

Universidad de Costa Rica
Sede Interuniversitaria de Alajuela
Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de graduación

Rediseño de las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque de la
empresa Distribuidora Café Montaña S.A.

Paola Arias Ramírez
Verónica Matamoros Castillo
Diego Venegas Ocampo


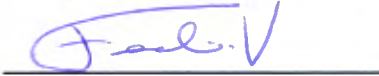


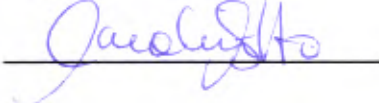
Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Abril, 2022




PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Rediseño de las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque de la empresa Distribuidora Café Montaña S.A.

Tribunal examinador

Miembro	Firma	Fecha
D. Ing Mauricio Zamora Hernández Representante de la dirección		<u>21 abril 22</u>
MEng. MBA. Ing Federico Vargas Madrigal Director del comité asesor		<u>22 abril 22</u>
MSc. Inga Patricia Ramírez Barrantes Asesora técnica		<u>22 abril 22</u>
MSc. Ing Gilberto Chaves Alfaro Profesional contraparte		<u>20/04/22</u>
MBA. Inga Carolina Vásquez Soto Profesora lectora		<u>26/04/2022</u>

Sustentantes

Paola Arias Ramírez		<u>20/04/22</u>
Verónica Matamoros Castillo		<u>24/04/22</u>
Diego Venegas Ocampo		<u>24/04/22</u>

Agradecimiento y dedicatoria

Primero doy a gracias a Dios, por permitirme llegar hasta aquí. A mi familia, mi mamá Vicky, Samuel y Ronald (q.d.D.g.) por ser mi apoyo incondicional, acompañarme en este largo camino, tener paciencia y todo su amor.

Infinitas gracias a Diego y Verónica, quienes en todo momento fueron mi soporte, por toda su paciencia, su dedicación e inagotable esfuerzo; más que mis compañeros son un dúo increíble y un equipo que envidiar. A los miembros del comité asesor: Patricia, Federico y don Gilberto, por asumir este proyecto, el tiempo dedicado y todos los conocimientos aportados. Finalmente, agradezco a Distribuidora Café Montaña S.A., en especial a don Francisco, por la confianza depositada y todo su apoyo.

- **Paola Arias Ramírez**

Al concluir la licenciatura en ingeniería industrial y una de las etapas más maravillosas de mi vida, quiero extender un profundo agradecimiento y dedicatoria a mis padres y hermanas quienes caminaron junto a mí en todo momento, siempre fueron mi fuente de inspiración, apoyo y fortaleza para cumplir uno de mis sueños más grandes desde niña.

Gracias a Diego y Paola, compañeros quienes compartí momentos extraordinarios, tristezas y alegrías para obtener este logro. Juntos supimos enfrentar todos los obstáculos, para encaminar con éxito el proyecto por la ruta adecuada. Les agradezco a los profesores Federico y Patricia, que fueron parte del proceso y nos acompañaron en esta travesía, aportando sus conocimientos para que pudiéramos salir adelante de la mejor forma posible. Gracias a Distribuidora Café Montaña, por abrirnos las puertas desde el primer día y colaborar en todo lo que necesitábamos para el desarrollo del proyecto. También a la Universidad de Costa Rica que me permitió el acceso a educación superior de alta calidad.

- **Verónica Matamoros Castillo**

Dedico este proyecto de graduación a mi madre y a Daniela por apoyar todas las aspiraciones que he tenido en mi vida. A tía Lilly y a la abuela Rafa por ser quienes me inculcaron el valor de la educación y la curiosidad. Al abuelo José, el tío Oscar, madrina Lilliam, Ana Lía, Eduardo, Mónica y José Fernando, porque gracias a sus aportes particulares, hoy puedo estar cerrando este capítulo de mi vida. A todas las personas que aún no saben que la ingeniería es su pasión.

Agradezco a la profesora Patricia, por compartir su amplia experiencia e impulsarnos a trazar la senda hacia la excelencia y los altos estándares. Al profesor Federico, por el tiempo y esfuerzo dedicado a generar las preguntas correctas que nos ayudaron a reconsiderar y reforzar nuestros planteamientos. A Distribuidora Café Montaña como empresa, y especialmente a don Gilberto, don Francisco y don Walter, por su apertura y contribución. A Verónica y Paola, por su trabajo incansable y amistad sincera.

- **Diego Venegas Ocampo**

Resumen gerencial

Distribuidora Café Montaña S.A. (DCM), es una empresa dedicada al tostado, molido, empaque y comercialización de café puro y torrefacto en Costa Rica. Actualmente, posee una única planta de producción, ubicada en el cantón central de Alajuela. Ofrece al mercado distintas presentaciones, que van desde los 125 g hasta los 1000 g, que se distribuyen mediante un canal tradicional, constituido por mini supermercados y abastecedores; y un canal moderno, representado por cadenas de supermercados. El área de enfoque de este proyecto corresponde al subproceso de empaque, el cual se encuentra constituido por el alistado del equipo, el empacado del café molido aprobado, la inspección de calidad y la preparación de los bultos.

La problemática se encuentra vinculada con las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque, las que comprometen la flexibilidad de la planta, provocan incumplimientos de metas e impactos negativos en los costos de operación, lo que pone en riesgo la satisfacción sostenida de la promesa de servicio, de tal manera que para lograr altos porcentajes en el nivel de fill rate se incurre en costos operativos extraordinarios. Para los años 2018 y 2019 se pagan (172 ± 138) horas extra mensuales, equivalentes a \$ (637 ± 511) , lo cual sobrepasa en un 12.5 % el presupuesto establecido para este fin, ya que cuando no se alcanza la meta de kilos de café requeridos durante la jornada laboral ordinaria, es necesario producir el sábado, que no corresponde a un día operativo regular, por lo que se debe pagar a tiempo y medio.

Sumado a lo anterior, se identifica que la estimación de las ventas y, por consiguiente, los requerimientos de producción semanal se elaboran a partir de un promedio móvil simple de las cantidades de producto vendidas durante las últimas ocho semanas para todas las familias de productos, lo cual genera un error de pronóstico (MAPE) del (48 ± 35) %, entre mayo del 2018 y diciembre del 2019. Por lo tanto, se evidencia una práctica de trabajo que no contribuye a mitigar la incertidumbre de la demanda, ni toma en cuenta el comportamiento de las ventas de los productos en el mercado.

Para el año 2019, la utilización semanal de las máquinas “uno” y “dos”, que favorecen la producción de café torrefacto, es del (87.8 ± 0.11) % y del (80.4 ± 0.02) %, respectivamente. Lo anterior dista de la utilización de las máquinas “tres” y “cuatro” que favorecen la producción de puro, que para el mismo año es del (35.4 ± 0.06) % y del (44.6 ± 0.02) %, de forma correspondiente. Es importante mencionar que todas las máquinas son capaces de procesar ambos tipos de café, pero no se efectúa de esa manera debido a una decisión administrativa actual. Esto limita la flexibilidad del sistema para atender pedidos no planificados que ingresan de manera espontánea.

Para ahondar en la problemática, en el capítulo de diagnóstico se aborda la caracterización del subproceso de empaque, la evaluación de las prácticas de trabajo relacionadas con los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque, y se ejecuta una relación causa-efecto de las prácticas de trabajo, de tal manera que se busca apreciar el nivel de impacto que poseen los diversos efectos indeseables y sus costos asociados al problema. Para lo anterior, se utilizan herramientas como el diagrama de funciones cruzadas y de tortuga, la revisión documental, la entrevista, la encuesta, el análisis estadístico de conglomerados, la simulación, la lista de chequeo y el diagrama de árbol de realidad actual.

En este capítulo se determina que existen efectos indeseables, como el pago por concepto de horas extra que excede en el 161 % el presupuesto establecido por la organización, lo que está ampliamente relacionado con las prácticas de trabajo sobre la utilización de las máquinas, y que podría aumentar en los próximos años, según las estimaciones a partir de la simulación efectuada. Además, se determina que las prácticas actuales restringen el uso de la capacidad instalada, lo que ocasiona una reducción en la flexibilidad de la planta y sobrecarga las máquinas “uno” y “dos” por encima del 80 % del porcentaje de utilización recomendado por la teoría, provocando costos por acarreo de inventario de hasta \$2 000 000 anuales, reduciendo la liquidez de la organización y aumentando el riesgo de perder ventas, impactando la satisfacción del cliente.

Además, se observan errores de pronóstico de hasta el 30 % para los productos analizados y que la señal de rastreo, en el 58 % de los meses analizados, está fuera del rango recomendable, contribuyendo al desfase entre el flujo de producción y las necesidades de los clientes, y que se contribuya a los costos por acarreo de inventario en detrimento de la liquidez de la organización.

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de redefinir las prácticas de trabajo actuales asociadas al subproceso de empaque. La principal oportunidad de mejora corresponde a alinear la programación de la producción a las buenas prácticas, promoviendo una mejor utilización de la capacidad instalada para incrementar la flexibilidad de la planta, nivelar las utilidades de las máquinas empacadoras, conciliando el flujo de producción con la demanda, replantear el método de pronóstico y establecer niveles de inventario que permitan mejorar el ciclo de conversión de efectivo, y en consecuencia, la liquidez, sin poner en riesgo la promesa de servicio.

En el segundo capítulo se plantea la solución a la problemática, a través del rediseño de las prácticas de trabajo sobre el pronóstico de la demanda, el control de inventarios y la programación de la producción, así como el diseño de indicadores y los planes de seguimiento para su control. Lo anterior se hará empleando herramientas como los lenguajes de programación Python, R, y Visual Basic, para la creación de modelos, el análisis estadístico y la revisión documental.

Para el rediseño de las prácticas de trabajo sobre el pronóstico de las ventas, se programa y entrena un modelo para la estimación automática de las ventas utilizando el software libre R. Además, se determina mediante una simulación, que la política de inventarios más adecuada para las condiciones de DCM debe ser de revisión periódica, contar con un punto de reorden y un nivel de inventario objetivo, parámetros que se calculan para cada uno de los productos. El rediseño de la programación de la producción se ejecuta a partir del desarrollo de un modelo de optimización programado en Python, tomando en cuenta las restricciones y necesidades operativas encontradas en DCM. Por otra parte, se determinan tres indicadores clave por controlar: 1) MAPE, 2) utilización del equipo y 3) costos por horas extra. Para ese efecto, se establece un módulo de control en la herramienta programada, para monitorear de forma mensual su comportamiento, y se diseñan planes de acción e instructivos de trabajo, que incluyen las medidas por tomar en caso de que los indicadores excedan los límites de control establecidos.

