing Management System)

2.1 Introducción al manejo de operaciones en la industria de manufactura.

El término “producción” se define como la creación de bienes y servicios. La administración de operaciones (AO) es el conjunto de personas, tecnologías y sistemas dentro de una organización que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos (entradas) en productos terminados (salidas) (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

La producción en las empresas de manufactura es un proceso fundamental y comprende todas las actividades relacionadas con la transformación de materias primas en productos finales mediante el uso de recursos humanos, tecnológicos y materiales.

Los objetivos principales de la producción incluyen:

- **Eficiencia:** Utilización eficiente de los recursos (materiales, mano de obra, tiempo) para minimizar costos y maximizar la productividad.
- **Calidad:** Producción de bienes y servicios que cumplan con los estándares y expectativas de calidad establecidos.
- **Satisfacción del Cliente:** Garantizar que los productos y servicios cumplan con las expectativas y necesidades de los clientes, proporcionando valor y satisfacción.
- **Flexibilidad:** Capacidad de adaptar rápidamente la producción a cambios en la demanda del mercado o condiciones operativas.
- **Innovación:** Introducción de nuevas técnicas, tecnologías y productos para mejorar continuamente la oferta de la empresa.

Existen 3 procesos básicos de producción que funcionan de forma integrada. Planificación de la operación, ejecución y control que incluyen:

- **Planificación:** Mediante el diseño de estrategias para la producción de bienes y servicios, incluyendo la determinación de recursos necesarios y tiempos de entrega.
- **Ejecución:** Implementación de las actividades planificadas, que implica la

transformación de materias primas en productos finales mediante operaciones y procesos específicos.

- **Control:** Monitoreo y supervisión continua del proceso de producción para asegurar que se cumplan los estándares de calidad y eficiencia establecidos. Incluyendo la gestión de inventarios, control de calidad y gestión de costos (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

La administración en este contexto se refiere a la gestión eficaz de los recursos humanos, financieros, materiales y tecnológicos para optimizar los procesos de producción. Incluye la planificación, organización, dirección y control de todas las actividades relacionadas con la fabricación y entrega de productos, incluyendo la gestión de inventarios, planificación de la producción, control de calidad, logística y distribución, tecnología y automatización y mejora continua.

2.2 Gestión de Inventario

La Asociación Americana de producción y control de inventario (APICS) define como inventario a todas aquellas existencias o artículos utilizados para respaldar la producción (materias primas y artículos en proceso), actividades de soporte (mantenimiento, reparación y suministros operativos) y servicio al cliente (productos terminados y repuestos) (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

El objetivo de la Gestión de inventarios es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente. Por lo tanto, el manejo eficiente de los niveles de inventario minimiza costos mientras se asegura la disponibilidad de materias primas y productos terminados (Heizer y Render, 2009).

2.2.1 Ventajas del inventario

- **Optimización de Recursos:** Permite minimizar costos manteniendo un nivel adecuado de inventario.
- **Satisfacción del Cliente:** Asegura que los productos estén disponibles cuando los clientes los soliciten.
- **Eficiencia Operativa:** Ayuda a mantener operaciones fluidas y evitar

interrupciones en la producción y distribución.

- **Planificación Estratégica:** Facilita la planificación de la producción, compras y ventas.

2.2.2 Métodos de Gestión de Inventario

Existen diferentes métodos para gestionar el inventario, que incluyen:

- **Justo a Tiempo (JIT):** Se enfoca en tener solo la cantidad necesaria de inventario en el momento justo para cumplir con la demanda, reduciendo el almacenamiento y sus costos asociados.
- **ABC (ABC Analysis):** Clasifica los productos en función de su valor relativo para la empresa (A, B y C) y prioriza la gestión en función de esta clasificación.
- **Método FIFO (First In, First Out):** Los productos que se venden o utilizan primero son los que se compraron primero, evitando obsolescencia y pérdida de valor.
- **Método LIFO (Last In, First Out):** Los productos más recientes son los primeros en venderse o usarse, ideal para productos perecederos o sujetos a obsolescencia rápida (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

2.2.3 Proceso de Gestión de Inventario

- **Registro y Seguimiento:** Mantener registros precisos de todos los productos en stock, incluyendo cantidades, ubicaciones y movimientos.
- **Revisión y Reposición:** Monitorear los niveles de inventario y ordenar reposiciones según las necesidades y las políticas establecidas.
- **Auditorías y Control:** Realizar auditorías periódicas para verificar la precisión de los registros de inventario y detectar posibles discrepancias.
- **Optimización Continua:** Analizar y ajustar políticas de inventario para mejorar la eficiencia y reducir costos (Panigrahi et al., 2021).

2.2.4 Herramientas de Gestión de Inventario

Para facilitar la gestión de inventario, las compañías utilizan diversas herramientas y tecnologías como sistemas de gestión de Inventarios (IMS), que son softwares especializados para rastrear y administrar inventarios de manera eficiente. Sistema de código de Barras y

RFID que permiten la identificación automática y seguimiento de productos y la integración del sistema de gestión de inventarios (ERP) con otros sistemas para una gestión coordinada de recursos (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

2.2.5 Planificación de la Producción

Es el conjunto de procesos de negocios tácticos y de nivel de ejecución que incluyen la programación maestra o master scheduling, planificación de requisitos de materiales, control de actividades de producción y gestión de pedidos de proveedores. La planificación y el control comienzan donde termina la planificación de ventas y operaciones (S&OP)

- **Programación maestra:** es el primer paso en la planificación y control en donde los niveles generales de recursos establecidos por demanda y operaciones comienzan a desarrollarse con detalles específicos. El programa maestro establece exactamente cuándo y en qué cantidades se fabricarán productos específicos. También vincula la producción con pedidos específicos de los clientes, lo que permite a la empresa decirle al cliente exactamente cuándo se completará un pedido.

La planificación de requisitos de materiales (MRP) lleva el proceso un paso más allá: traduce el programa maestro para los productos finales en requisitos de materiales detallados (Bozarth y Handfield, 2019).

2.2.6 Control de Calidad

Calidad se define como las características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implícitas. También podríamos definirla como un producto o servicio que está libre de deficiencias.

El control de calidad se basa en la implementación de procesos y estándares para asegurar que los productos cumplan con las especificaciones y normativas de calidad.

De acuerdo a Shih et al. (2010), existen ocho dimensiones en las que los usuarios evalúan la calidad de un producto o servicio:

- **Rendimiento.** ¿Cuáles son las características operativas básicas del producto o servicio?

- **Características.** ¿Qué características extra tiene el producto o servicio más allá de las de las características operativas básicas de rendimiento?
- **Fiabilidad.** ¿Cuánto tiempo puede pasar un producto entre fallas o necesidad de mantenimiento?
- **Durabilidad.** ¿Cuál es la vida útil de un producto? ¿Cómo se mantendrá el producto bajo un uso prolongado o extremo?
- **Conformidad.** ¿Se fabricó el producto o se realizó el servicio según las especificaciones?
- **Estética.** ¿Qué tan bien se ve el producto o servicio a los sentidos?
- **Capacidad de servicio.** ¿Qué tan fácil es reparar, mantener o dar soporte al producto o servicio?
- **Calidad percibida.** ¿Cuál es la reputación o imagen del producto o servicio?

2.2.7 Logística y Distribución

Es la gestión de la cadena de suministro y la distribución de productos de manera eficiente para satisfacer las necesidades de los clientes y minimizar los costos operativos (Bozarth y Handfield, 2019; Heizer y Render, 2009).

2.2.8 Tecnología y Automatización

El uso de sistemas informáticos y tecnológicos avanzados para mejorar la eficiencia operativa y la precisión en los procesos de producción y gestión.

Se pueden emplear varios tipos de tecnologías, incluyendo una amplia gama de herramientas y técnicas, como sistemas informáticos avanzados, simulación de procesos, robótica, tecnología de sensores, Internet de las Cosas (IoT), entre otros. Permitiendo la optimización de procesos de fabricación hasta el monitoreo en tiempo real de todo el proceso de producción.

2.2.9 Automatización en la Producción

La automatización implica el uso de sistemas y tecnologías para realizar tareas industriales o administrativas con mínima intervención humana directa.

Ventajas

- **Mejora de la Eficiencia:** Reducción de tiempos de ciclo y costos operativos al

eliminar actividades manuales y repetitivas.

- **Mejora de la Calidad:** Precisión y consistencia en la producción, reduciendo errores humanos y variaciones.
- **Aumento de la Seguridad:** Reducción de riesgos laborales al automatizar tareas peligrosas o monótonas.
- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Capacidades para ajustarse rápidamente a cambios en la demanda y en las especificaciones del producto (Heizer y Render, 2009).

La tecnología y la automatización deben integrarse de manera efectiva con los sistemas existentes de la empresa, como los sistemas de gestión empresarial (ERP) y los sistemas de ejecución de manufactura (MES), para una operación coordinada y eficiente.

