



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Modelo Analítico para la gestión de fallos e identificación de causa raíz en una línea de embotellado RGB

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de ingeniería.
Especialización de dirección de operaciones y mejoramiento continuo.

Autores del trabajo de grado. Narvaez Camargo Samuel Jesús; Osorio Gil Julián Alberto
Tutor del trabajo de grado. Vélez Uribe Juan Pablo.
Seminario – Diplomado.
2026.

Dedicatoria

Dedicamos este logro académico a Dios, por otorgarnos la sabiduría y fortaleza necesarias para culminar este camino.

A nuestras familias, en especial a nuestras esposas e hij@s, por su paciencia incondicional, su apoyo constante y por ser el motor que nos recordó en todo momento que somos capaces de superar cualquier desafío.»

Agradecimientos

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la **Corporación Universitaria Remington**, por brindarnos la formación y las herramientas fundamentales para hacer realidad este reto personal y académico.

A nuestro docente y tutor, **Juan Pablo Vélez Uribe**, por su invaluable conocimiento, rigor y dedicación, los cuales fueron guía constante en el desarrollo de este proyecto.

Asimismo, extendemos nuestra gratitud a nuestras organizaciones, por facilitarnos los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación y por brindarnos el espacio para enriquecer y validar nuestro crecimiento profesional.

Tabla de Contenidos

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos	3
Tabla de Contenidos	4
Resumen.....	5
Palabras clave.....	6
Introducción	7
Objetivo.....	8
Marco conceptual y contextual	9
1.Detalles del proyecto.....	9
1.1 Descripción del proceso.....	9
1.2. Gestión de fallos e identificación de causa raíz	10
1.3. Indicadores para la gestión de fallos	11
2.Desarrollo e implementación del aprendizaje.....	121
2.1.Búsqueda y selección de los datos	12
2.2 Depuración de información que no agregan valor.....	12
2.3 Preparación de los datos.....	12
2.4 Construcción de kpis.....	12
3. Implementación y visualización en Power BI	133
3.1 visualización de paradas de procesos.....	14
3.2 Análisis de paradas por tripulación.....	15
3.3Distribución e impacto de paradas por turno.....	16
Conclusiones	137
Referencias.....	188 -

Resumen

El presente trabajo desarrolla e implementa un modelo de analítica operativa enfocado en la gestión integral de fallos y la identificación de causas raíz dentro del sector manufacturero, específicamente en el contexto de una planta de embotellado. En los entornos de producción continua, las paradas no programadas en equipos individuales representan un riesgo latente de escalar hasta convertirse en restricciones críticas o cuellos de botella para toda la línea de proceso.

Para mitigar este problema, la investigación propone una metodología basada en el análisis de criticidad e impacto operacional de las incidencias. La arquitectura técnica de la solución inicia con la extracción y depuración de registros de mantenimiento almacenados en el sistema ERP (SAP). Posteriormente, mediante el procesamiento y estructuración de datos en Microsoft Excel, se clasifican las anomalías según su frecuencia y severidad por cada máquina. Finalmente, la información se integra en un modelo de datos dinámico e interactivo desarrollado en Power BI, facilitando la visualización estratégica y el diagnóstico de causas raíz en tiempo real.

Los resultados de esta herramienta potencian la ejecución del mantenimiento autónomo y proactivo, capacitando y empoderando al personal operativo directamente en la línea para la detección temprana de fallos. Asimismo, la implementación promueve una cultura de mejora continua fundamentada en la evidencia de datos, alineando los esfuerzos de piso de planta con los objetivos estratégicos de la dirección de operaciones y asegurando la continuidad e inspección eficiente de los activos.

Palabras clave

Cuello de botella, Fallos, Producción, ERP SAP, Causa Raiz

Introducción

En la industria embotelladora, el tiempo no solo es dinero, es el ritmo con el que se mueve toda la planta. En un entorno donde miles de botellas salen por hora, cualquier interrupción en la línea de producción rompe la cadencia operativa y genera pérdidas silenciosas pero significativas.