Del diseño propuesto se determina que las nuevas prácticas de trabajo aumentarían la flexibilidad de la planta, porque disminuiría la variación en la utilización de las máquinas en hasta 31.03 p.p., lo cual permitiría un uso de los equipos más balanceado, incrementaría el margen de acción para satisfacer la entrada de pedidos extraordinarios y no incurrir en costos de tercerización o tiempo extra. Además, permitirían mantener la promesa de servicio a un menor costo, al disminuir los costos de inventario

en hasta un 62.3 %, e incrementar el CCE en hasta un 37.3 % para el periodo en estudio. Asimismo, se acercaría a la organización a conciliar el flujo de la producción con la demanda, ya que se logra una reducción preliminar promedio de hasta (139 ± 78) p.p. en el error de pronóstico para los productos representativos en los periodos analizados.

En el capítulo de validación del proyecto se desarrollan cuatro apartados: 1) diseño del caso de estudio, 2) capacitación del personal y aplicación del caso, 3) reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque y 4) cuantificación del éxito del proyecto. El diseño y construcción del caso de estudio permite probar contextos en los que se incluyen circunstancias relevantes por experimentar pero que, por su naturaleza aleatoria, no son fáciles de hacer coincidir con el momento de la evaluación. La capacitación del personal garantiza que los empleados sean capaces de utilizar la herramienta programada y sus instructivos asociados. La reevaluación de las prácticas y la cuantificación del éxito del proyecto permiten visibilizar la mejoría entre las prácticas actuales y las propuestas en el diseño.

Tras la capacitación y aplicación del caso de estudio, se determinan los porcentajes de mejora para los indicadores de MAPE, utilización, horas extra y costos de operación, que corresponden al 19 p.p., 43.8 p.p., 97.2 % y 15.2 %, de forma respectiva. Además, la aplicación de buenas prácticas teóricas para los elementos analizados aumenta en promedio (33.5 ± 16.4) p.p.; de tal manera que se reducen los efectos indeseables planteados en el problema referentes a la flexibilidad y los costos, lo cual acerca a DCM a cumplir sus metas organizacionales y mantener la promesa de servicio. Por lo tanto, mediante la aplicación de la propuesta planteada en este proyecto, por parte de las personas responsables en DCM, se actúa sobre la condición generadora del problema y se resuelve.

Por otro lado, al analizar los indicadores en retrospectiva del ciclo de conversión de efectivo, y el costo por acarreo de inventario, se genera una mejora potencial al aplicar las nuevas prácticas de trabajo de hasta un 67 % y un 45 %, respectivamente. Además, utilizando el mismo método de análisis, se obtienen mejoras para el MAPE y la utilización de hasta un 26.7 p.p. y un 63.03 p.p., en ese orden. Estas cifras robustecen la prueba de que la solución propuesta mitiga los efectos indeseables expuestos en el problema y contribuye a solucionarlo.

Conjuntamente, las nuevas prácticas de trabajo eliminan los obstáculos en la programación de la producción, ya que se reduciría el tiempo semanal destinado a esta actividad en hasta un 98.3 %, lo anterior con ayuda de la herramienta diseñada, que, debido a la utilización de lenguajes de programación de uso libre para su desarrollo, no implica un costo adicional para la organización. Por lo tanto, considerando que existen softwares similares en el mercado que rondan los \$ 10 000 por un usuario, es posible pensar que la propuesta disminuye los costos mientras se potencia la eficiencia de la operación.

Finalmente, se establece que se cumple el objetivo del proyecto, referente a rediseñar las prácticas de trabajo vinculadas con el subproceso de empaque en DCM, y que comprometen la flexibilidad de la planta de producción, con el fin de mejorar el cumplimiento de las metas organizacionales y mantener la promesa de servicio a un menor costo, al determinar de forma adecuada la problemática en el subproceso de empaque en la etapa de diagnóstico, y posteriormente desarrollar un diseño de solución específico, medible, alcanzable y relevante para la organización, lo cual queda demostrado mediante su validación exitosa.

Índice

Introducción	18
Capítulo 1. Propuesta de proyecto	19
1.1 Justificación del proyecto	19
1.1.1 Descripción de la organización	19
1.1.2 Justificación del problema.....	19
1.1.3 Problema.....	21
1.1.4 Alcance del proyecto	21
1.1.5 Beneficios del proyecto	22
1.2 Objetivo general e indicadores de éxito.....	22
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Indicadores de éxito.....	22
1.3 Marco de referencia teórico	23
1.3.1 Cero actividades que no agregan valor.....	25
1.3.1.1 Causas y tipos de desperdicio.	25
1.3.2 Sincronización del flujo de producción con la demanda.....	26
1.3.2.1 Tamaño del lote de producción.....	26
1.3.2.2 Capacidad disponible.....	27
1.3.2.3 Tiempos de set up	27
1.3.2.4 Pronósticos de la demanda	27
1.3.2.5 Programación de la producción	28
1.3.2.6 Utilización del proceso y la capacidad	29
1.3.3 Flexibilidad.....	29
1.4 Metodología general	30
1.5 Cronograma de trabajo	34
Capítulo 2. Diagnóstico.....	36
2.1 Caracterización del subproceso de empaque	36
2.1.1 Descripción del flujo y las interacciones en el proceso de producción	37
2.1.1.1 Diagrama de funciones cruzadas del proceso de producción	37
2.1.1.2 Flujo e interacciones en el subproceso de recibo	40
2.1.1.3 Flujo e interacciones en el subproceso de tostado.....	40
2.1.1.4 Flujo e interacciones en el subproceso de molido	40

2.1.1.5	<i>Flujo e interacciones en el subproceso de empaque</i>	40
2.1.2	Caracterización del proceso de empaque	41
2.1.2.1	<i>Programación de empaque</i>	42
2.1.2.2	<i>Encendido de equipo</i>	44
2.1.2.3	<i>Ajuste de equipo</i>	44
2.1.2.4	<i>Empacado del café</i>	45
2.1.2.5	<i>Formación de bultos/cajas</i>	46
2.1.2.6	<i>Entrega al almacén</i>	47
2.1.3	Comunicación y colaboración actual.....	47
2.2.	Evaluación de las prácticas de trabajo relacionadas con los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque	48
2.2.1	Perfilado de los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque.....	49
2.2.1.1	<i>Selección de productos para dirigir el análisis</i>	49
2.2.1.2	<i>Perfilado actual de pronóstico en DCM</i>	50
2.2.1.2.1	<i>Método de pronóstico</i>	50
2.2.1.2.2	<i>Error de pronóstico</i>	51
2.2.1.3	<i>Perfilado actual del set up (cambios de configuración)</i>	51
2.2.1.3.1	<i>Tipos de cambios de configuración en DCM</i>	52
2.2.1.3.2	<i>Ejecución de los cambios</i>	53
2.2.1.3.3	<i>Cuantificación del tiempo de set up</i>	53
2.2.1.4	<i>Perfilado de la utilización de la capacidad instalada</i>	53
2.2.1.4.1	<i>Variables de decisión</i>	53
2.2.1.4.2	<i>Variables aleatorias</i>	53
2.2.1.4.3	<i>Indicadores de desempeño</i>	54
2.2.1.4.4	<i>Límites</i>	54
2.2.1.4.5	<i>Suposiciones de los límites</i>	54
2.2.1.4.6	<i>Lógica especial incluida</i>	54
2.2.1.4.7	<i>Escenarios y sus atributos estadísticos</i>	55
2.2.1.4.8	<i>Utilización proyectada a cinco años</i>	55
2.2.1.4.9	<i>Utilización en el escenario con mayor flexibilidad</i>	58
2.2.1.5	<i>Perfilado del programa de producción</i>	60
2.2.1.6	<i>Perfilado de inventarios de producto terminado</i>	61

2.2.1.6.1	<i>Velocidad de producción</i>	61
2.2.1.6.2	<i>Inventario de producto terminado</i>	63
2.2.2	Determinación de las buenas prácticas recomendadas por la teoría.....	63
2.2.3	Evaluación de los aspectos clave con respecto a la teoría.....	64
2.3	Relación causa-efecto de las prácticas de trabajo.....	65
2.3.1	Análisis de realidad actual en el subproceso de empaque.....	67
	Conclusiones del diagnóstico.....	71
	Capítulo 3. Diseño.....	72
3.1	Rediseño de las prácticas de trabajo del pronóstico y el control de inventario.....	73
3.1.1	Redefinición del método de pronóstico y la comunicación de los resultados.....	73
3.1.1.1	<i>Diseño del modelo de pronóstico</i>	74
3.1.1.2	<i>Diseño del instructivo para la elaboración, comunicación y control de los pronósticos</i>	74
3.1.2	Rediseño de la nueva política de inventarios.....	75
3.1.2.1	<i>Selección de las opciones de políticas de inventario por analizar</i>	76
3.1.2.2	<i>Política de inventario seleccionada mediante comparación</i>	76
3.1.3	Automatización de los requerimientos productivos.....	77
3.1.4	Corroboración de la idoneidad de la política de inventarios, método de pronóstico y el módulo para la determinación de las necesidades productivas.....	77
3.1.4.1	<i>Corroboración de idoneidad: Política de inventarios</i>	77
3.1.4.2	<i>Corroboración de idoneidad: Método de pronóstico</i>	78
3.1.4.3	<i>Corroboración de idoneidad: Determinación de las necesidades productivas</i>	78
3.2	Rediseño de la programación de la producción.....	78
3.2.1	Determinación de los requerimientos para la programación de la producción.....	79
3.2.2	Construcción y programación del modelo de optimización.....	80
3.2.2.1	<i>Modelo de optimización</i>	80
3.2.2.1.1	<i>Variable de decisión</i>	80
3.2.2.1.2	<i>Parámetros</i>	81
3.2.2.1.3	<i>Variables auxiliares</i>	82
3.2.2.1.4	<i>Argumentos del modelo de optimización</i>	83
3.2.2.1.5	<i>Función de optimización</i>	83
3.2.2.1.6	<i>Restricciones</i>	84
3.2.3	Diseño del instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción	85