Adicionalmente, al implementar tecnología y automatización se requiere una gestión efectiva del cambio organizacional, que incluya capacitación del personal, comunicación clara de los beneficios y ajustes en los procesos operativos y de gestión. Finalmente, el monitoreo y mejora continua es crucial en el desempeño de los sistemas para identificar áreas de mejora y asegurar que estén alineados con los objetivos estratégicos de la empresa (Bozarth y Handfield, 2019).

2.2.10 Mejora Continua

Es una característica fundamental de cualquier organización, en donde la mejora continua significa no contentarse nunca con el status quo, sino asumir que siempre habrá posibilidad de mejora, sin importar qué tan bien le vaya a una organización. La implementación de prácticas y procesos de mejora continua permiten incrementar la productividad, reducir desperdicios y optimizar los flujos de trabajo (Bozarth y Handfield, 2019).

2.2.11 Sistemas de manufactura en la Empresa Continental Tire Andina S.A

El Manufacturing Suite de Continental Tire Andina S.A, es un conjunto de herramientas y sistemas diseñados para optimizar y agilizar los procesos de producción en las plantas en todo el mundo con herramientas de IT que permitan validación de materiales, transparencia en la producción, gestión de inventarios y manejo de bodegas y el análisis de datos.

Continental se compromete a la mejora continua de los procesos de fabricación y a

proporcionar soluciones personalizadas para satisfacer las necesidades de la empresa, especialmente en la era de la digitalización y la Industria 4.0, las soluciones de Manufacturing Suite no solo son beneficiosas para permitir la fabricación moderna, sino también para mantener la competitividad en el mercado.

Por esta razón, como parte de su visión para el año 2030, Continental ha realizado significativas inversiones en el desarrollo y despliegue de diversos sistemas y herramientas para gestionar los procesos de fabricación de neumáticos, desde la adquisición de materias primas hasta el almacenamiento en bodegas para su posterior envío a los distribuidores.

El Manufacturing Suite, incluye varios sistemas y herramientas de software, distribuidos a lo largo de todos los procesos en diferentes aplicaciones como el MES (Sistema de Ejecución de Manufactura), sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) y módulos especializados que brindan soporte a las áreas de producción, calidad, procesos, mantenimiento, etc.

2.2.12 MMS (*Mixing Management System*)

MMS (Mixing Management System) por sus siglas en inglés, es un sistema estándar de Continental para el control de operaciones en el área de mezclado, que es parte del MES.

Este sistema proporciona información actual y precisa sobre las actividades de producción a nivel de planta y comunicación a nivel empresarial. El MMS permite una completa visualización, control y optimización de las operaciones incrementando la eficiencia (Almeida, 2022).

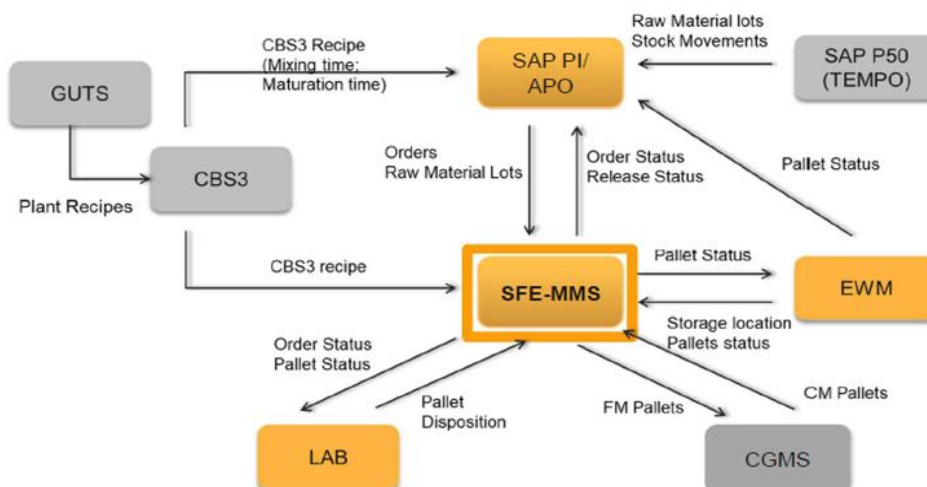
El MMS está formado por tres componentes clave que funcionan de manera interconectada:

- **SFE** (Ejecución en Planta), encargado de supervisar y controlar las operaciones en tiempo real dentro de la planta.
- **SAP-PI**, responsable de la planificación y programación de las actividades relacionadas con el proceso de mezclado, asegurando una asignación eficiente de recursos.
- **EWM** (Extended Warehouse Management) que se ocupa de la gestión de

inventario y materiales en el almacén de la planta, garantizando un flujo de materiales hacia y desde el área de mezclado.

Figura 1

Componentes de MMS y su interacción



Nota. Se observa en la figura los componentes de MMS y su interacción. Obtenido de Esquema cortesía de Project management Tire División - Continental.

Las principales características de MMS son:

- **Ejecución de órdenes:** proporciona al usuario información sobre el estado de la orden (por ejemplo, si la orden está en producción, pospuesta u otra); cantidades producidas (recuentos de máquinas casi en tiempo real); Cumplimiento / Eficiencia de los pedidos y actualizaciones del estado del centro de trabajo directamente en la máquina.
- **Validación de materiales:** antes de iniciar la producción, permite validar el material consumido, validar las herramientas usadas (moldes, Bladder entre otros), receta de la máquina y operador (autenticación y autorización), garantizando una correcta producción ya que detiene la máquina si no coincide.
- **Genealogía:** El MMS mantiene vínculos entre las partes producidas y consumidas; verifica los materiales con la lista de materiales de la especificación. Además, proporciona seguimiento y localización de materiales (dónde, quién y en qué máquina se produjo; dónde se almacenó/consumió).

MMS está en estricta comunicación con LABsystem, enviándole la información de cada lote, este lo procesa y devuelve al MMS el estado de calidad de cada lote (Almeida, 2022).

2.2.13 Ventajas del MMS

- Mayor precisión y calidad en el flujo de datos: Permite el cumplimiento de los requisitos de trazabilidad y validación de materiales para satisfacer las demandas de los clientes de equipo original. Reduciendo notablemente los errores de entrada manual al integrarse con interfaces como CBS3 a las líneas de producción como mezcladoras, filtradoras y SCW (Small Chemical Weight). La validación de materiales se agiliza aún más mediante el escaneo de códigos de barras, asegurando la fiabilidad en el proceso de fabricación.
- Mayor Eficiencia y Confiabilidad en los procesos: Con la integración de SAP, se facilita la planificación a largo, mediano y corto plazo, permitiendo un seguimiento efectivo y trazabilidad de los materiales. El monitoreo en línea en tiempo real de los procesos y pérdidas contribuye a mejorar la calidad y eficiencia.
- Gestión mejorada de inventario / Procesos ascendentes y descendentes: Inventario en línea que permite que las capacidades dentro y fuera de los procesos sean más fáciles de calcular para integrar completamente los procesos de producción y compra.
- Networking: Al implementar un sistema unificado en todas las plantas, se facilita la interconexión, el networking y el intercambio de información entre las diferentes instalaciones, mejorando la colaboración y la eficiencia en el área de mezclado.
- Innovación: Intercambio mejorado de información con los departamentos de Investigación y Desarrollo fomenta avances en el desarrollo de compuestos y procesos, impulsando la mejora continua y la innovación en las operaciones de fabricación de Continental.

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MMS EN LA COMPAÑÍA CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A.

Se realizó un análisis situacional inicial de la empresa Continental Tire Andina S.A tomando en consideración su industria, historia, organización y principales actividades. Se recolectaron datos relevantes a través de fuentes primarias (entrevista y observación directa) y secundarias (documentos, informes previos).

Para la elaboración del marco teórico se realizó una revisión de la literatura actual relacionada con la automatización y tecnología en los procesos de producción, sistema de gestión de mezclas (MMS) en la industria de manufactura de neumáticos haciendo énfasis en las ventajas del MMS y la importancia de otras funciones como gestión de inventarios, planificación de la producción, control de calidad, logística y distribución, tecnología y automatización, y mejora continua.

Para la implementación del sistema MMS en la empresa Continental Tire Andina S.A. se diseñó un plan detallado para la implementación en la empresa, considerando los resultados del análisis.

La implementación del sistema MMS - SFE en el área de mezclado se realizó en el siguiente orden:

- Se implementó el sistema de Ejecución de planta (SFE) en mixer line piloto (ML4 Siemens).
- Implementación el sistema de Ejecución de planta (SFE) en (ML1 Modicon).
- Implementación el sistema de Ejecución de planta (SFE) (ML3 Allen Bradley).
- Implementación el sistema de Ejecución de planta (SFE) (ML2 Modicon).
- Integración del laboratorio: El proceso de liberación del compuesto se integra al MMS.
- Implementación SFE en sistemas de pesaje manuales pequeños. Integración de SCW – SFE.
- Validación mandatoria en los puntos de carga de material: mixers (incl.