Aunque la planta mantenga un estándar elevado, la realidad diaria muestra un desafío recurrente: pequeñas fallas, atascos, ajustes de maquinaria o paros no programados que terminan acumulando horas de inactividad. El verdadero problema no es solo que la línea se detenga, sino no tener identificado con precisión cuáles de esos paros son los verdaderos culpables de la baja eficiencia.

Por ello, este proyecto nace con un propósito muy claro: identificar y caracterizar los paros más frecuentes en la línea de embotellado para proponer mejoras concretas en su eficiencia. En lugar de apagar incendios a ciegas, se busca mapear con datos reales las paradas críticas para reducir los tiempos muertos, optimizar la productividad y garantizar que el flujo de producción sea tan continuo como la demanda del mercado.

Objetivo

Identificar los paros más recurrentes en la línea de producción para proponer mejoras en la eficiencia y reducir las pérdidas de tiempo.

Marco conceptual contextual

Una línea RGB (por sus siglas en inglés, Returnable Glass Bottles) es un tipo de línea de embotellado diseñada para el manejo de botellas de vidrio retornables. Este estilo de línea define tanto la configuración del proceso como los equipos requeridos, ya que debe garantizar todo lo pertinente desde la recepción del envase hasta la finalización del proceso, con el producto terminado y listo para su distribución. Adicionalmente, los equipos no solo deben asegurar la correcta ejecución del proceso productivo, sino también soportar los cambios de formato, la preparación de producto y el saneamiento, con el fin de optimizar tiempos, evitar pérdidas y garantizar la mejor eficiencia posible.

1. Detalles del proyecto

1.1 Descripción del proceso

El proceso inicia y finaliza con las máquinas de entrada y salida de estiba: la **despaletizadora**, encargada de recibir la estiba, desarmarla y dejar las cajas disponibles para el ingreso a la línea; y la **paletizadora**, que realiza la función inversa, recibiendo las cajas de producto terminado y conformando la estiba para su montaje al camión y posterior distribución.

Le sigue el par **desencajonadora / encajonadora**. En este punto, mediante brazos robóticos, la desencajonadora extrae las botellas vacías de las cajas entrantes y las envía a la lavadora de botella, mientras que la encajonadora recibe el producto terminado proveniente de la etiquetadora y lo dispone nuevamente en cajas. (Krones AG, 2018).

Ya en la línea, la botella pasa por **inspección** antes y después de la lavadora. En la **lavadora de botella**, el envase ingresa y desciende a través de un tanque con soda cáustica y aditivos que remueven toda la suciedad, dejándolo listo para el llenado. (Zhang & Chen, 2020).

La botella limpia pasa a la **llenadora**, donde se prepara la bebida junto con el CO₂ y se realiza el llenado del envase. Posteriormente, pasa por una nueva **inspección** y llega a la **etiquetadora**, donde se etiqueta según su presentación comercial. (Yam, 2009; Zhang & Chen, 2020).

De forma paralela, existe una **lavadora de cajas** con su respectiva **inspección**, cuya función es verificar el estado de la caja, la presencia de objetos extraños y la ausencia de botellas faltantes antes de que la caja vuelva a entrar en circulación dentro del proceso. (Krones AG, 2018).

Con toda la información generada de condiciones de operación, equipos y SKUs manejados se dispone de una base de datos considerable que puede utilizarse para análisis, identificación de oportunidades y gestión del proceso. Esto permite aplicar lo aprendido en el seminario y reflejarlo en herramientas como **Power BI**, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones sobre la línea. (Ferrari & Russo, 2016).