3.2.4	Corroboración de la idoneidad del método de programación de la producción	86
3.3	Diseño del control de indicadores y planes de seguimiento	87
3.3.1	Determinación de los indicadores por controlar y la importancia de su monitoreo	88
3.3.1.1	<i>Indicador MAPE</i>	88
3.3.1.2	<i>Indicador de utilización del equipo</i>	88
3.3.1.3	<i>Indicador de costos por horas extra</i>	89
3.3.2	Definición del método de control, los planes de acción que se deben ejecutar en caso de que los indicadores excedan sus parámetros de control y el medio de monitoreo.	90
3.3.2.1	<i>Control integral del MAPE</i>	90
3.3.2.2	<i>Control integral de la utilización del equipo.</i>	92
3.3.2.3	<i>Control integral de los costos operativos por horas extra</i>	93
3.3.2.4	<i>Medio de monitoreo</i>	94
3.3.2.4.1	<i>Formulario para el ingreso del MAPE</i>	95
3.3.2.4.2	<i>Formulario para el ingreso de la utilización del equipo</i>	95
3.3.2.4.3	<i>Formulario para el ingreso de las horas extra</i>	95
3.3.2.4.4	<i>Tablero de control de indicadores</i>	95
3.3.3	Corroboración de la idoneidad del método de control diseñado	95
	Conclusiones del diseño.....	96
	Capítulo 4. Validación	97
4.1	Diseño del caso de estudio.....	98
4.1.1	Determinación de los parámetros operativos de interés del subproceso de empaque para la elaboración del caso de estudio	98
4.1.1.1	<i>Parámetros de interés en el subproceso de empaque</i>	99
4.1.2	Diseño del caso de estudio para la evaluación de las nuevas prácticas de trabajo en subproceso de empaque.....	100
4.1.3	Aprobación del caso de estudio para la evaluación de las nuevas prácticas de trabajo en el subproceso de empaque.....	100
4.2	Capacitación del personal y aplicación del caso.....	100
4.2.1	Capacitación del recurso humano sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas y evaluación a partir del caso de estudio.....	101
4.2.2	Análisis de los resultados de la aplicación del caso de estudio	102
4.2.2.1	<i>MAPE</i>	103
4.2.2.2	<i>Utilización</i>	103
4.2.2.3	<i>Costos de operación y horas extra</i>	104

4.2.2.4 <i>Análisis conjunto de los resultados del caso de estudio de aplicación</i>	105
4.3 <i>Reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque</i>	105
4.3.1 <i>Comparación de las prácticas de trabajo en el escenario actual y propuesto</i>	106
4.3.1.1 <i>Nivel de cumplimiento de las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las buenas prácticas teóricas</i>	106
4.3.1.2 <i>Porcentaje de mejoría entre las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las actuales</i>	107
4.4 <i>Cuantificación del éxito del proyecto</i>	108
4.4.1 <i>Análisis de los indicadores de éxito</i>	109
4.4.1.1 <i>MAPE</i>	109
4.4.1.2 <i>Utilización</i>	110
4.4.1.3 <i>Ciclo de conversión de efectivo (CCE)</i>	111
4.4.1.4 <i>Costos de acarreo de inventario</i>	112
Conclusiones de validación.....	114
Conclusiones	115
Recomendaciones.....	118
Referencias bibliográficas.....	120
Glosario.....	122
Abreviaturas y acrónimos	124
Anexos	125
Apéndices.....	127

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. <i>MAPE</i>	22
Ecuación 2. <i>Porcentaje de utilización de la capacidad instalada</i>	23
Ecuación 3. <i>Ciclo de conversión de efectivo</i>	23
Ecuación 4. <i>Unidades requeridas para la programación</i>	60
Ecuación 5. <i>Ecuación de optimización</i>	83
Ecuación 6. <i>Modo de cálculo del MAPE</i>	88
Ecuación 7. <i>Modo de cálculo de la utilización del equipo</i>	89
Ecuación 8. <i>Modo de cálculo de los costos por horas extra</i>	90

Índice de figuras

Figura 1. <i>Macroproceso de gestión de la producción en DCM</i>	19
Figura 2. <i>Elementos de la estructura TPS</i>	24
Figura 3. <i>Posibles beneficios de aplicar el enfoque Lean</i>	25
Figura 4. <i>Tipos de desperdicios</i>	26

Figura 5. Pasos para reducir los tiempos de setup utilizando la técnica de SMED.....	27
Figura 6. Métodos de pronóstico.....	28
Figura 7. Flexibilidad multitarea.....	30
Figura 8. Objetivos de diagnóstico.....	36
Figura 9. Metodología para la caracterización del subproceso de empaque.....	37
Figura 10. Diagrama de funciones cruzadas del proceso de producción.....	38
Figura 11. Caracterización del subproceso de empaque.....	41
Figura 12. Tareas de la programación de empaque.....	42
Figura 13. Tareas del encendido de equipo.....	44
Figura 14. Tareas del ajuste de equipo.....	45
Figura 15. Tareas del empacado de lote de café.....	46
Figura 16. Paquete con cintillo.....	48
Figura 17. Tareas de la formación de bultos/cajas.....	47
Figura 18. Evaluación de las prácticas del subproceso de empaque.....	48
Figura 19. Conglomerados de productos por similitud.....	49
Figura 20. Utilización proyectada para los próximos cinco años.....	56
Figura 21. Total de horas extra para los meses analizados y su proyección a cinco años.....	56
Figura 22. Unidades en riesgo de no ser producidas.....	57
Figura 23. Aproximación del costo anual por unidades en riesgo de no ser producidas.....	58
Figura 24. Comparación entre la utilización promedio en abril 2020 y el resultado de aumentar la flexibilidad.....	59
Figura 25. Comparación entre el costo de horas extras durante abril 2020 y el resultado de aumentar la flexibilidad.....	60
Figura 26. Relación promedio de la velocidad de producción y la velocidad de la demanda.....	62
Figura 27. Porcentaje de cumplimiento de los sumarios de buenas prácticas.....	65
Figura 28. Relación causa-efecto de las prácticas de trabajo.....	66
Figura 29. Árbol de realidad actual del subproceso de empaque.....	67
Figura 30. Objetivos de la etapa de diseño.....	72
Figura 31. Objetivos, actividades y resultados del rediseño del pronóstico de la demanda y el control de inventarios.....	73
Figura 32. Elaboración del pronóstico.....	75
Figura 33. Rediseño de la programación de la producción y su control.....	79
Figura 34. Elaboración y comunicación del programa de producción.....	85
Figura 35. Diseño del control de indicadores y planes de seguimiento.....	87
Figura 36. Objetivos de validación.....	97
Figura 37. Diseño del caso de estudio.....	98
Figura 38. Parámetros de interés para el subproceso de empaque.....	99
Figura 39. Capacitación del personal y aplicación del caso.....	101
Figura 40. Promedio del MAPE obtenido como resultado de la ejecución del caso de estudio.....	103
Figura 41. Promedio de la utilización de los equipos como resultado de la ejecución del caso de estudio.....	104
Figura 42. Reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque.....	106
Figura 43. Porcentaje de cumplimiento del sumario de buenas prácticas al incorporar la propuesta de diseño.....	107

Figura 44. Cuantificación del éxito del proyecto.....	109
Figura 45. Cambio del MAPE mensual promedio entre los resultados del diagnóstico y al aplicar las nuevas prácticas de trabajo diseñadas.....	110
Figura 46. Cambio de la utilización semanal promedio entre las prácticas actuales y al aplicar las nuevas prácticas de trabajo diseñadas.....	111
Figura 47. Cambio del ciclo de conversión de efectivo para los productos categoría A, B y C debido a la aplicación de las nuevas prácticas de trabajo en relación con las condiciones iniciales (2020) y el escenario del año 2021.....	112
Figura 48. Cambio en los costos de acarreo debido a la aplicación de las nuevas prácticas de trabajo en relación con las condiciones iniciales (2020) y el escenario del año 2021.....	113

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores para medir el desempeño de un proceso.....	26
Tabla 2. Actividades, herramientas y resultados para las etapas de diagnóstico, diseño y validación.....	31
Tabla 3. Asignación de semanas para las actividades de cada etapa del proyecto.....	34
Tabla 4. Productos seleccionados en cada conglomerado.....	50
Tabla 5. Error de pronóstico.....	51
Tabla 6. Distribución de los productos procesados en cada una de las máquinas empacadoras durante el 2020.....	52
Tabla 7. Características técnicas de los escenarios de la simulación del subproceso de empaque ..	55
Tabla 8. Selección de autores para la determinación de buenas prácticas	63
Tabla 9. Implicaciones de reducir los efectos indeseables	68
Tabla 10. Resultados de la simulación para seleccionar una política de inventario.....	76
Tabla 11. Porcentaje de mejoría en indicadores utilizando la nueva política de inventarios con respecto a lo sucedido en el 2020.....	78
Tabla 12. Porcentaje de mejoría en MAPE utilizando el nuevo método de pronósticos con respecto a lo sucedido en agosto, setiembre y octubre de 2021.....	78
Tabla 13. Variables de decisión para el modelo de optimización	81
Tabla 14. Parámetros para el modelo de optimización	81
Tabla 15. Variables auxiliares para el modelo de optimización.....	82
Tabla 16. Argumentos de la función de optimización.....	83
Tabla 17. Restricciones del modelo para la programación de la producción.....	84
Tabla 18. Resultados de la utilización por máquina para el análisis en retrospectiva del módulo de programación de la producción.....	86
Tabla 19. Ficha técnica para el control integral del MAPE	90
Tabla 20. Ficha técnica para el control integral de la utilización del equipo	92
Tabla 21. Ficha técnica para el control integral de los costos por horas extra	93
Tabla 22. Porcentaje de mejoría entre las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las actuales	108

Índice de Anexos

Anexo 1. Simbología ANSI.....	125
-------------------------------	-----

Índice de apéndices

Apéndice 1. Variables aleatorias y su distribución.....	127
Apéndice 2. Sumario de buenas prácticas.	130
Apéndice 3. Interfaz de los módulos propuestos para la herramienta programada.	151
Apéndice 4. Manual de usuario para el uso de la herramienta programada.	161
Apéndice 5. Instructivo para la elaboración de pronósticos.	174
Apéndice 6. Definición de las políticas de inventario y sus características.	175
Apéndice 7. Fórmulas para la estimación de las variables de inventario.	179
Apéndice 8. Parámetros para la política de inventarios.....	180
Apéndice 9. Ficha técnica de la simulación para la nueva política de inventario en Anylogic.....	181
Apéndice 10. Instructivo para la elaboración de la programación de la producción.	183
Apéndice 11. Instructivo para realizar un ajuste cualitativo en aquellos productos que presentan MAPE por encima de la especificación de control.	185
Apéndice 12. Instructivo para atender utilizaciones fuera de los parámetros aceptados.....	187
Apéndice 13. Instructivo para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios.	190
Apéndice 14. Instructivo para el ajuste al presupuesto de horas extra.	191
Apéndice 15. Instructivo para realizar auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento horario del reglamento interno.	192
Apéndice 16. Instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción.	194
Apéndice 17. Caso de estudio de aplicación	195
Apéndice 18. Plan de capacitación sobre las nuevas prácticas de trabajo para el subproceso de empaque	201
Apéndice 19. Sumario de buenas prácticas (prácticas de trabajo propuestas)	206

Introducción

Las prácticas de trabajo, asociadas al subproceso de empaque en Distribuidora Café Montaña S.A, presentan debilidades operativas vinculadas al pronóstico de la demanda, la utilización de la capacidad instalada, la programación de la producción y el manejo del inventario de producto terminado, lo que pone en riesgo la satisfacción sostenida de la principal meta y promesa de servicio, de tal manera que la importancia del proyecto radica en reducir los efectos indeseables ocasionados por las prácticas de trabajo actuales para mejorar el cumplimiento de las metas organizacionales, evitar futuros atrasos en los pedidos y obtener menores costos de operación.