Silos/IBCs), estaciones de SCW, estación carga/descarga de materia prima. Todos los materiales que entran al mixer son validados por medio de un escáner de códigos que permite la validación del material en SCW, líneas MB / FM, validación mandatoria en W2W.

- La planificación/secuenciación de los compuestos MB y FM en el área de mezcla se realiza en el entorno SAP-PP/PI: Las órdenes son creadas en SAP y transferidas a SFE con la carga del manual de inventario y retroconsumo.
- Planificación/secuenciación de la producción de la mezcla, retrabajo y trabajo final: Implementación de función de planificación/secuenciación totalmente integrada con SFE y EWM. Las órdenes son creadas en SAP y son integradas a SFE and EWM.
- Actualización de las instrucciones de trabajo y uso de herramientas de reporte.

Este capítulo detalla la ejecución práctica del proyecto de implementación del Sistema de Gestión de Mezclado (MMS) en la planta de Continental Tire Andina S.A. Se describe la metodología escalonada adoptada, centrada en una fase de diagnóstico y preparación técnica mandatoria, seguida de un despliegue (roll-out) progresivo en los cuatro mezcladores (ML1 a ML4) y la posterior integración con los sistemas corporativos (SAP, EWM). El objetivo fue transformar un proceso basado en intervención humana y registros semiautomáticos en un sistema integrado, trazable y controlado por datos, abordando no solo los desafíos técnicos sino también los humanos y de procesos.

3.1 Diagnóstico Inicial y Justificación

- Estado "As-Is" (Antes de la Implementación): Previo al MMS, el área de mezclado operaba con una automatización aislada. Cada mezclador (con PLCs de diferentes marcas: Siemens, Modicon, Allen Bradley) funcionaba como una "isla de automatización". La secuenciación, validación de materiales y registro de datos dependían significativamente de hojas de trazabilidad, libros, documentos físicos y del criterio del operador. Este modo de operación generaba riesgos de error, reprocesos, una trazabilidad compleja que tomaba horas, y dificultades para

controlar la variabilidad del proceso y los saldos de inventario generados por programar los lotes de producción manualmente. Adicional a esto la forma de planificación diaria de estos se lo colocaba en una pizarra en la cual se iba actualizando turno a turno los compuestos y las cantidades a producirse en cada mezclador, de esta manera los operadores y ayudantes tomaban nota de esta pizarra y procedían a trabajar en sus puestos de trabajo.

- Justificación del Proyecto: La implementación se justificó para: 1) Eliminar los errores de carga de materiales mediante validación automática, 2) Garantizar una trazabilidad del 100% desde la materia prima hasta el lote de mezcla en tiempo real, 3) Estandarizar los procedimientos operativos en los cuatro mezcladores independientemente de su tecnología, 4) Integrar los datos de producción con los sistemas de planificación (SAP) y gestión de almacén (EWM), y 5) Reducir drásticamente el scrap (material descartado) mediante el control en tiempo real.

3.2 Metodología de Implementación

Se adoptó una metodología por fases secuenciales y solapadas, estructurada en tres grandes bloques interdependientes: 1) Preparación Técnica y Piloto, 2) Despliegue Escalonado por Equipos, y 3) Integración Sistémica y Validación. Se estableció como principio rector que, independientemente de la tecnología de cada mezclador, ciertos pasos de preparación, control de calidad y gestión de datos serían mandatorios y previos a la puesta en marcha en cada equipo, asegurando consistencia y calidad en toda la línea.

3.3 Fases de la Implementación

3.3.1 Fase 1: Levantamiento de Información y Adecuación de Hardware (Paso Mandatorio Universal)

Antes de cualquier desarrollo de software se ejecutó un diagnóstico técnico exhaustivo y mandatorio para los cuatro mezcladores. El equipo de Control & Drives del área de Mantenimiento en conjunto con el departamento de IT realizaron un levantamiento detallado para cada ML (1, 2, 3, 4), auditando: el estado, modelo y versión del PLC; la disponibilidad y calibración de sensores críticos (básculas, células de carga); y el estado de las conexiones de red (Profinet). Este informe definió las necesidades específicas de adecuación (ej:

actualización de firmware, instalación de tarjetas de comunicación), asegurando que la "capa física" estuviera preparada para la integración, adaptándose a las particularidades de cada uno.

3.3.2 Fase 2: Despliegue Piloto en el Mezclador ML4 (Siemens)

La elección del ML4 como banco de pruebas se basó en un análisis de riesgo: era el más nuevo, con el PLC más moderno (Siemens), conexión Profinet nativa, la menor tasa de fallas y su producción podía ser absorbida por otros mezcladores, minimizando el impacto operativo.

- **Actividades Técnicas:** Se realizó el mapeo de variables conectando laptops de ingeniería al PLC. Se configuró una arquitectura de comunicación utilizando un servidor OPC como traductor entre el PLC Siemens y el sistema SFE/MMS. En paralelo, un trabajo crítico con el Departamento de Procesos y Calidad digitalizó y cargó la librería maestra de recetas CBS3 (Compound Basic System) en el MMS.
- **Pruebas y Lección Clave:** Tras pruebas de comunicación, en vacío y la primera mezcla controlada, el piloto fue un éxito. La lección fundamental fue que el cuello de botella no era la comunicación, sino la calidad y unicidad de la data maestra (recetas), estableciendo un precedente para las siguientes fases.

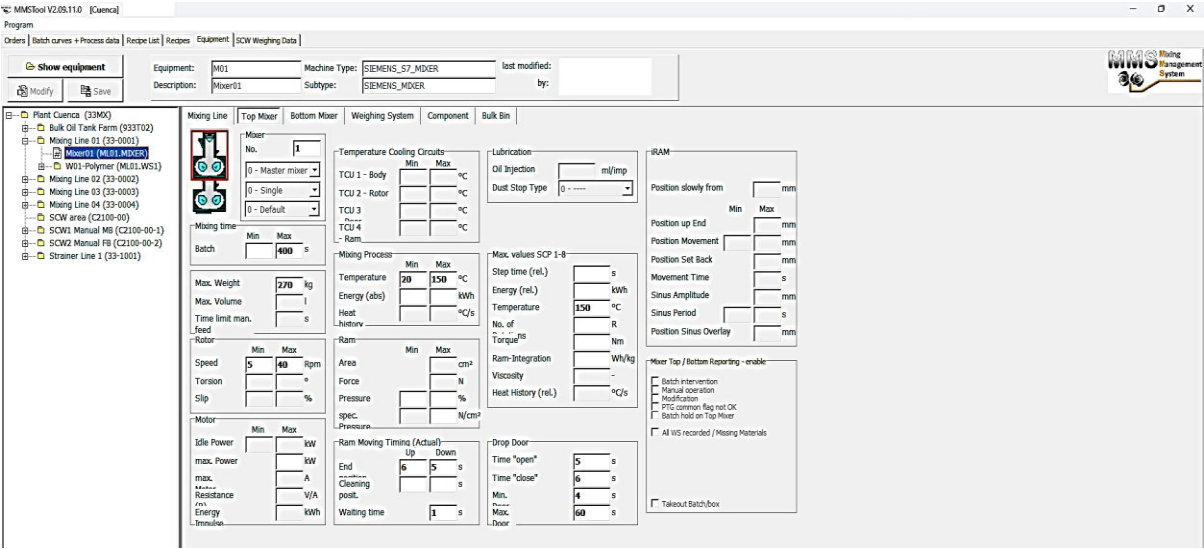
3.3.3 Fase 3: Despliegue Escalonado en el Resto de Mezcladores

Utilizando el plan de lecciones aprendidas desarrollado en el piloto, la implementación continuó en un orden estratégico:

- **ML1 (Modicon):** Permitió adaptar la solución a una segunda tecnología PLC.
- **ML3 (Allen Bradley):** Completó el espectro de tecnologías presentes en planta.
- **ML2 (Modicon):** Al ser de la misma marca que ML1, esta etapa fue más rápida, replicando y ajustando configuraciones ya validadas.

Figura 2

Paso mandatorio de mapeo y adecuación de hardware



Nota. La figura presenta Paso mandatorio de mapeo y adecuación de hardware. Elaboración propia.

En cada caso, el paso mandatorio de mapeo y adecuación de hardware fue repetido, adaptando la configuración del OPC Server y del modelo en el SFE a las particularidades de cada PLC.

3.3.4 Fase 4: Integración Sistémica y Validación (Cierre de los Circuitos de Control)

Con el control básico funcionando en los mezcladores el proyecto avanzó a integrar los sistemas periféricos clave.