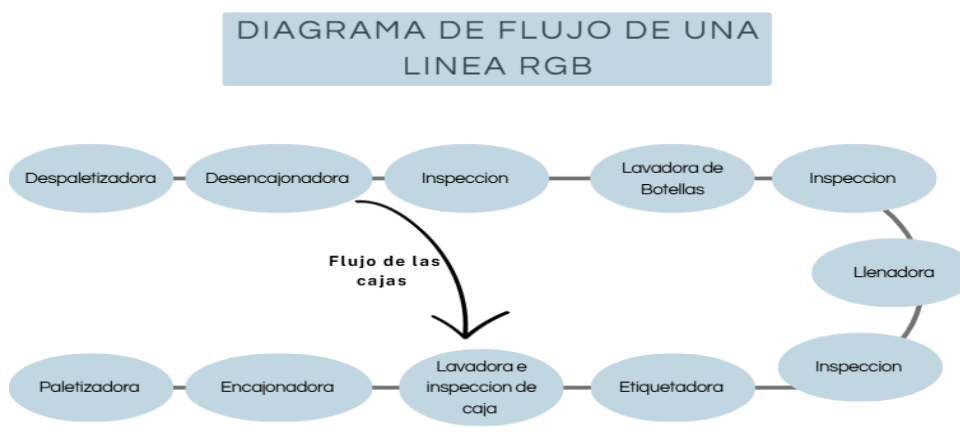


Ilustración 1 Diagrama de flujo

1.2. Gestión de fallos e identificación de causa raíz

En este punto se desglosan las actividades destinadas a identificar, registrar, analizar y controlar las diferentes condiciones que ocasionan pérdida de tiempo en producción. Una buena clasificación de los eventos permite identificar cuáles son los paros que generan mayor impacto según el análisis de Pareto, y cuáles se vuelven crónicos al presentarse de forma repetitiva. (Juran & De Feo, 2010; Nakajima, 1988).

Los datos se obtienen del sistema SAP, de donde se extrae el tiempo de parada, el tipo de paro, los subparos, el turno, y otros ítems relacionados con eventos operativos (Monk & Wagner, 2013). Con toda esta información es posible construir una base de datos que refleje el comportamiento histórico de la línea.

Al identificar la causa raíz, se tiene la posibilidad de ir más allá del fallo puntual, para determinar patrones de comportamiento en los datos que originan la falla, así como su frecuencia (Mobley, 2002). Por esto es fundamental la obtención de estos datos desde SAP como punto de partida, ya que permite relacionar frecuencia, duración, equipos, entre otras variables. (Monk & Wagner, 2013; Veldman & Klingenberg, 2018).

Este punto es de gran importancia porque no solo busca solucionar el evento más visible o el que ocurrió con mayor frecuencia e impactó directamente la línea, sino también aquellos fallos que, aunque tuvieron un impacto potencial, quedaron opacados detrás del evento que más afectó la operación en ese momento. (Nakajima, 1988).

1.3. Indicadores para la gestión de fallos

Para el desarrollo de nuestro proyecto consideramos los siguientes criterios relacionado con los indicadores:

- Para el desarrollo del modelo se consideran indicadores relacionados con:
- Tiempo total de parada.
- Frecuencia de los paros.
- Eficiencia de la línea.
- Distribución de los paros por tipo.
- Distribución de los paros por subparo.
- Comportamiento por turno.
- Comportamiento por tripulación.
- Comportamiento por formato o material.
- Recurrencia de determinados eventos.
- Estos indicadores permiten establecer prioridades de intervención y orientar las actividades de análisis de causa raíz.

[illegible]

Ilustración 2 Base de datos extraído de SAP a Excel

2.Desarrollo e implementación del aprendizaje

La metodología y la estructura utilizada para este proyecto apoyándonos en lo mencionado en clase fue el siguiente:

Tabla 1 Ruta de metodología

Fuente SAP	Procesamiento y Limpieza	Modelo de Datos	Visualización de Power BI
- Tiempo Productivo - Paros/Subparos	- Excel - Power Query	- Formatos - Equipos - Turnos - Etc	- Detención Temprana - Análisis causa raíz

2.1Búsqueda y selección de los datos

Se realizó una búsqueda de los datos que impactan en una de las líneas de la empresa embotellado extraídos de la herramienta ERP SAP de la compañía.