Para solventar la problemática planteada, el proyecto se encuentra conformado por cuatro capítulos. El primer capítulo corresponde a la propuesta del proyecto, donde se establece la situación actual del subproceso de empaque, se define y justifica el problema, el alcance, los beneficios para la sociedad y la organización, el objetivo general, el marco de referencia teórico, los indicadores de éxito, la metodología de trabajo y por último el cronograma de actividades.

En el segundo capítulo se aborda el diagnóstico del proyecto; este se subdivide en tres apartados donde se desarrolla la caracterización del subproceso de empaque, la sección que describe el flujo y las interacciones en el proceso de producción, luego se evalúan las prácticas de trabajo relacionadas con los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque y, posteriormente, se determina la relación causa-efecto de las prácticas de trabajo mediante un análisis de realidad actual.

En el tercer capítulo se desarrolla el diseño de las nuevas prácticas de trabajo, el cual se encuentra constituido por tres secciones, donde se lleva a cabo el rediseño de las prácticas de trabajo del pronóstico y el control de inventarios, se ejecuta el rediseño de la programación de la producción, y el diseño del control de indicadores y los planes de seguimiento. Lo anterior se integra en una única herramienta programada.

El cuarto y último capítulo corresponde a la validación del proyecto, el cual consta de cuatro apartados que incluyen el diseño del caso de estudio, la capacitación del personal y la aplicación del caso, la reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque y la cuantificación del éxito del proyecto. Finalmente, se encuentran las conclusiones, las referencias bibliográficas, el glosario, las abreviaturas y acrónimos, los anexos y los apéndices.

Capítulo 1. Propuesta de proyecto

1.1 Justificación del proyecto

1.1.1 Descripción de la organización

Distribuidora Café Montaña S.A., en adelante DCM, es una empresa dedicada al tostado, molido, empaque y comercialización de café puro, torrefacto y reserva en Costa Rica. Actualmente posee una única planta de producción, ubicada en el cantón central de Alajuela, en la que predomina el proceso de fabricación masiva y la manufactura frugal, debido a que se trata de aprovechar al máximo el equipo convencional y las instalaciones.

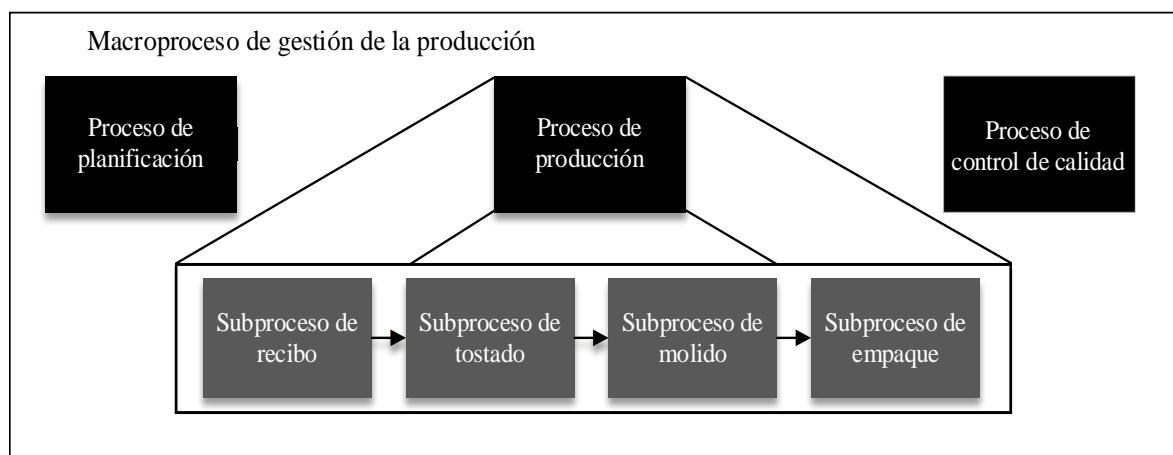
La compañía atiende la demanda mediante un sistema de producción make to stock. Además, ofrece al mercado al menos 100 presentaciones diferentes que van desde los 125 g hasta los 1000 g. Asimismo, distribuye sus productos a través de un canal tradicional que está constituido por mini supermercados y abastecedores; y un canal moderno que es representado principalmente por cadenas de supermercados.

1.1.2 Justificación del problema

La empresa cuenta con tres familias de productos: puro, torrefacto y reserva; las cuales se elaboran en una planta de producción que se encuentra orientada al proceso. El macroproceso de gestión de la producción en DCM está compuesto por los procesos mostrados en la Figura 1. Existen cinco líneas de empaque: cuatro están destinadas al procesamiento de café torrefacto y puro, y una es exclusiva para el de reserva, conformada por operaciones de empaque manuales. Todos los productos de las categorías correspondientes a puro y torrefacto pasan por una misma secuencia de actividades, mientras que los de reserva requieren un procesamiento diferenciado compuesto exclusivamente por tareas manuales. El subproceso de empaque está constituido por el alisto del equipo, el empacado del café molido aprobado, una inspección de calidad y la preparación de los bultos.

Figura 1

Macroproceso de gestión de la producción en DCM



A continuación, se presenta la situación actual en las cuatro líneas de empaque para café torrefacto y puro, la cual se plantea mediante el estudio del fill rate, de los costos por concepto de tercerización

de operaciones y pago de horas extra, del cumplimiento del plan maestro de producción, del secuenciamiento, del pronóstico de la demanda, de la utilización de las máquinas empacadoras, así como del takt time y del tiempo de ciclo. Es importante mencionar que el periodo, empleado para el cálculo y análisis de los indicadores, queda supeditado al de los datos disponibles al momento de extenderle la solicitud de la información a la empresa. Además, de ahora en adelante, se debe considerar que todos los intervalos que acompañan la media se calculan utilizando un 95 % de confianza, ya que este valor es ampliamente utilizado en la industria, es aplicable a DCM y resulta útil para los efectos de análisis en este proyecto.

De acuerdo con el gerente de producción, para el 2020, la organización tiene como meta y promesa de servicio entregar completos y en el tiempo pactado el 100 % de los pedidos, lo que constituye, en conjunto con los precios competitivos, sus principales ventajas con respecto a sus competidores (F. Alfaro, comunicación personal, 24 de agosto de 2020). De acuerdo con el jefe administrativo, el cliente de mayor significancia del canal moderno representa el 50 % del volumen de ventas para la organización (J. González, comunicación personal, 8 de octubre de 2020). El promedio de fill rate del año 2019 para este comprador es del (100 ± 0) %, mientras que para los clientes del canal tradicional el promedio de este indicador para el mismo periodo es (93 ± 4.9) %.

Sin embargo, para lograr ese nivel de servicio se incurre en costos extraordinarios. Para los años 2018 y 2019 se pagan (172 ± 138) horas extra mensuales equivalentes a \$ (637 ± 511) , lo cual sobrepasa en un 12.5 % el presupuesto establecido por la organización para este fin.

Sumado a lo anterior, se identifica el incumplimiento del plan maestro de producción (MPS). Al analizar 72 días, correspondientes a catorce semanas entre setiembre y diciembre de 2019, se observa que el cumplimiento diario promedio del MPS es del (70 ± 36) %. De todos los programas analizados, solo el 24 % alcanza la meta de cumplimiento de al menos el 90 %. Además, un 11 % de los MPS se incumplen, ya que se produce más de lo programado, lo que también es un efecto indeseable, debido a que contradice lo originalmente planeado. De acuerdo con el jefe de planta, este bajo desempeño se relaciona con la necesidad de realizar cambios repentinos en las prácticas de trabajo, debido a situaciones externas que impactan el sistema de producción, como por ejemplo el ingreso de pedidos inesperados de algún cliente significativo (W. Campos, comunicación personal, 10 de setiembre de 2020).

Entre los cambios repentinos se incluye pasar del secuenciamiento habitual basado en la regla de primero en entrar primero en salir (PEPS), al fundamentado en la mínima fecha de entrega (MINDD), lo que en ocasiones implica ajustes no previstos en máquina, y, por consiguiente, tiempos de alistó no programados (W. Campos, comunicación personal, 2 de octubre de 2020).

Al mismo tiempo, cuando no se logra reajustar la producción entre semana para alcanzar la meta de kilos de café necesaria y cumplir con los pedidos de todos los clientes, es necesario trabajar los sábados, lo que implica costos por concepto de pago de horas extra, ya que no es un día operativo ordinario (W. Campos, comunicación personal, 2 de octubre de 2020). Esta situación ocurre en todas las semanas analizadas.

El MPS actual se elabora a partir de un promedio móvil simple de las ventas de las últimas ocho semanas, que para todas las familias de productos tiene un error porcentual absoluto medio (MAPE) del (48 ± 35) %, calculado con los datos del periodo comprendido entre mayo de 2018 y diciembre de 2019. Ghiani *et al.* (2004) afirman que, si el MAPE es mayor que el 30 %, entonces la técnica de

pronóstico es pobre (p. 65). Por lo tanto, esta práctica de trabajo actual no contribuye a mitigar la incertidumbre de los pedidos que entran repentinamente durante la semana y el impacto que esta situación provoca sobre el sistema de producción, lo que afecta el cumplimiento del MPS y, por esta razón, genera costos operativos indeseables y esfuerzos administrativos adicionales.

Por otro lado, es oportuno mencionar que el café torrefacto en el 2019 representa el 61 % del total de kilos vendidos y que el principal cliente pide mayoritariamente este tipo de producto. Además, la práctica de trabajo actual favorece la producción de torrefacto en las máquinas de empaque “uno” y “dos”, y de puro en los equipos “tres” y “cuatro”. En la actualidad, la necesidad de priorizar los pedidos repentinos recibidos de los clientes significativos contribuye al incumplimiento del MPS, lo que posteriormente aumenta la carga sobre las máquinas destinadas a la producción de torrefacto.