3.3.4.1 Integración del Sistema de Laboratorio (LabSystem). Se desarrolló una interfaz para automatizar la liberación de lotes. El mayor desafío fue el escepticismo sobre si el MMS respetase reglas como los tiempos de reposo mandatorios. Para ganar confianza, se ejecutó un período de operación en paralelo, donde el sistema mostraba sus decisiones automáticas pero la liberación final era manual, demostrando su rigurosidad y obteniendo la aceptación formal de Calidad y Procesos.

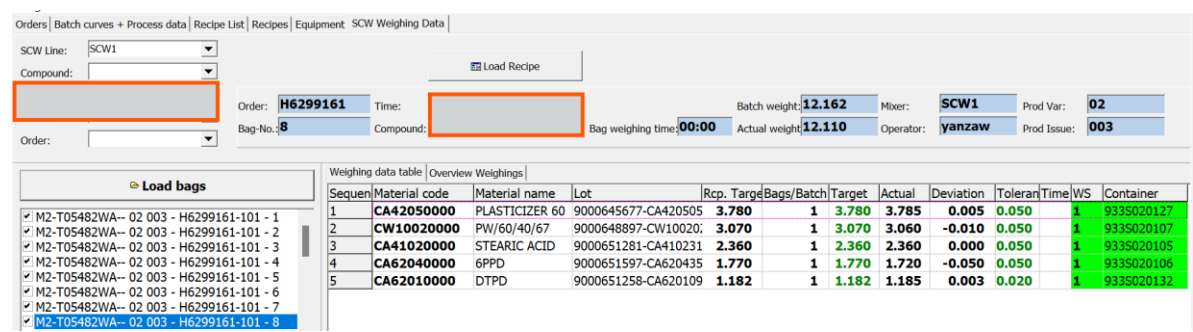
3.3.4.2 Digitalización de la Farmacia SCW (Small Chemical Weight). Para estandarizar el pesaje manual de químicos. El equipo de proyecto conversó con todos los operadores para recolectar sus métodos, y junto a los desarrolladores, diseñó un flujo digital

guiado. El sistema, conectado a básculas, despliega la secuencia y cantidades exactas de la receta e imprime una etiqueta de identificación para el carro, eliminando errores de selección y pesaje.

Figura

3

Digitalización de la Farmacia SCW (Small Chemical Weight)



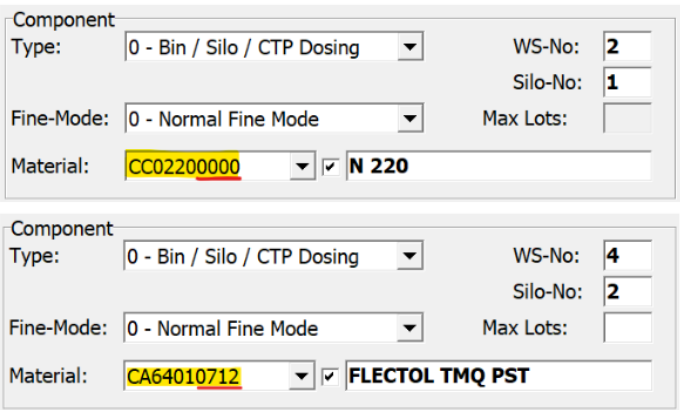
Nota. La figura presenta la digitalización de la farmacia SCW (Small Chemical Weight). Elaboración propia.

3.3.4.3 Identificación Unificada de Materiales. Como prerequisite para la validación automática, se etiquetó físicamente con códigos de barras únicos todos los contenedores y puntos de carga: silos, bines, big-bags y cada posición en la farmacia SCW.

Asignación de bines o silos dentro del sistema:

Figura 4

Identificación Unificada de Materiales



Nota. La figura presenta la identificación unificada de materiales. Elaboración propia.

3.3.4.4 Implementación de la Validación Mandatoria por Escaneo. Este se convirtió en el punto de control crítico y de mayor fricción inicial. Los escáneres instalados en cada punto de carga validan en milisegundos el material correcto, su lote y fecha de

caducidad. Un incidente revelador (la "receta fantasma") ocurrió cuando el sistema bloqueó una producción porque la receta no estaba oficialmente aprobada en el sistema, exponiendo la práctica informal de usar múltiples versiones de recetas. Este "fracaso" forzó una depuración y estandarización necesaria, transformando al sistema de un obstáculo percibido en el guardián de la consistencia.

Parámetros obligatorios solicitados, dependiendo de cada paso en el proceso.

Figura 5

Implementación de la Validación Mandatoria por Escaneo

Parameter check	Requirement	Registry Key related
Lot ID is known	✔ Required	No
Raw material identification - Material matches with Equipment ID	✔ Required	No
Expiration date	✔ Required	RuleNotExpiredEnabled
Material status	✔ Required	RuleQualityReleasedEnabled

Nota. La figura presenta la implementación de la validación mandatoria por escaneo.

Elaboración propia.

3.3.4.5 Integración con la Planificación Maestra (SAP PP/PI). Para cerrar el ciclo de información, se integró el MMS con SAP. Las órdenes de producción ahora se crean en SAP y fluyen automáticamente al MMS para su ejecución. Al finalizar, el MMS envía a SAP los consumos reales de material (retroconsumo), unificando la planificación con la ejecución en una fuente única de verdad.

Figura 6

Integración con la Planificación Maestra (SAP PP/PI)

[illegible]

Nota. La figura presenta la integración con la planificación maestra (SAP PP/PI). Obtenido de Sistema SAP P20 Continental Tire.

3.4 Análisis de Resultados y Beneficios Obtenidos

La implementación transformó los KPIs del área, validando el éxito del proyecto con datos concretos.

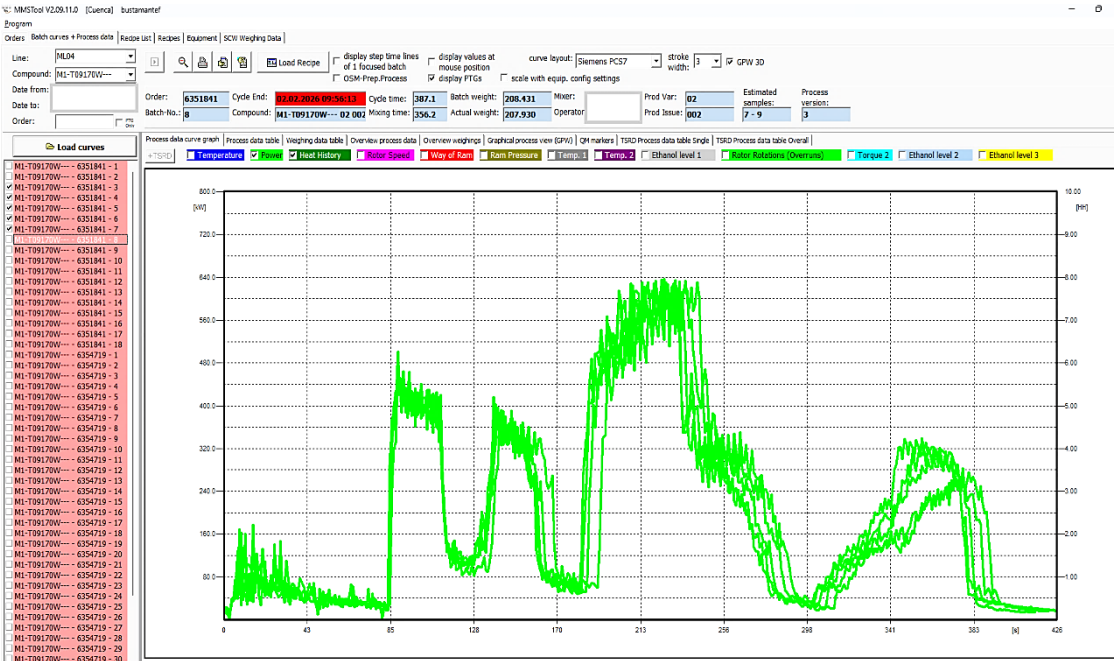
3.4.1 Mejoras en la Calidad y Reducción de Pérdidas Materiales

Errores de Material: La validación mandatoria erradicó prácticamente los errores de carga por material incorrecto durante la operación normal.

Reducción de Scrap: La capacidad de monitorear curvas en tiempo real permitió detectar anomalías y parar el proceso tras solo 2 o 3 cargas defectuosas, en lugar de descartar lotes completos de 20+ cargas. Esto se tradujo en una reducción estimada del 85-90% en el volumen de mezcla descartada.

Figura 7

Mejoras en la Calidad y Reducción de Pérdidas Materiales



Nota. La figura presenta las mejoras en la calidad y reducción de pérdidas materiales. Obtenido de Sistema SAP P20 Continental Tire.

3.4.2 Optimización de la Eficiencia Operativa y Trazabilidad

Trazabilidad: El tiempo de trazabilidad completa se redujo de un promedio de 6 horas (búsqueda manual) a segundos (consulta en el MMS).