2.2 Depuración de información que no agregan valor

Se depuro información que no agrega valor donde no era claro la información que el operario de turno colocaba para manifestar posibles fallas, se corrigen datos que no tenían relación con el proceso.

2.3 Preparación de los datos

Se organizan los datos de acuerdo con el objetivo del trabajo para identificación de las perdidas más recurrentes de la línea y que nos puedan arrojar un resultado veraz.

2.4 Construcción de kpis

Se montan los datos en un Power BI donde se sacarán los indicadores y las tendencias de las fallas más representativas de la línea que hoy afecta directamente la productividad.

Fecha Contable	Descripción Material	Turno	Intervalo	Tipo de Paro	Clave de Paro	Subparo	Ptos. Efi. Perdido	Ptos. Acumulado	Total minutos	Minutos de paro
18/03/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	05:00-06:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0075	11,715	2,140	2,140
18/03/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0002	15:00-16:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	BOMBAS	0.0336	25,8222	9,620	9,620
30/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0002	17:00-18:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	MALA OPERACION EQ.	0.0843	7,7377	30,000	30,000
28/03/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0002	20:00-21:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	MALA OPERACION EQ.	0.0421	16,7558	15,000	15,000
28/03/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0002	21:00-22:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	MALA OPERACION EQ.	0.0552	14,8229	19,640	19,640
28/03/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0002	22:00-23:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	MALA OPERACION EQ.	0.0337	14,9002	12,000	12,000
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	07:00-08:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.1281	18,5159	45,600	45,600
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	08:00-09:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0472	18,6611	16,790	16,790
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	09:00-10:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0783	18,7394	27,870	27,870
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	10:00-11:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0752	18,8145	26,760	26,760
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0001	18,9146	35,620	35,620
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	12:00-13:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0860	18,9587	5,680	5,680
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	13:00-14:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0562	19,0245	20,000	20,000
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	14:00-15:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0297	19,0554	10,570	10,570
14/03/2026	CCC 350ml 30un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0210	22,3739	7,490	7,490
23/03/2026	CCC 350ml 30un VFR TSIP L 05	0002	21:00-22:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0449	27,5064	16,000	16,000
30/03/2026	CCC 350ml 30un VFR TSIP L 05	0001	12:00-13:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0562	30,0455	20,000	20,000
10/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0002	16:00-17:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRAT. DE AGUA	0.0253	32,3285	9,000	9,000
21/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	08:00-09:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0084	32,7276	3,000	3,000
21/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	09:00-10:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0183	32,7903	6,000	6,000
21/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	10:00-11:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0197	32,8530	7,000	7,000
21/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0209	32,8971	11,000	11,000
4/04/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0001	08:00-09:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0170	33,0677	2,490	2,490
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	23:00-00:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0626	34,5501	22,300	22,300
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	00:00-01:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0783	34,6284	27,870	27,870
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	01:00-02:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0846	34,7036	23,000	23,000
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	02:00-03:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0702	34,8037	25,000	25,000
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	03:00-04:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0843	34,9000	30,000	30,000
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	04:00-05:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0256	34,9665	9,110	9,110
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	05:00-06:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0272	35,0105	9,680	9,680
9/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0003	06:00-07:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0565	35,0670	20,110	20,110
16/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0672	4,6527	3,350	3,350
16/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	13:00-14:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0907	4,7186	5,000	5,000
21/05/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0002	19:00-20:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0007	9,6175	5,000	5,000
21/05/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0002	20:00-21:00	P. OPERATIVOS	TRATAMIENTOS DE AGUA	TRATAMIENTO DE AGUA INADECUADO	0.0084	9,6510	3,000	3,000
4/05/2026	HRD 237ml 30un VFR TSIP L 05	0001	13:00-14:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	CALIDAD DE AGUA	0.0529	10,0524	27,590	27,590
5/05/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0001	14:00-15:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	CALIDAD DE AGUA	0.0200	10,4285	9,360	9,360
6/05/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0002	21:00-22:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	CALIDAD DE AGUA	0.0171	11,4063	8,000	8,000
9/05/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	CALIDAD DE AGUA	0.0164	11,5594	7,680	7,680
9/05/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	12:00-13:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	CALIDAD DE AGUA	0.0192	11,9132	9,000	9,000
12/05/2026	CCC 237ml 30un VFR TSIP L 05	0003	02:00-03:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0195	13,0654	5,390	5,390
18/05/2026	HRD 237ml 30un VFR TSIP L 05	0001	12:00-13:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0373	23,3674	17,460	17,460
25/04/2026	CCC 10L 12un VFR TSIP L 05	0001	11:00-12:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA SUAVIZADA	0.0429	29,9647	20,110	20,110
27/04/2026	CCC 350ml 30un VFR TSIP L 05	0002	17:00-18:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	OTROS	0.0235	30,3928	11,000	11,000
5/05/2026	QTT 237ml 30un VFR TSIP L 05	0001	07:00-08:00	P.SERV.AUX.	TRATAMIENTOS DE AGUA	B.P. AGUA TRATADA	0.0107	32,3357	5,000	5,000