Para el 2019, la utilización semanal de las máquinas “uno” y “dos” es del (87.8 ± 0.11) % y el (80.4 ± 0.02) %; respectivamente. Lo anterior dista de la utilización de las máquinas “tres” y “cuatro”, que para el mismo periodo es del (35.4 ± 0.06) % y del (44.6 ± 0.02) %, correspondientemente. Esto responde a una decisión administrativa, basada en criterio de experto, ya que todas las máquinas pueden procesar ambos tipos de café. Es preferible que la utilización de las máquinas no sea mayor al 80 %. (Schroeder *et al.*, 2011, p.272); esto debido a que se les puede dar respuesta con mayor flexibilidad a pedidos no planificados.

Si se logra cumplir con la meta de crecimiento en ventas del 5 % anual establecida en el 2020, y se mantienen las prácticas de trabajo actuales sin cambios, el promedio de utilización mensual proyectado para estas máquinas en el 2025 sería del (109.7 ± 0.15) % y del (101 ± 0.02) %, en ese orden. Es razonable presumir que esta situación puede impactar los costos operativos de forma significativa. En general, bajo este panorama, y de no implementar cambios en las prácticas de trabajo, se observa que a mediano plazo se espera una sobrecapacidad de las máquinas “uno” y “dos”, y una subutilización de los equipos “tres” y “cuatro”, lo que ocasiona consecuencias negativas en los costos operativos y, por ende, sobre la rentabilidad de la empresa, lo cual se ahonda en la etapa de diagnóstico.

Sumado a lo anterior, actualmente el takt time para las máquinas “uno” y “dos” es solamente el 2 % menor que el tiempo de ciclo (W. Campos, comunicación personal, 24 de octubre 2020), por lo que alguna variación positiva en la demanda que modifique este parámetro, más allá de ese porcentaje, genera incumplimientos en la promesa de servicio.

1.1.3 Problema

Las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque de Distribuidora Café Montaña S.A. comprometen la flexibilidad de la planta; esto provoca incumplimiento de metas e impactos negativos en los costos de operación, lo que pone en riesgo la satisfacción sostenida de la promesa de servicio.

1.1.4 Alcance del proyecto

El presente proyecto se realiza en las cuatro líneas de empaque que procesan café puro y torrefacto en la planta de producción de la empresa DCM. Se considera el subproceso desde la programación de empaque hasta la preparación de bultos o cajas, y se toman en cuenta las subfamilias de productos Económico, FEDECOOP, Yodito y Montaña. Además, si el diseño de la propuesta contempla la adquisición de algún recurso, la validación se ejecuta sin realizar esta compra.

1.1.5 Beneficios del proyecto

Al finalizar este proyecto, se pretende que la empresa cuente con prácticas de trabajo más ágiles que permitan generar los siguientes beneficios para la sociedad:

- a. Mantener la presencia sostenida del producto en el mercado.
- b. Servir como base para evaluaciones comparativas entre empresas del sector.

Además, como parte de los beneficios para la empresa, se espera que los resultados del proyecto contribuyan a:

- a. Mantener la promesa de servicio a un menor costo operativo.
- b. Reducir los efectos indeseables ocasionados por los cambios constantes en las prácticas de trabajo.
- c. Mejorar el cumplimiento de las metas organizacionales.
- d. Aprovechar eficientemente los recursos.
- e. Potenciar la coordinación e integración entre las actividades operativas.

1.2 Objetivo general e indicadores de éxito

1.2.1 Objetivo general

Rediseñar las prácticas de trabajo vinculadas con el subproceso de empaque en Distribuidora Café Montaña S.A y que comprometen la flexibilidad de la planta de producción, con el fin de mejorar el cumplimiento de las metas organizacionales y mantener la promesa de servicio a un menor costo.

1.2.2 Indicadores de éxito

Los indicadores de éxito del proyecto permiten medir el cambio de posición con respecto a la situación actual, siendo esperable y caracterizándose como satisfactoria cualquier variación que resulte del análisis individual o en conjunto de los indicadores y que acerque a la empresa al cumplimiento de sus metas establecidas; considerando condiciones normales de operación.

a. MAPE

Los cambios en los planes de producción se deben en gran medida a datos inexactos que resultan de las prácticas de trabajo actuales sobre estimación de la demanda (gran error de pronóstico). Además, los niveles de inventario de producto terminado y sus costos asociados son altamente importantes para la organización, y es posible mejorarlos a partir de estimaciones de demanda más exactas y el control de su desempeño. También, un buen nivel de servicio depende de mejores estimaciones de demanda y finalmente, la sobreutilización de máquinas se debe a pronósticos poco rigurosos que generan estimaciones por encima de lo requerido.

Ecuación 1

MAPE

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum \left| \frac{\text{actual} - \text{pronóstico}}{\text{actual}} \right| * 100$$

Donde;

n: cantidad de periodos.

actual: cantidad de ventas reales (unidades).

b. Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.

Los efectos indeseables planteados en el problema responden a que existe poca nivelación en las utilidades del equipo.

Ecuación 2

Porcentaje de utilización de la capacidad instalada

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{\sum(X_i * Y_i)}{Z + W} * 100$$

Donde;

Xi: Tiempo de ciclo por producto (horas).

Yi: cantidad por producto a producir (unidades).

Z: tiempo semanal disponible (horas).

W: tiempo extra requerido (horas).

c. Ciclo de conversión de efectivo.

Es pertinente mantener un indicador de éxito en términos económicos, el cual se vincule con las prácticas de trabajo que se requieren rediseñar para reducir los efectos indeseables planteados en el problema. El ciclo de conversión de efectivo ofrece una óptica más global del impacto del proyecto sobre la organización; además, es requerido por la empresa y los datos para su cálculo son compartidos.

Ecuación 3

Ciclo de conversión de efectivo

$$\text{CCE} = \text{DPI} + \text{DPC} - \text{DPP}$$

Donde;

DPI: días promedio de inventario.

DPC: días promedio de cobranza.

DPP: días promedio de pago

1.3 Marco de referencia teórico

Un sistema de producción es un conjunto de métodos que permiten elaborar un bien o un servicio a partir de factores productivos, mediante procesos de transformación de valor (Tous *et al.*, 2019, p. 17). En general, estos sistemas están conformados por macroprocesos, procesos y subprocesos. El

macroproceso de gestión de la producción en DCM se compone de tres procesos principales, así como se muestra en la Figura 1, siendo el subproceso de empaque del proceso de producción el que interesa para este proyecto.

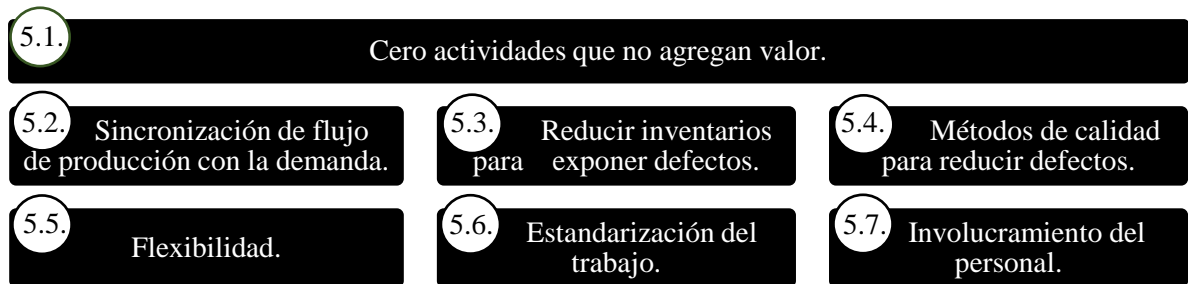
Las prácticas de trabajo son un componente notable de los procesos que forman parte de un sistema productivo, e “incluyen todas las actividades, procedimientos, tradiciones, costumbres y protocolos asociados con la realización del trabajo, generalmente como resultado de los objetivos organizacionales” (Pyla y Hartson, 2012, p. 91). Por consiguiente, es indispensable la correcta comunicación y el apropiado planteamiento de estos objetivos.

En DCM, las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque comprometen la flexibilidad de la planta; esto genera efectos indeseables relacionados con el incumplimiento de metas organizacionales e impactos negativos en los costos de operación, lo que pone en riesgo la satisfacción sostenida de la promesa de servicio.

Debido a lo anterior, se propone rediseñar las prácticas de trabajo vinculadas al subproceso de empaque, por lo que seguidamente se presenta la teoría que respalda el abordaje del proyecto, en el que se contemplan aspectos desde la perspectiva del Sistema de Producción Toyota (TPS) y de la Sincronización Lean (LS) de procesos, los cuales se muestran en orden jerárquico en la Figura 2.

Figura 2

Elementos de la estructura TPS



Nota: Tomado de *Matching Supply with Demand: an introduction to operations management* (p.224), por G. Cachon y C. Terwiesh, 2013, McGraw-Hill.

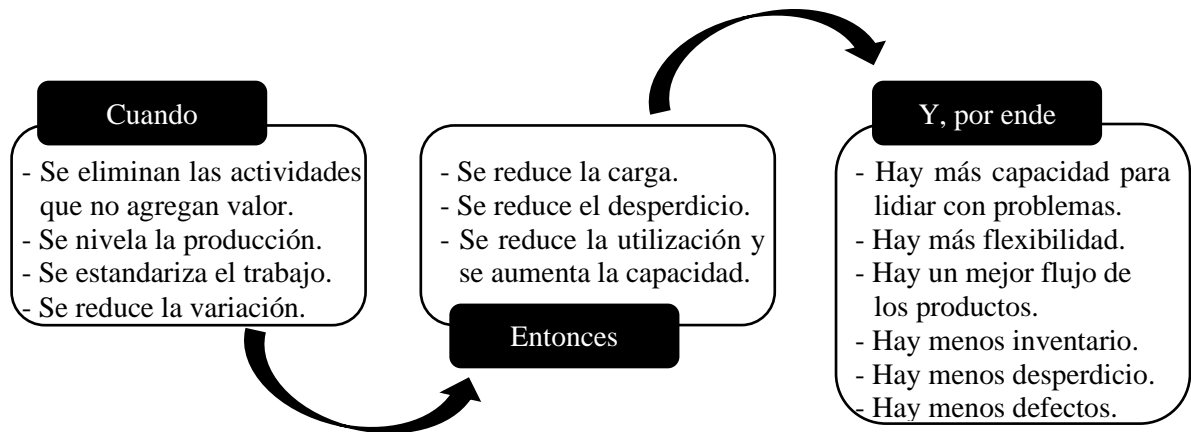
Este énfasis se justifica por el hecho de que “las actividades, conexiones y flujos de producción en una fábrica de Toyota están estrictamente programadas, pero al mismo tiempo las operaciones de Toyota son enormemente flexibles y adaptables” (Slack *et al.*, 2013, p. 465), por lo que resulta conveniente analizar la situación en DCM desde esta perspectiva.