Reducción de Saldos: El cálculo automático de consumos permitió producir "lo justo y necesario", reduciendo los saldos de material en proceso (WIP) en aproximadamente un 90%.

Reducción de Tiempos de Ciclo: El análisis de datos del MMS permitió optimizar actividades no valor-agregadas, como los tiempos de apertura/cierre de compuertas, logrando una reducción del 50% en esta tarea.

3.4.3 Empoderamiento Basado en Datos

Los supervisores pasaron de monitorear una pizarra física a analizar dashboards en tiempo real, permitiendo una supervisión proactiva y una toma de decisiones basada en hechos. El control de la variabilidad, un objetivo histórico de la compañía se materializó mediante el control en tiempo real y la generación de data histórica para mejora continua.

3.5 Lecciones Aprendidas y Conclusiones del Capítulo

La implementación del MMS fue un proyecto de transformación organizacional. Las lecciones clave son:

- El Factor Humano es Determinante: La mayor dificultad fue gestionar el cambio de mentalidad en todos los niveles (operadores, supervisores). La comunicación y capacitación fueron tan vitales como la ingeniería.
- La Automatización Expone Malas Prácticas: La crisis de la "receta fantasma" demostró que un sistema bien diseñado revela y corrige inconsistencias operativas latentes, forzando una estandarización saludable.
- El Valor del Dato en Tiempo Real es Transformador: Reducir el scrap, los saldos y el tiempo de trazabilidad cambia radicalmente la economía y el control del proceso.
- Una Estrategia Escalonada Mitiga el Riesgo: El piloto en el ML4 permitió aprender, ajustar y demostrar valor con riesgo controlado, allanando el camino para el éxito global.

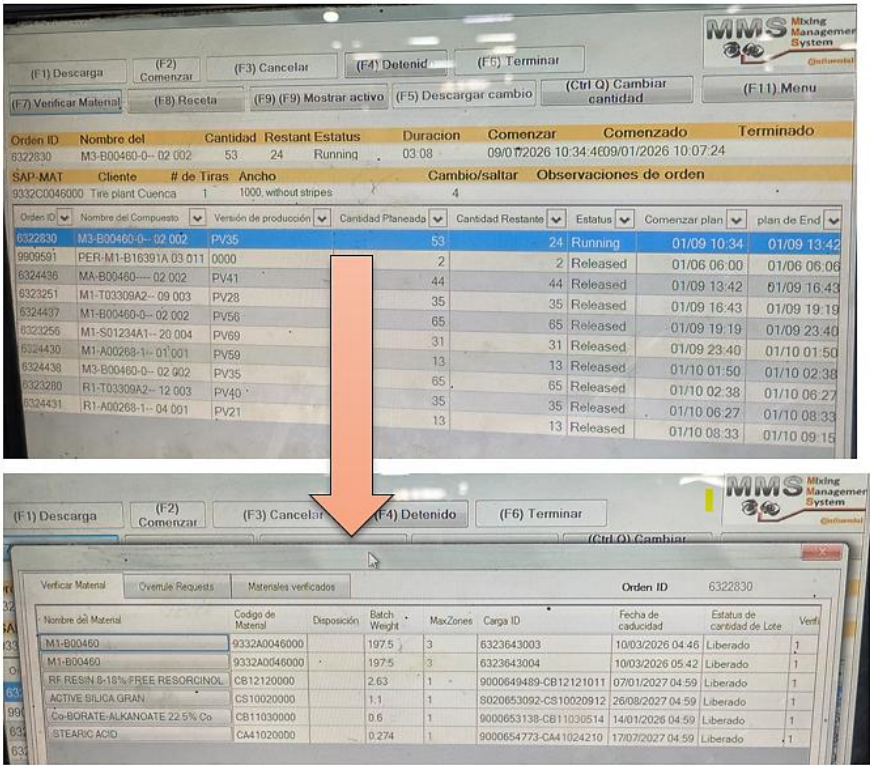
La implementación del MMS en los cuatro mezcladores de Continental Tire Andina S.A. siguió una metodología robusta basada en pasos mandatorios, un despliegue escalonado y una integración sistémica gradual. Los resultados cuantificables —en reducción

de scrap, optimización de inventarios, trazabilidad instantánea y eficiencia— junto con los beneficios cualitativos de mayor control y disciplina operativa, validan el proyecto como un pilar fundamental para la manufactura de clase mundial en el área de mezclado, demostrando que la inversión en sistemas de gestión inteligente se traduce directamente en competitividad y calidad.

3.6 Conclusiones de la Implementación de MMS en Continental Tire Andina S.A

- **Validación de materiales antes del inicio de la orden:** Validación de un lote por cada ingrediente presente en la receta. Por medio de escaneo de código de barras, permite identificar el lote, tipo de compuesto, tiempo de almacenamiento, el estado del pallet.

Figura 8
Validación de materiales antes del inicio de la orden

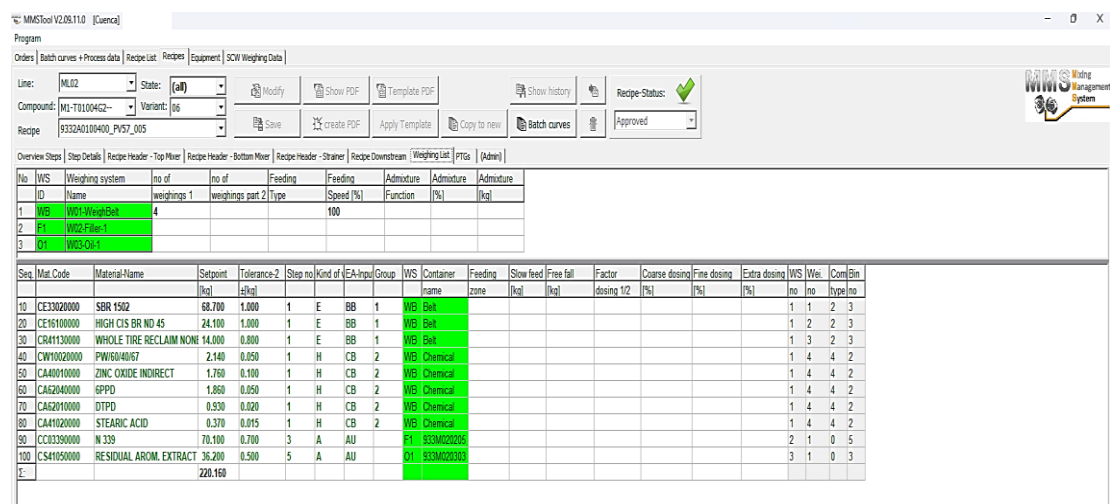


Nota. La figura presenta la validación de materiales antes del inicio de la orden. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

- **Validación de caja de transporte de materiales:** Se valida el número de lote, identificación de los componentes, Fechas de expiración, contenido de las bolsas (ingredientes) y su cantidad (Peso)

Figura 9

Validación de caja de transporte de materiales

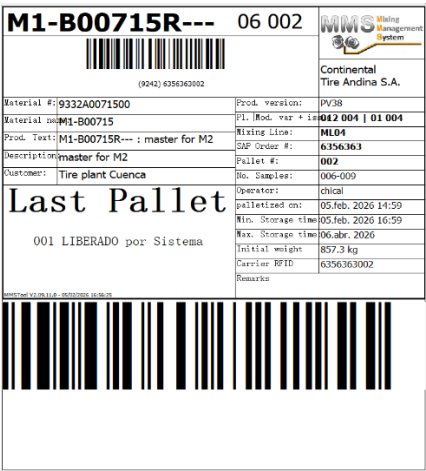


Nota. La figura presenta la validación de caja de transporte de materiales. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

- **Validación del pallet de orden creada:** Incluye número de orden de acuerdo con SAP, código de disposición, estado del pallet, tipo de compuesto.

Figura 10

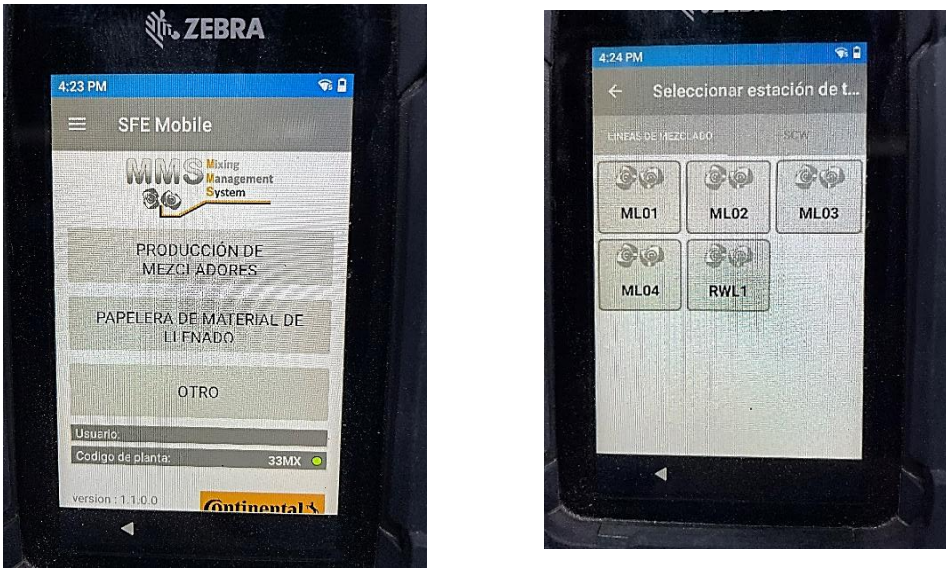
Validación del pallet de orden creada



Nota. La figura presenta la validación del pallet de orden creada. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

- **Validación en área de Mixers:** Se abre la aplicación de MMS, se selecciona la opción Mixing production y se selecciona el mixer de trabajo.