Ilustración 3 Base de datos de las fallas de línea

3. Implementación y visualización en Power BI

Se diseñó un tablero interactivo en Power BI para visualizar de manera clara y dinámica las causas de paradas, los tiempos perdidos y los principales cuellos de botella del proceso. A diferencia del seguimiento tradicional en Excel —donde la información resulta compleja y fragmentada—, esta solución centraliza los datos para las reuniones gerenciales. Esto facilitará una toma de decisiones oportuna y fundamentada, orientada a reducir los cuellos de botella.

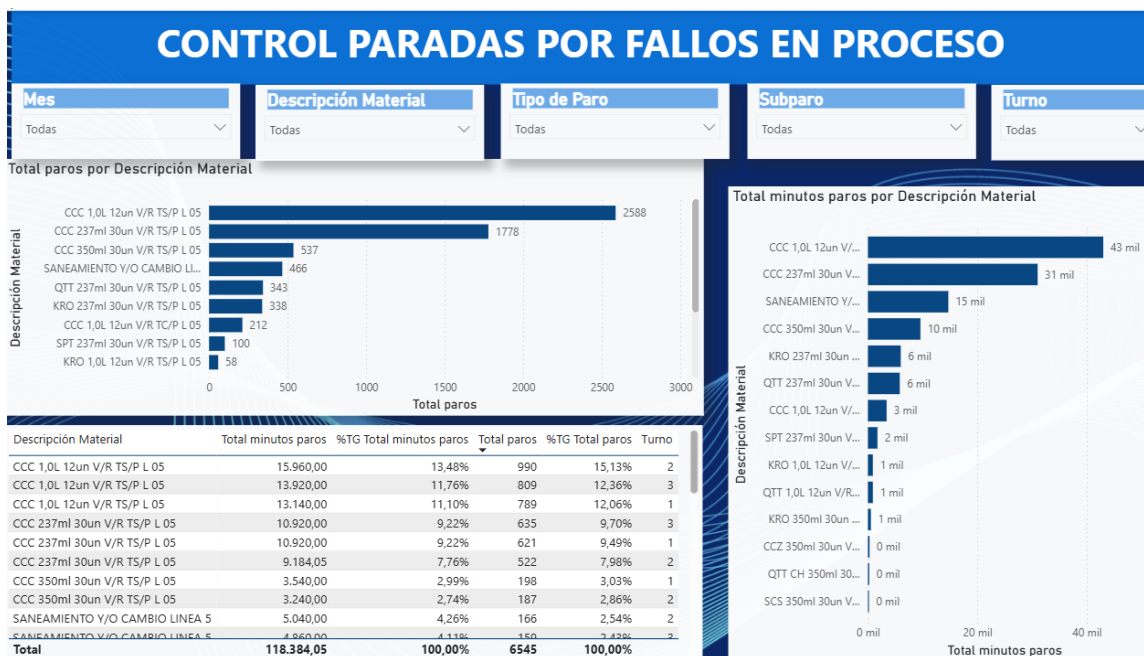


Ilustración 4 Tablero de control paradas de proceso

3.1 visualización de paradas de procesos

Este tablero de control consolida los datos clave para identificar los productos y formatos con mayor impacto operativo. A través de indicadores como **total paros por Descripción Material** y **Total minutos paros**, la