Además, en la empresa cualquier esfuerzo operacional se dirige a satisfacer las necesidades del cliente, por lo tanto, LS constituye una filosofía relevante para este proyecto, ya que según Slack *et al.* (2013), con esta se procura entregar exactamente lo que el cliente quiere, en el momento y el lugar exacto; todo al menor costo posible (p. 465).

En la siguiente figura se muestran algunos posibles beneficios que se pueden alcanzar través de la aplicación de estos enfoques de producción:

Figura 3

Posibles beneficios de aplicar el enfoque Lean



Nota: Tomado de *The 3Ms and Lean Production*, por J. Woolfrey, 2018, Technische Universität München edX.

Por las características del problema, se considera conveniente analizar en DCM los siguientes tres elementos de la estructura TPS: 1) cero actividades que no agregan valor, 2) sincronización del flujo de producción con la demanda, y 3) flexibilidad, los que se exponen a continuación.

1.3.1 Cero actividades que no agregan valor

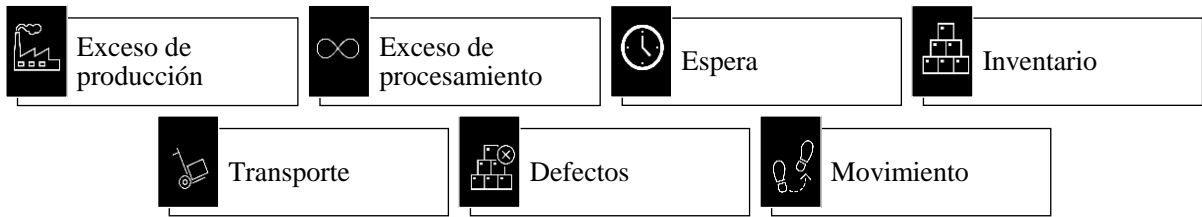
El primer elemento en la estructura TPS es la consideración de las actividades que no agregan valor, por lo que se detallan en seguida las causas y tipos de desperdicio y su identificación.

1.3.1.1 Causas y tipos de desperdicio.

De acuerdo con Slack *et al.* (2013), existen tres causas de desperdicio: 1) muda, 2) mura y 3) muri (p. 471). El primero se refiere a las actividades que no agregan valor a la operación o al cliente, el segundo es la falta de consistencia del equipo o el personal, y el tercero se refiere a las consecuencias de una inadecuada programación y secuenciamiento de la producción (Slack *et al.*, 2013, p. 472). En general, existen siete tipos de desperdicio, los cuales se muestran en la Figura 4. Para el caso en estudio actual en DCM, interesa particularmente analizar el exceso de producción, de procesamiento y los inventarios.

Figura 4

Tipos de desperdicios



Nota: Tomado de *Operations management* (p.472), por N. Slack, A. Brandon-Jones y R. Johnston, 2013, Pearson Education.

Dos de las principales causas de muda tienen que ver con los objetivos pobremente comunicados o el uso ineficiente de los recursos (Slack *et al.*, 2013, p. 472). Para determinar cuán tan eficiente es el proceso que se busca analizar y posteriormente mejorarlo, Chase *et al.* (2009) proponen medir el desempeño a través de los indicadores que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Indicadores para medir el desempeño de un proceso

Indicador	Definición
Tiempo de ciclo	“El tiempo promedio que transcurre entre el término de una unidad y otras sucesivas dentro de un proceso” (p. 178).
Utilización	“La proporción de tiempo que un recurso está activado de hecho en relación con el tiempo disponible para su uso” (p. 178).

Nota: Tomado de *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (p.178), por R. Chase, F. Jacobs y N. Aquilano, 2009, McGraw Hill.

1.3.2 Sincronización del flujo de producción con la demanda

El elemento subsiguiente en la estructura TPS es la sincronización del flujo de producción con la demanda. Algunos aspectos clave que se deben considerar para alcanzar una mejor sincronización del flujo de producción con la demanda son los siguientes: 1) tamaño de lote, 2) capacidad disponible, 3) tiempos de set up, 4) pronósticos, 5) programación de la producción, 6) utilización del proceso y la capacidad.

1.3.2.1 Tamaño del lote de producción

Cachon y Terwiesh (2013) aseveran que en el Sistema de Fabricación Toyota los planes de producción deben evitar los tamaños de lote grandes, y que lo ideal es que se logre alcanzar un flujo de una unidad a la vez (pp. 228-229). En DCM, el tamaño de lote de producción es de una pieza, lo que es deseable desde los enfoques en estudio y por lo que no se profundiza en mayores detalles al respecto.

1.3.2.2 Capacidad disponible

Existen tres tipos de capacidad. La primera es la nominal, que hace referencia a la capacidad máxima en condiciones operativas normales (Anaya, 2016, p. 52). La segunda es la demostrada, que se refiere a la “capacidad real que se ha conseguido en el pasado” (Cañedo, 2015, p. 223), y la tercera es la diseñada, que se relaciona con el “volumen de producción para el que fue diseñado el recurso” (Cañedo, 2015, p. 223). En los procesos existe una actividad que restringe el flujo de producción; a esta se le conoce como recurso de capacidad restringida o cuello de botella. El concepto de utilización definido en la Tabla 1, está ampliamente relacionado con la capacidad; sin embargo, este se expone en la sección 5.2.7.

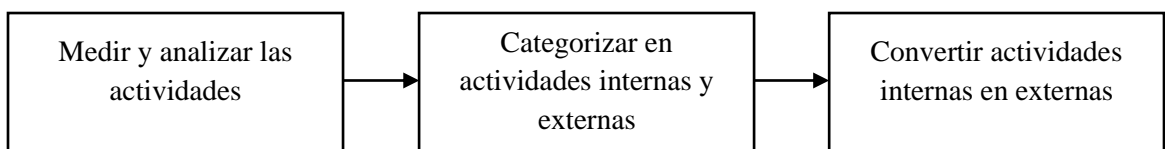
Slack *et al.* (2013) sugieren que “una idea central de la LS es el flujo fluido de elementos a través de procesos, operaciones y redes de suministro. Cualquier cuello de botella interrumpirá este buen progreso” (p. 486). Por lo tanto, es indispensable conocer cuál es el recurso de capacidad restringida en el proceso, y administrarlo según sean las necesidades de la organización. En DCM las prácticas de trabajo relacionadas con la administración de la capacidad están sujetas a decisiones basadas en criterio experto.

1.3.2.3 Tiempos de set up

Los tamaños de lote de producción pequeños son deseables, es por esto por lo que Cachon y Terwiesh (2013) mencionan que para hacer que estos sean técnicamente factibles, es indispensable que los tiempos de set up de las máquinas sean lo más cortos posible, lo que es posible alcanzar utilizando la técnica Single-Minute Exchange of Die (SMED) (p. 229). SMED es “una filosofía de reducción de tiempos de set up en lugar de solo encontrar el tamaño de lote de producción óptimo para los tiempos de set up dados” (Cachon & Terwiesh, 2013, p. 489). La siguiente figura muestra los pasos recomendados para aplicar la técnica SMED:

Figura 5

Pasos para reducir los tiempos de set up utilizando la técnica de SMED



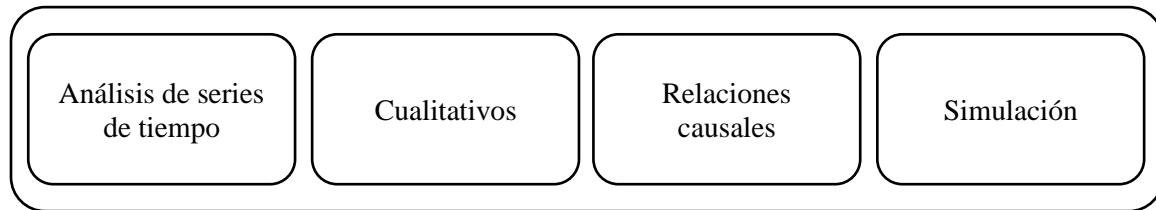
Nota: Tomado de *Operations management* (p.480), por N. Slack, A. Brandon-Jones y R. Johnston, 2013, Pearson Education.

1.3.2.4 Pronósticos de la demanda

La LS busca de forma aspiracional “satisfacer la demanda de forma instantánea” (Slack *et al.*, 2013, p. 466), por lo que es indispensable definir métodos de pronóstico adecuados que permitan estimaciones más precisas. En DCM se pronostica la demanda utilizando un promedio móvil simple de los despachos de inventario de las últimas ocho semanas. De acuerdo con Jacobs y Chase (2017), existen cuatro tipos de métodos para pronosticar la demanda, los cuales se muestran en la figura a continuación:

Figura 6

Métodos de pronóstico



Nota: Tomado de *Administración de operaciones*. (p.470), por F. Jacobs y R. Chase 2017, McGraw-Hill.

Asimismo, Castro (2008) hace hincapié en la conveniencia de mantener monitoreado y controlado el desempeño de los métodos de pronóstico y en que las buenas prácticas sugieren la utilización de modelos tanto cualitativos como cuantitativos de forma conjunta para la estimación de la demanda. Actualmente, en DCM no se efectúan prácticas de trabajo que incluyan actividades cualitativas que enriquezcan sus predicciones de la demanda, ni tampoco se monitorea el error de pronóstico que corresponde a “la diferencia entre la demanda real y la pronosticada” (Jacobs y Chase, 2017, p. 464).

Para la evaluación del desempeño del pronóstico, los autores Jacobs y Chase (2017) sugieren la aplicación de métodos como la desviación media absoluta (DMA) y el error porcentual medio absoluto (EPMA), en conjunto con la señal de rastreo (pp. 465-468). Además, Cachon y Terwiesh (2013) sugieren la medición de: 1) ventas perdidas esperadas, 2) ventas esperadas, 3) inventario sobrante esperado, 4) ganancias esperadas y 5) probabilidad de stock y desabastecimiento (pp. 255-258).

Por otro lado, Monsalve (2018) afirma que los pronósticos de la demanda permiten “afinar la toma de decisiones por parte de las gerencias de mercadeo, ventas, producción y operaciones” (p. 27), por lo que es indispensable que en su estimación participen todas las áreas involucradas.

La LS no solamente busca atender instantáneamente la demanda del consumidor, sino también la del propio proceso. Slack *et al.* (2013) establecen que “proporcionar solo y exactamente lo que se necesita y cuando se necesita suaviza el flujo y expone los desechos” (p. 478). En este sentido, tener disponible el material de empaque en la cantidad justa y el momento exacto es fundamental, y se puede lograr al balancear la LS con los requerimientos de materiales.

1.3.2.5 Programación de la producción

En el TPS la estabilidad de los procesos es clave y dos pistas que sugieren lo contrario son: 1) cambiar frecuentemente el plan cuando algún problema ocurre y 2) un alto grado de variación en las métricas de desempeño (Liker y Meier, 2006, p. 57). En DCM el cumplimiento del programa de producción tiene una variación del $\pm 36\%$, y existen cambios repentinos en el método de secuenciamiento utilizado.