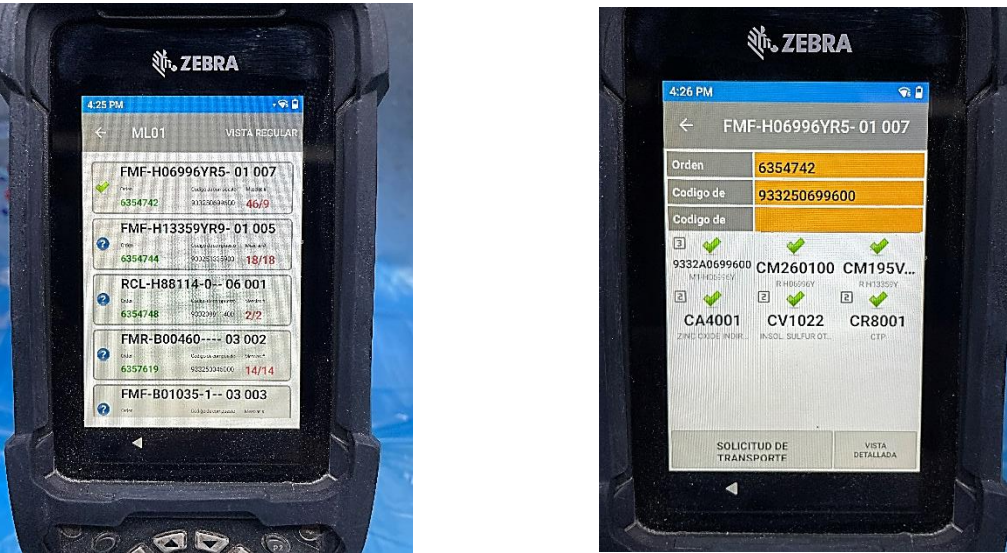
Figura 11
Validación en área de Mixers



Nota. La figura presenta la validación en área de Mixers. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

Posteriormente se selecciona el número de orden y se pueden escanear los materiales correspondientes a la orden que va a ingresar al mixer.

Figura 12
Seleccionar el número de orden

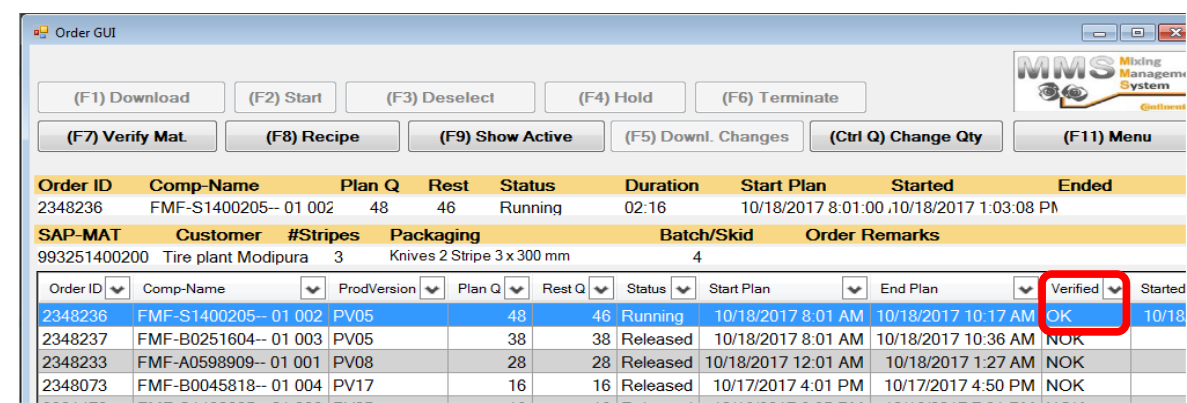


Nota. La figura presenta la selección del número de orden. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

Una vez que se realiza la verificación exitosa de los materiales, se puede ejecutar la orden en el mixer. Order GUI muestra estado de OK.

Figura 13

Ejecutar la orden en el mixer



Nota. La figura presenta la ejecución de la orden en el mixer. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

• Ejecución de orden en Mixer:

Descargar la orden: Cuando el estado de verificación es OK, al dar click en F1, se descarga la orden y el estado cambia de Released a Can Start

Figura 14

Estado de verificación OK

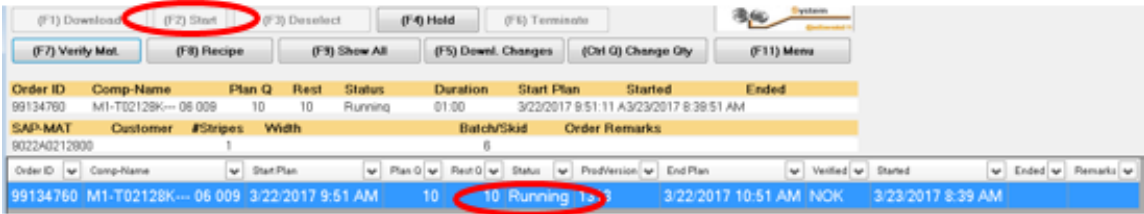


Nota. La figura presenta el estado de verificación OK mixer. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

Comenzar la orden: Presiona F2 – Comenzar y el estado cambia de Can Start a Running.

Figura 15

Presiona F2



Nota. La figura presenta la acción de presionar F2. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

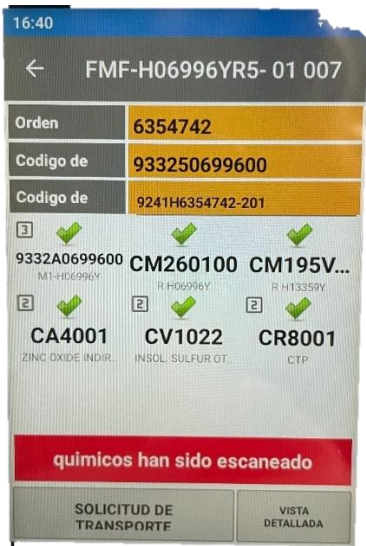
Durante el proceso de mezclado: Se realiza una revalidación de los materiales cuando son añadidos a la cámara de mezclado en el orden establecido. Si uno de los materiales no es correcto se muestra una alerta “Amarilla”. Las tolerancias son preestablecidas en el WebGUI

Las tolerancias se determinan por planta central y dependen en gran medida de la disposición del mezclador, por lo que la planta aún puede definir sus propios valores confiables.

El mezclador se configura en “modo de espera” si la diferencia entre el material consumido y validado es mayor que la tolerancia especificada y emite una “advertencia roja”

Figura 16

Proceso de mezclado



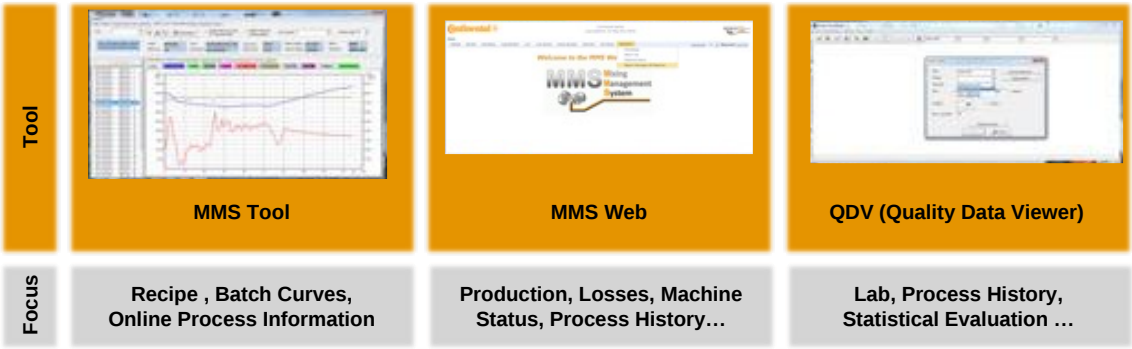
Nota. La figura presenta el proceso de mezclado. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

El MMS permite visualizar los reportes de todo el proceso de producción gracias a tres

herramientas. El MMS tool, que permite ver el estado de la receta, Curvas del lote, y el seguimiento online del proceso. El MMS Web permite ver el estado de producción, las pérdidas, estado de las máquinas e historia del proceso de producción y finalmente el QDV permite observa la estadística de los procesos.