herramienta permite visualizar las referencias que concentran la mayor frecuencia de detenciones y tiempo perdido por fallos destacando las referencias **CCC 1,0L 12un V/R TS/P L 05** y **CCC 237ml 30un V/R TS/P L 05**. Asimismo, la segmentación porcentajes del total general facilita priorizar las ineficiencias de mayor impacto económico para la compañía.

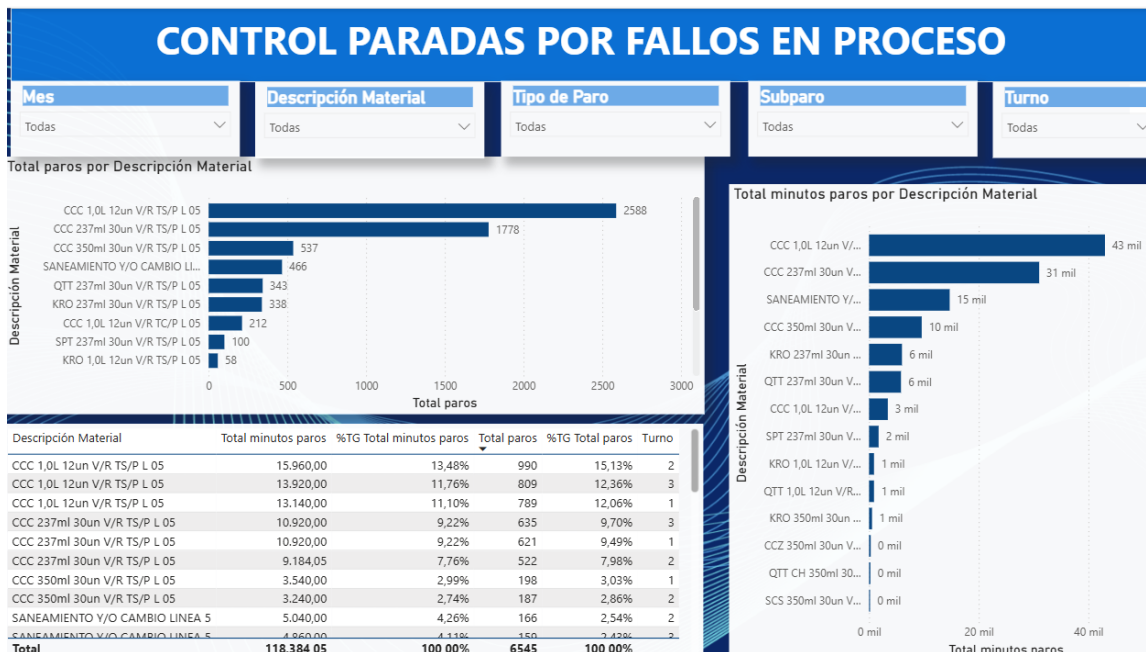


Ilustración 5 Visualización de paradas en proceso

3.2 Análisis de paradas por tripulación

El gráfico de paradas por tripulación, se identifica que la mayor concentración de eventos se registra en los turnos de tres operarios principales **Eduardo Rada, Sergio León y Shirly Ang**. Esta información orienta de manera estratégica las capacitaciones y el entrenamiento técnico del personal, priorizando las áreas donde un refuerzo de habilidades tendrá el mayor impacto positivo en la continuidad del proceso.