Para lograr la sincronización de la producción, Slack *et al.* (2013) recomiendan nivelar los programas (Heijunka) tanto como sea posible y reducir la variabilidad. Esto significa que el mix y el volumen de producción entre varias etapas debería ser lo más constante posible (p. 481). Nivelar los programas en conjunto con tamaños de lote de producción pequeños tiene un efecto deseable, ya que “entregar

cantidades pequeñas con más frecuencia puede disminuir los niveles de inventario” (Slack *et al.*, 2013, p. 463).

Además, Slack *et al.* (2013) aconsejan la utilización de un modelo mixto en el cual “el principio de la programación nivelada se puede llevar más allá para dar una combinación repetida de resultados” (p. 483). La adopción de un modelo mixto depende de que los tamaños de lote de producción se acerquen a uno, que los tiempos de set up sean bajos y que el grado de nivelación sea alto (Slack *et al.*, 2013, p. 484). En general, existen dos elementos clave en la programación de la producción en los que este principio se ve reflejado: 1) el plan maestro de producción (MPS) y 2) el secuenciamiento.

Con respecto al primer elemento, es fundamental que en la elaboración del MPS intervengan las áreas de mercadeo, producción y logística, con el fin de velar por que lo estipulado en el documento se encuentre en línea con sus propios objetivos y, por ende, con los de la organización (Castro, 2008, p. 291). En DCM, el MPS es elaborado y revisado solamente por el área de producción.

En relación con el segundo elemento, algunas técnicas de jerarquización de trabajo según Jacobs y Chase (2017), son las siguientes: 1) primero entrar, primero en trabajarse (PEPT), 2) tiempo de operación más breve (TOB), 3) primero el plazo más próximo (PPP), 4) tiempo ocioso restante (TOR), 5) tiempo ocioso restante por operación (TOR), 6) proporción crítica (PC), 7) último en llegar, primero en trabajarse (ULPT) y 8) orden aleatorio o por capricho (pp. 594-595).

Es conveniente mencionar que la programación de la producción incide directamente sobre la utilización del proceso y de la capacidad y, por lo tanto, en la siguiente sección se amplía sobre esta temática.

1.3.2.6 Utilización del proceso y la capacidad

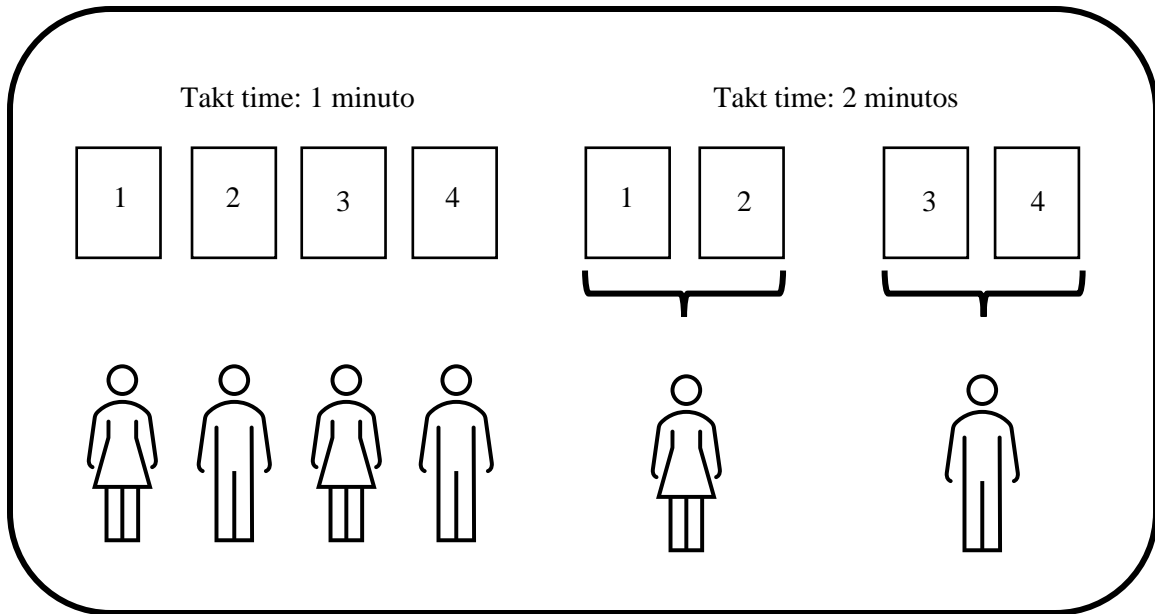
De acuerdo con Cachon y Terwiesh (2013) “la utilización es una medida de cuánto produce realmente el proceso en relación con cuánto podría producir si estuviera funcionando a toda velocidad (es decir, su capacidad)” (p. 41). Por su parte, Slack *et al.* (2013) afirman que “producir solo para mantener un alto nivel de utilización no solo no tiene sentido, es contraproducente, porque el inventario adicional producido simplemente sirve para hacer menos probables las mejoras” (p. 468). Por lo tanto, el enfoque de LS sugiere disminuir la utilización de la capacidad (p. 469). En la actualidad, la utilización promedio de las máquinas “uno” y “dos” en $(87.8 \pm 0.11) \%$ y el (80.4 ± 0.02) respectivamente.

1.3.3 Flexibilidad

El quinto elemento clave en la estructura clave TPS es la flexibilidad. Uno de los principales retos para DCM es poder suavizar los efectos indeseables que genera la entrada de pedidos inesperados de algún cliente significativo. Según Cachon y Terwiesh (2013), “dado que normalmente existen fluctuaciones en la demanda del mercado final, TPS intenta crear procesos con suficiente flexibilidad para hacer frente a dichas fluctuaciones” (p. 234).

Figura 7

Flexibilidad multitarea



Nota: Tomado de *Matching supply with demand: an introduction to operations management* (p.234), por G. Cachon y C. Terwiesh, 2013, McGrawHill.

El TPS opta por la flexibilidad multitarea para incrementar la adaptabilidad a nuevas condiciones sin adquirir nuevos recursos. Como se muestra en la Figura 7 (en la que se asume un minuto/unidad en cada estación), cuando el volumen de producción disminuye debido a una caída en la demanda, el TPS asigna colaboradores a otros procesos, mientras que, si la demanda se incrementa, se incorporan nuevos trabajadores de otros procesos con demanda baja para ayudar con la producción. Esta práctica de trabajo beneficia a DCM, debido a que actualmente se desea utilizar el recurso humano de las principales líneas de empaque en tareas manuales o en las líneas con baja utilización (Cachon y Terwiesh, 2013, p. 234).

1.4 Metodología general

A continuación, se presenta la metodología general que sirve como base para la elaboración de este proyecto. La Tabla 2 resume las actividades, herramientas y resultados esperados para las etapas de diagnóstico, diseño y validación.

Tabla 2*Actividades, herramientas y resultados para las etapas de diagnóstico, diseño y validación*

Capítulo	N°	Actividad	Herramientas	Resultados
Diagnóstico	1	Descripción del flujo y las interacciones en el proceso de producción.	-Diagrama de funciones cruzadas. -Revisión documental.	-Flujo e interacciones en el proceso de producción.
	2	Caracterización del subproceso de empaque.	-Diagrama de tortuga. -Revisión documental.	-Equipo requerido, involucrados en el subproceso, entradas, salidas, actividades, criterios de desempeño y documentos.
	3	Análisis de la comunicación y colaboración actual.	-Entrevista. -Encuesta.	-Estado de la comunicación entre los involucrados en el subproceso de empaque.
	4	Perfilado de los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque.	-Análisis estadístico. -Revisión documental. -Entrevista.	-Selección de los productos para dirigir el análisis. -Perfilado de: a) pronósticos, b) set up, c) utilización de la capacidad instalada, d) programa de producción, e) inventario de producto terminado.
	5	Determinación de las buenas prácticas recomendadas por la teoría.	-Revisión bibliográfica. -Entrevista.	-Sumario de buenas prácticas recomendadas por la teoría para: a) pronósticos, b) set up, c) utilización de la capacidad instalada, d) programa de producción, e) inventario de producto terminado.
	6	Evaluación de los aspectos clave con respecto a la teoría.	-Lista de chequeo. -Análisis estadístico.	-Nivel de cumplimiento de las prácticas de trabajo actuales con respecto a las buenas prácticas teóricas.
	7	Análisis de realidad actual del subproceso de empaque.	-ARA (diagrama de árbol de realidad actual).	-Causa principal que contribuye a los efectos encontrados en las etapas previas.

Capítulo	N°	Actividad	Herramientas	Resultados
Diseño	1	Redefinición del método de pronóstico y la comunicación de los resultados.	-Programación en R. -Análisis estadístico	-Nuevo método de pronóstico. -Instructivo para la elaboración, comunicación y control de los pronósticos.
	2	Rediseño de la nueva política de inventarios.	-Programación en R. -Revisión documental. -Análisis estadístico.	-Nueva política de inventarios basada en reducción de costos y aumento del nivel de servicio.
	3	Automatización de los requerimientos productivos.	-Programación en R. -Programación en Visual Basic.	-Módulo programado para convertir la demanda mensual en semanal.
	4	Corroboración de la idoneidad de los métodos.	-Análisis estadístico.	-Idoneidad de la política de inventarios. -Idoneidad del método de pronóstico. -Idoneidad del módulo para la determinación de necesidades productivas. -Idoneidad del método de control.
	5	Determinación de los requerimientos para la programación de la producción.	-Revisión documental. -Entrevista.	-Requerimientos para antes de realizar la programación. -Requerimientos para después de hacer la programación.
	6	Construcción y programación del modelo de optimización.	-Programación en Python. -Programación en Visual Basic.	-Modelo de optimización: a) variable de decisión, b) parámetros, c) variables auxiliares, d) argumentos del modelo de optimización, e) función de optimización y f) restricciones.
	7	Diseño del instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción.	-Revisión documental.	-Instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción.
	8	Corroboración integral de la idoneidad del nuevo método de programación de la producción.	-Análisis estadístico.	-Porcentaje de mejoría del indicador de utilización de la capacidad instalada.
	9	Determinación de los indicadores por controlar, la importancia de su monitoreo.	-Revisión documental.	-Indicadores por controlar.