Figura 17

Reportes



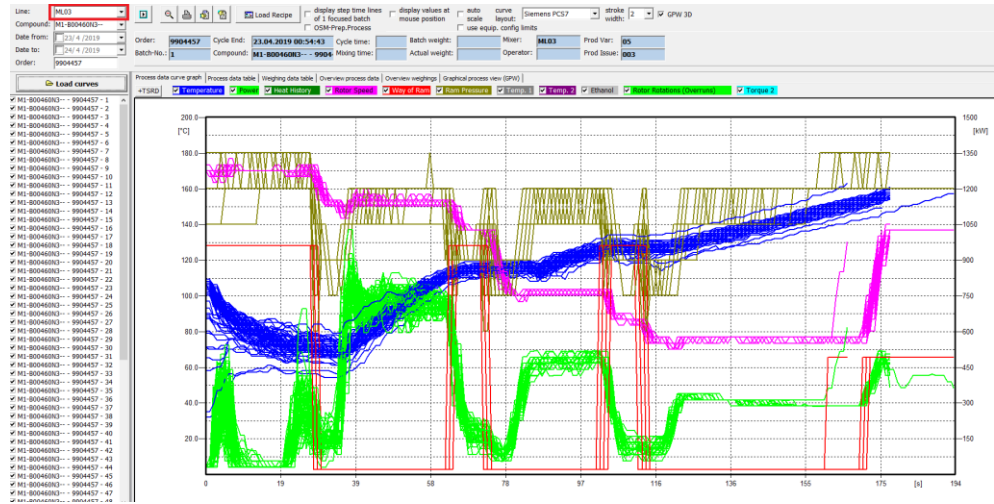
Nota. La figura presenta el área de reportes. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

3.7 Herramientas de visualización de reportes en diferentes áreas

Project management Tire Division – Continental

Figura 18

Herramientas de visualización de reportes en diferentes áreas



Nota. La figura presenta las herramientas de visualización de reportes en diferentes áreas.

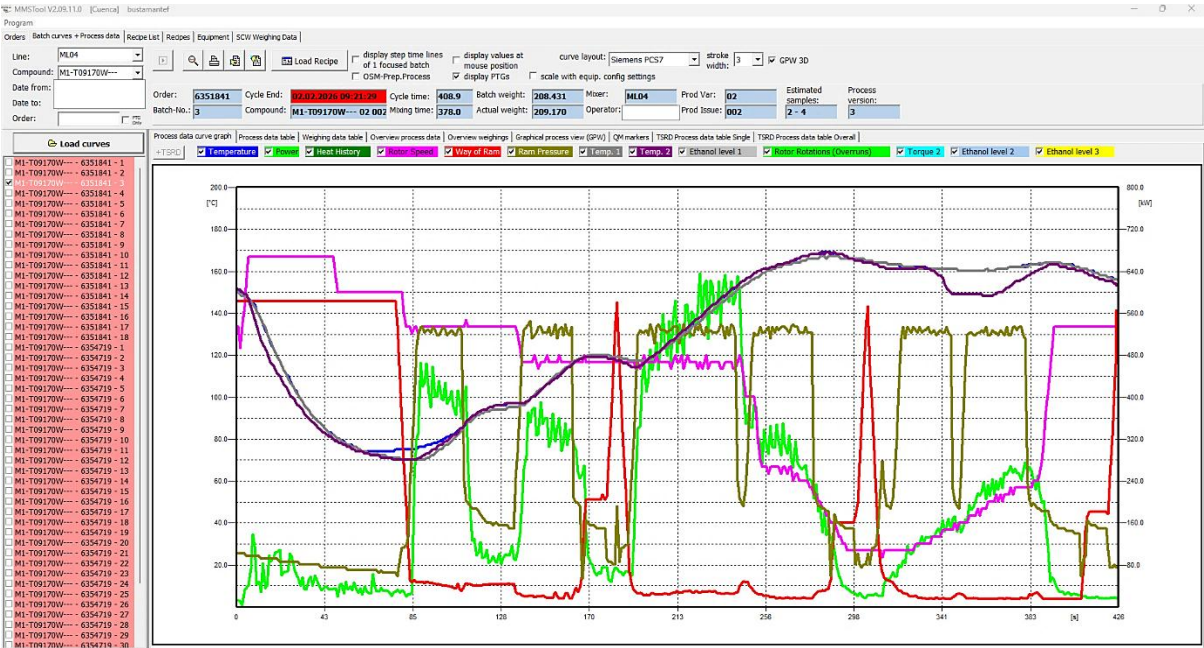
Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

3.8 Mixer ML03 -conectado a Sistema MMS -SFE

Imagen tomada de Project management Tire Division – Continental

Figura 19

Mixer ML03 conectado a Sistema MMS -SFE



Nota. La figura presenta el ejemplo de reporte de curvas de una orden en producción - mixer ML03 conectado a sistema MMS -SFE - MMS tool. Obtenido de Sistema MMS Continental Tire.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- **Implementación Exitosa del MMS:** La implementación del Sistema MMS (*Mixing Management System*) en el área de mezclado de Continental Tire Andina S.A. fue completada satisfactoriamente, cumpliendo con el objetivo principal de este trabajo de titulación. Este logro se verificó mediante la puesta en marcha escalonada del **SFE** (*System for Factory Execution*) en las cuatro líneas de mezclado (ML4, ML1, ML3, ML2) y en los sistemas de pesaje manuales.
- **Mejora de la Calidad y Trazabilidad:** La integración del MMS ha permitido la validación mandatoria de materiales en los puntos de carga (incluyendo silos/IBCs y estaciones SCW) a través del escaneo de códigos de barras. Esto eliminó errores de entrada manual, garantizando la precisión y la conformidad del compuesto con las especificaciones de la receta, lo cual es vital para cumplir con los rigurosos requisitos de los clientes de equipo original.
- **Optimización del Control de Procesos:** El sistema garantiza la genealogía completa del material, proporcionando trazabilidad y localización de cada lote de compuesto. Además, la comunicación directa con el LABsystem integra el proceso de liberación del compuesto al MMS, asegurando que solo el material que ha superado las pruebas de calidad pueda avanzar en la cadena de producción.
- **Integración con la Industria 4.0:** La implementación del MMS fortalece la posición de Continental Tire Andina S.A. dentro del panorama de la Industria 4.0 al integrar tecnologías clave de automatización, monitoreo en tiempo real y gestión digital de datos (a través de la integración con SAP y EWM), elevando la eficiencia operativa y la confiabilidad de los procesos de manufactura.

4.2 Recomendaciones

- **Capacitación Continua del Personal:** Se recomienda establecer un programa de capacitación permanente para el personal operativo y de mantenimiento en el uso y manejo avanzado del sistema MMS-SFE, enfocándose en la interpretación de datos en tiempo real y la resolución de alertas de validación.
- **Expansión del Uso de Datos:** Se sugiere explotar las capacidades de *Big Data* y análisis que proporciona el MMS para realizar un mantenimiento predictivo en las líneas de mezclado, utilizando las variables controlables (temperatura, consumo de energía y presiones) para anticipar fallas de los equipos.
- **Auditoría de Procesos:** Es fundamental realizar auditorías periódicas (trimestrales) del proceso de validación mandatoria para asegurar el cumplimiento estricto de la nueva metodología por parte de todos los operarios, garantizando que no se utilicen *bypass* o métodos alternos que comprometan la trazabilidad.
- **Estandarización Regional:** Fomentar el *networking* y el intercambio de mejores prácticas de implementación y operación del MMS con otras plantas de Continental en la región o a nivel global, aprovechando la estandarización del *Manufacturing Suite*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, S. (2022). *Risk management in manufacturing systems: case study*. [Tesis de Pregrado, Universidade do Minho], Repositorio Institucional UMINHO. <https://repositorio.uminho.pt/entities/publication/0d0381e5-8528-4354-802c-775ed5cb5781>
- Bozarth, C., & Handfield, R. (2019). *Introduction to Operations and Supply Chain Management* (5ta ed.). Pearson.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones* (7ma ed.). Pearson. <https://matrixeducacion.com/wp-content/uploads/2023/07/Libro-5-Heizer-and-Render-Principios-de-Operaciones.pdf>
- Lightle, B. (1993). Automating the rubber compounding process. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 29(6), 1226 -1231.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/259736>
- Panigrahi, R., Duryodhan, J., Tandon, D., Meher, J., Mishra, P., & Sahoo, A. (2021). Inventory management and performance of manufacturing firms. *International Journal of Value Chain Management*, 12(2).
<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJVC.2021.116400>
- Rodgers, B. (2021). *Tire Engineering: An Introduction*. CRC Press.
https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781000190519_A39581924/preview-9781000190519_A39581924.pdf
- Shih, C., Neng, L., Chen, Y., & Chwen, S. (2010). Quality dimensions, capabilities and business strategy: An empirical study in high- tech industry. *Total Quality Management & Business Excellence*, 14(4), 407-421.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1478336032000047228>