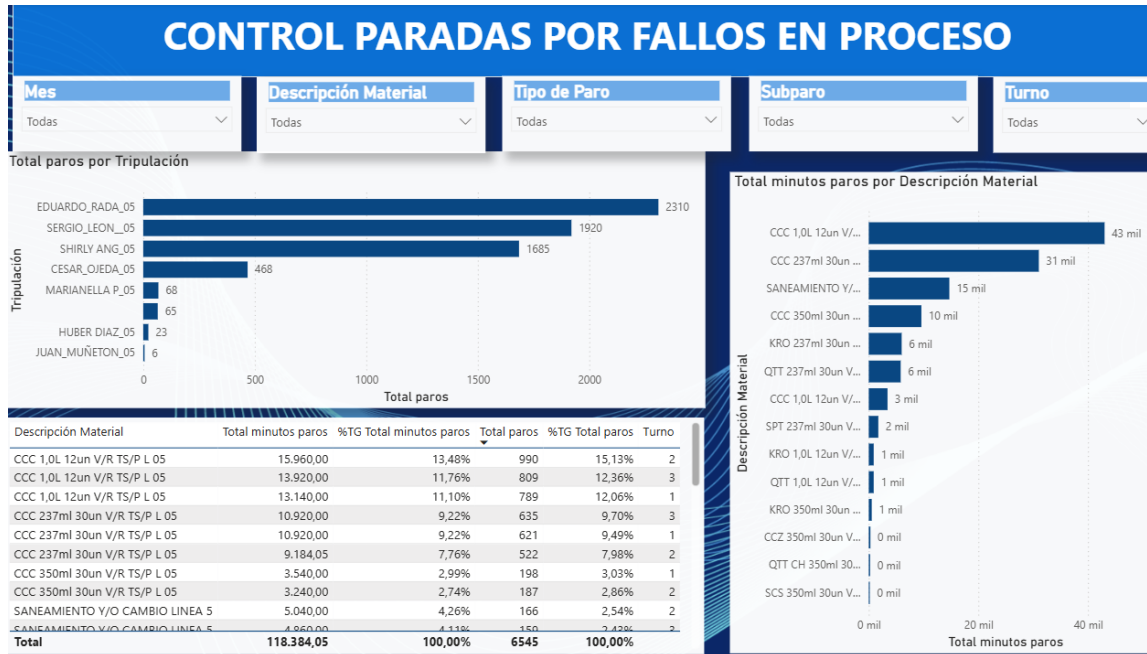
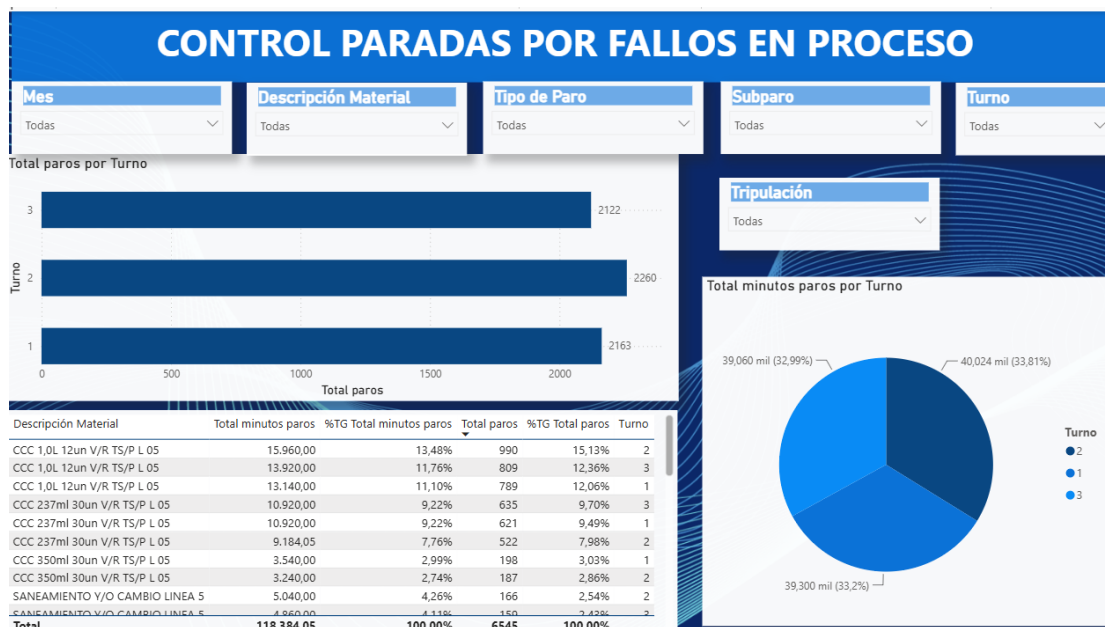