Anexo B: Formatos de Registro de Lotes Antes y Después de la Implementación del MMS Registro antes de la implementación en Excel

Figura 22

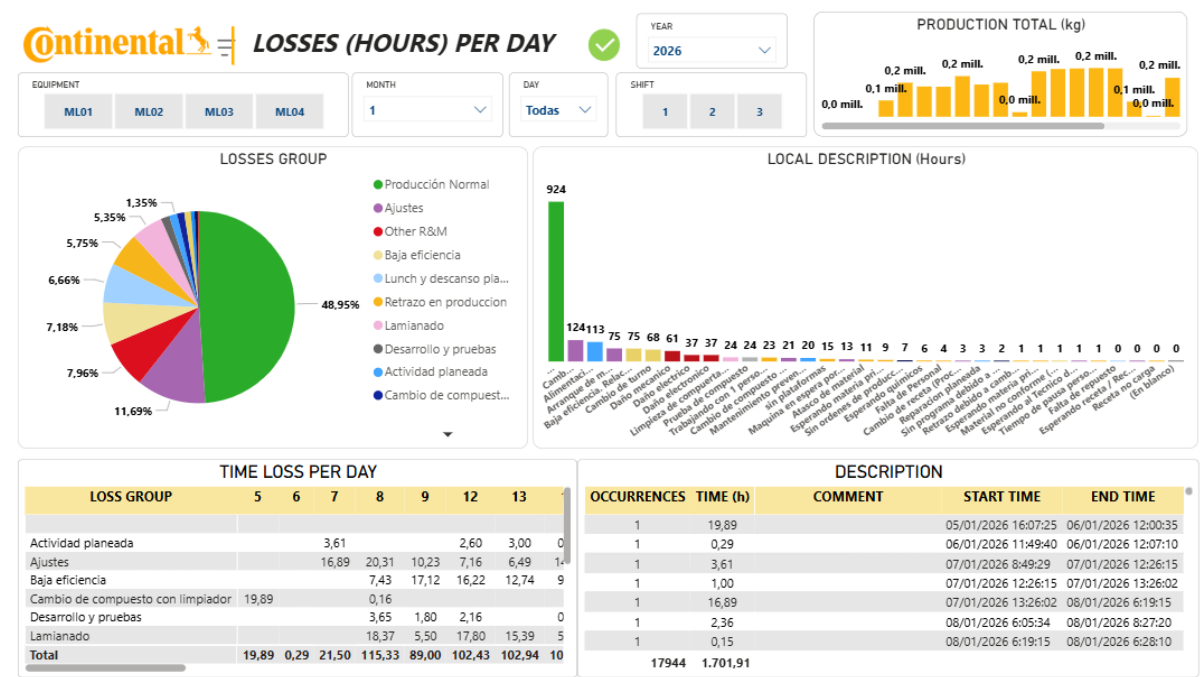
Formato de reporte de producción

Fecha In		Fecha Fin		R. Gi		N° Reg: 97/97		Cancelar		Graficar	
25.43.07		25.43.07		R. Gi		883					
Fecha In		Fecha Fin		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi							
25.43.07		25.43.07		R. Gi		</					

Anexo C: Digitalización de los indicadores claves del proceso en el Área de Mezclado

Figura 24

PBI utilizados para el análisis de información y toma de decisiones, obtenidos del sistema MMS

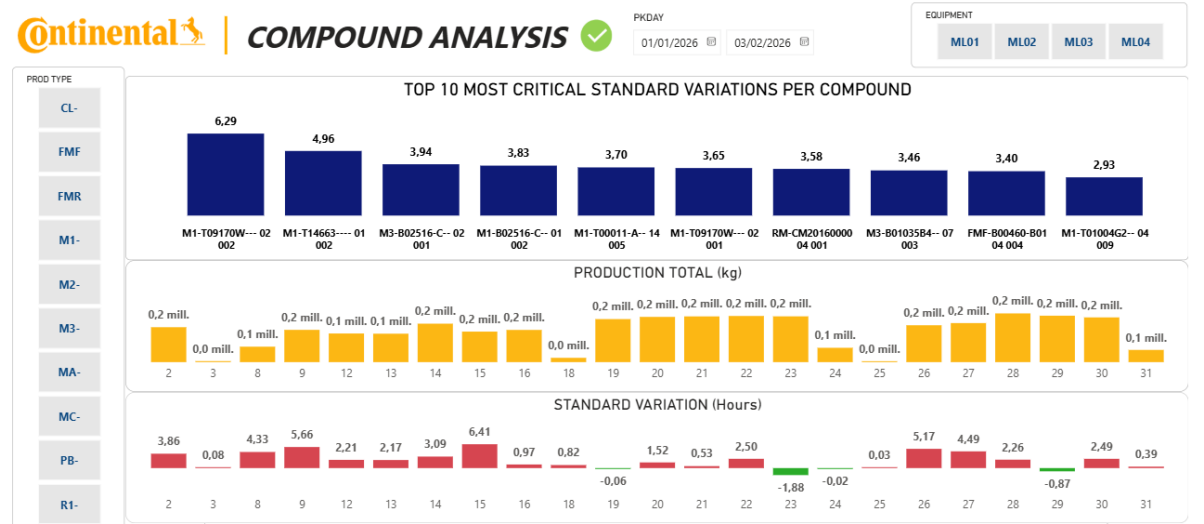


Nota. La figura presenta algunos reportes de indicadores claves del proceso productivo, utilizado para el seguimiento y toma de acciones en los diferentes niveles.

Obtenido de reportes PBI de Continental Tire.

Figura 25.

Top 10 Most Critical Standard Variations per Compound

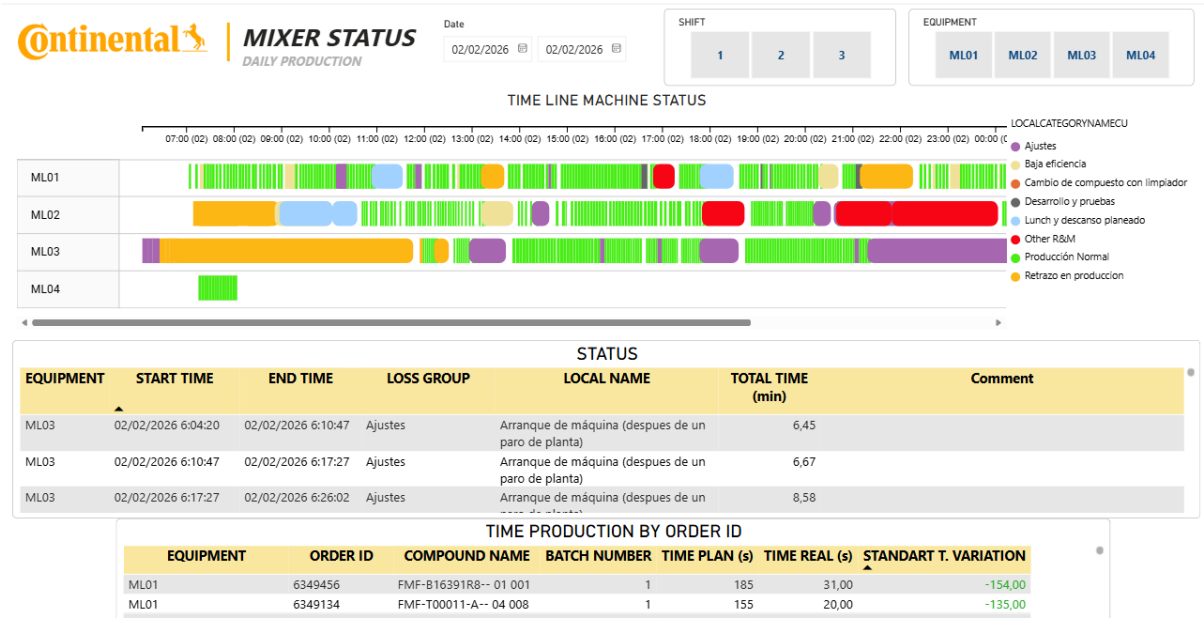


Nota. La figura presenta algunos reportes de indicadores claves del proceso productivo, utilizado para el seguimiento y toma de acciones en los diferentes niveles.

Obtenido de reportes PBI de Continental Tire.

Figura 26

Time line machine status



Nota. La figura presenta algunos reportes de indicadores claves del proceso productivo, utilizado para el seguimiento y toma de acciones en los diferentes niveles.

Obtenido de reportes PBI de Continental Tire.