Ilustración 6 Análisis de paradas por tripulación

3.3 Distribución e impacto de paradas por turno

El análisis por turno revela una distribución de tiempo perdido muy uniforme entre las tres jornadas, pero con una mayor concentración crítica en el **Turno 2**. Esta jornada representa el **33,81%** del tiempo total de detención acumulando **40.024 mil minutos** y **2.260 eventos** de paro. Identificar este patrón permite orientar la supervisión y los planes de acción hacia las horas de mayor afectación en la planta.



Conclusiones

La implementación del modelo analítico, junto con las herramientas de trabajo y visualización, permitió plasmar en un tablero único todos los datos relacionados con los paros de la línea de embotellado RGB, información que anteriormente se encontraba dispersa en notificaciones individuales dentro de SAP, lo que impedía una lectura efectiva y oportuna.

La herramienta utilizada, Power BI, demostró ser la indicada para transformar los datos operativos y la información de condición de la línea en visualizaciones claras y de fácil interpretación, permitiendo así reducir el tiempo en la toma de decisiones e identificar posibles fallos con mayor rapidez.

Por otro lado, la segmentación de los datos por turno, tripulación y formato ayuda a identificar patrones y comportamientos que permiten diferenciar entre causas de fallas de equipo y causas de fallas operativas, así como identificar a los colaboradores relacionados con dichos eventos.

Para finalizar, el modelo brinda una base sólida no solo para identificar los eventos que afectan la línea, sino también para evolucionar la manera de gestionarlos, siendo más analíticos a la hora de predecir comportamientos y tomar la mejor decisión, enfocados en mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de paro.

Referencias

- Borges, J.L. (2013). *Ficciones*. Buenos Aires, Argentina: Debolsillo.
- Bastidas, L.R. (2007). *El inicio del siglo XXI*. Planeta. Sitio web: <http://www.rbastidasl.com/libro-inicio-del-sigloxxi>.
- International Organization for Standardization. (2014). ISO 55000:2014 Asset management—Overview, principles and terminology. ISO.
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 14224:2016 Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Eds.). (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Microsoft. (2024). What is Power BI? Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
- United Nations Environment Programme. (2021). Addressing single-use plastic products pollution using a life cycle approach. United Nations Environment Programme.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.
- SAP SE. (2024). SAP Plant Maintenance (SAP PM): Documentación de producto. SAP Help Portal. <https://help.sap.com/>
- Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's quality handbook: The complete guide to performance excellence* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Monk, E., & Wagner, B. (2013). *Concepts in enterprise resource planning* (4th ed.). Cengage Learning.
- Veldman, J., & Klingenberg, W. (2018). Linkages between total productive maintenance and operational performance in the process industry. *International Journal of Production Research*, 56(22), 6982–6998.
- Ferrari, A., & Russo, M. (2016). *Introducing Microsoft Power BI*. Microsoft Press.

- Krones AG. (2018). *Returnable glass lines: Efficient returnable glass packaging technology*. Krones Manuals & Technical Publications.
- Monk, E., & Wagner, B. (2013). *Concepts in enterprise resource planning* (4th ed.). Cengage Learning.
- Yam, K. L. (Ed.). (2009). *The Wiley encyclopedia of packaging technology* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Zhang, H., & Chen, G. (2020). *Beverage packaging technology and quality control*. Academic Press.