Capítulo	N°	Actividad	Herramientas	Resultados
Diseño	10	Definición de método de control, planes de acción y medio de monitoreo.	-Revisión documental.	-Fichas técnicas para el control integral del MAPE, utilización y costo de horas extra. -Planes de acción en caso de que los indicadores excedan sus parámetros de control. -Medio de monitoreo incorporado a la herramienta programada.
Validación	1	Determinación de los parámetros operativos clave y diseño del caso de estudio para el subproceso de empaque.	-Entrevista.	-Parámetros de interés para el subproceso de empaque. -Caso de estudio aprobado por la contraparte.
	2	Capacitación del recurso humano sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas.	-Reunión. -Presentaciones didácticas. -Caso de estudio. -Herramienta programada.	-Personal capacitado para ejecutar los procedimientos y utilizar la herramienta. -Material audiovisual. -Bitácora de aprobación.
	3	Análisis de los resultados del caso de estudio.	-Análisis estadístico.	-Resultados de los indicadores de: a) MAPE, b) utilización, y c) costos de operación y horas extra.
	4	Comparación de las prácticas de trabajo en el escenario actual y propuesto.	-Análisis estadístico. -Caso de estudio.	-Nivel de cumplimiento de las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las buenas prácticas teóricas. -Porcentaje de mejoría entre las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las actuales.
	5	Análisis de los indicadores de éxito.	-Análisis estadístico. -Herramienta programada.	-Cambio logrado en el resultado de: a) el MAPE, b) la utilización, c) el CCE, y d) los costos de acarreo de inventario.

1.5 Cronograma de trabajo

La duración estimada en semanas para la ejecución del proyecto en sus tres etapas se presenta en la Tabla 3, que se muestra a continuación.

Tabla 3

Asignación de semanas para las actividades de cada etapa del proyecto

Etapa	Nº	Actividad	Semana inicial	Semana final
Diagnóstico	1	Descripción del flujo y las interacciones en el proceso de producción.	1	3
	2	Caracterización del subproceso de empaque.	3	5
	3	Análisis de la comunicación y colaboración actual.	5	6
	4	Perfilado de los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque.	6	11
	5	Determinación de las buenas prácticas recomendadas por la teoría.	11	13
	6	Evaluación de los aspectos clave con respecto a la teoría.	13	15
	7	Análisis de realidad actual del subproceso de empaque.	15	16
Diseño	1	Redefinición del método de pronóstico y la comunicación de los resultados.	16	18
	2	Rediseño de la nueva política de inventarios.	18	20
	3	Automatización de los requerimientos productivos.	20	22
	4	Corroboración de la idoneidad de los métodos.	22	23
	5	Determinación de los requerimientos para la programación de la producción.	23	24
	6	Construcción y programación del modelo de optimización.	24	27
	7	Diseño del instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción.	27	28
	8	Corroboración integral de la idoneidad del nuevo método de programación de la producción.	28	30

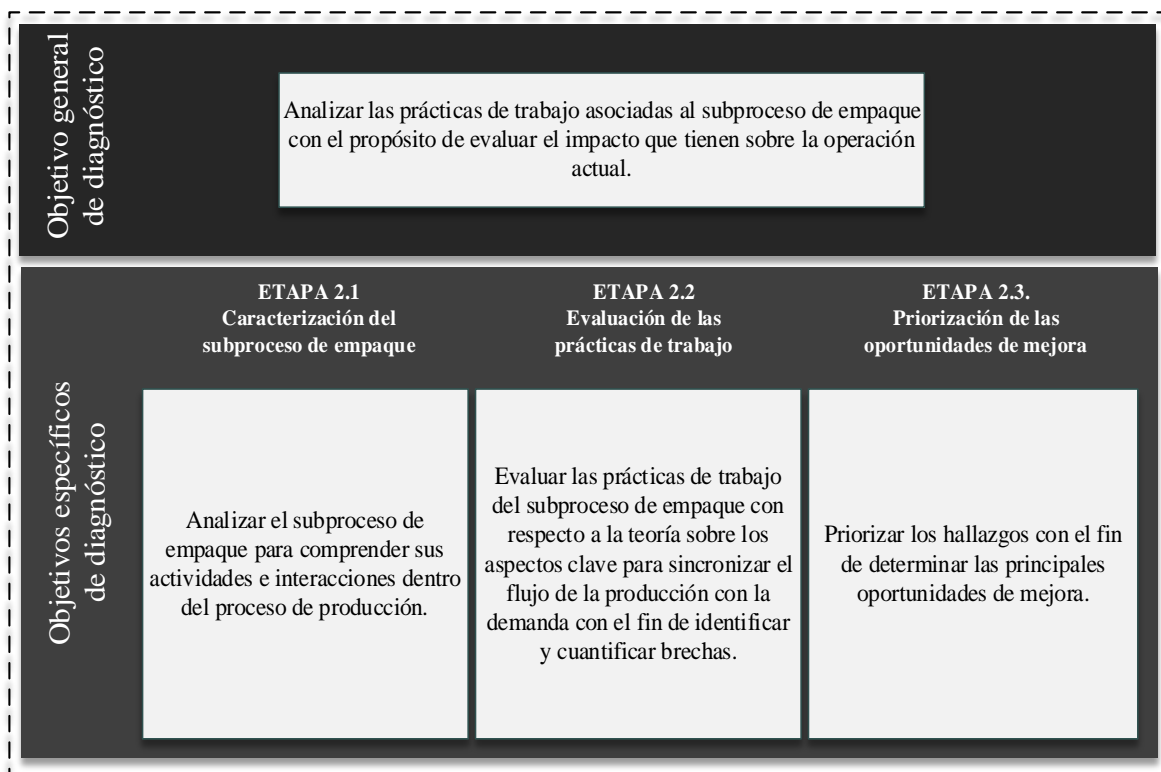
Etapa	Nº	Actividad	Semana inicial	Semana final
Diseño	9	Determinación de los indicadores por controlar, la importancia de su monitoreo.	30	31
	10	Definición de método de control, planes de acción y medio de monitoreo.	31	34
Validación	1	Determinación de los parámetros operativos clave y diseño del caso de estudio para el subproceso de empaque.	34	35
	2	Capacitación del recurso humano sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas.	35	37
	3	Análisis de los resultados del caso de estudio.	37	39
	4	Comparación de las prácticas de trabajo en el escenario actual y propuesto.	39	40
	5	Análisis de los indicadores de éxito.	40	41

Capítulo 2. Diagnóstico

Como resultado del análisis preliminar de las prácticas de trabajo asociadas al subproceso de empaque en DCM, se determina que estas comprometen la flexibilidad de la planta de producción, lo que ocasiona incumplimiento de metas e impactos negativos en los costos de operación y, por ende, se incrementa el riesgo de no ser capaz de sostener la promesa de servicio. Por tal razón, en este capítulo se amplía el análisis de las prácticas de trabajo en cuestión, para lo que se plantean los objetivos que se muestran en la Figura 8:

Figura 8

Objetivos de diagnóstico



Para lograr lo planteado en la figura anterior, se emplean como herramientas el diagrama de funciones cruzadas, la revisión documental, el diagrama de tortuga, la entrevista, la encuesta, el análisis estadístico, la revisión bibliográfica, la lista de chequeo y el diagrama de árbol de realidad actual.

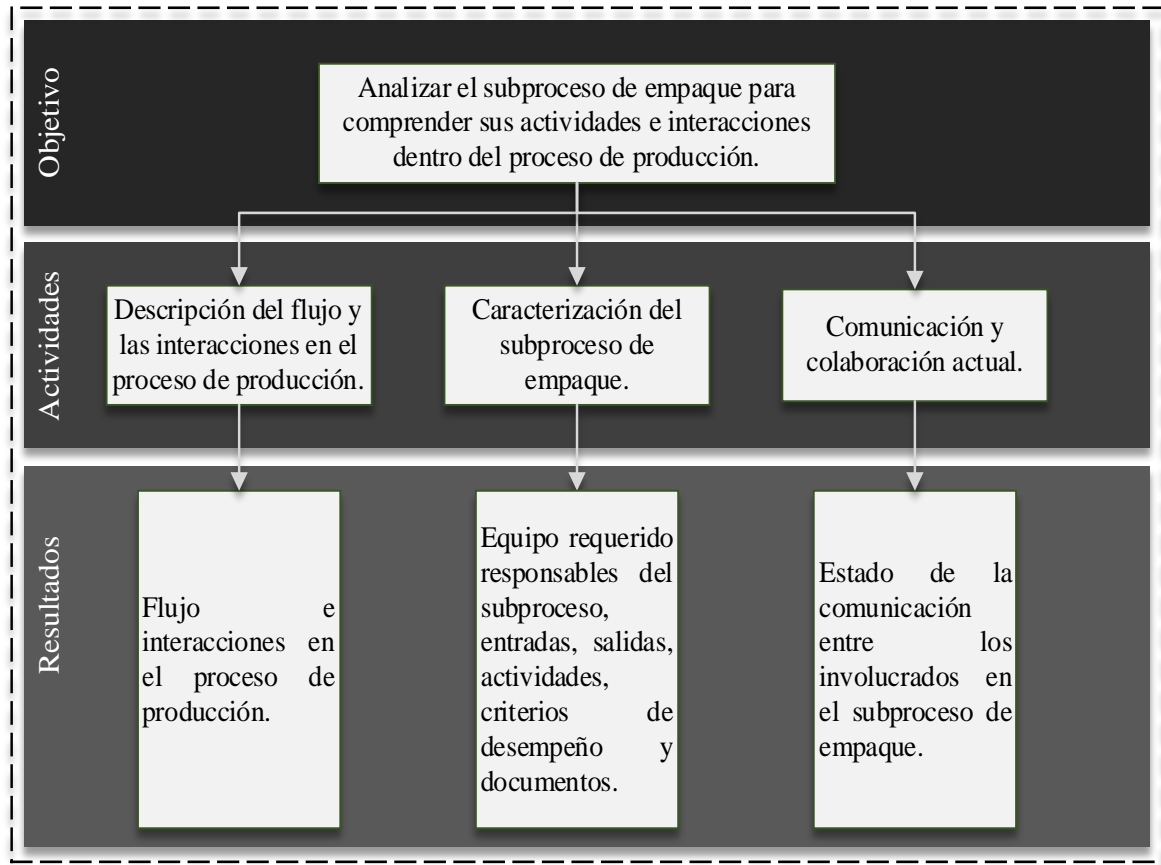
2.1 Caracterización del subproceso de empaque

En la primera etapa del diagnóstico se realiza un análisis cualitativo detallado del subproceso de empaque, enmarcándolo dentro del proceso de producción, con el fin de comprender sus principales características en cuanto al flujo, las interacciones, el equipo utilizado, las principales tareas de cada puesto involucrado, las entradas y salidas, los criterios de desempeño y la comunicación deseable

entre involucrados en el subproceso. Para esto, se emplea la metodología que se muestra en la Figura 9:

Figura 9

Metodología para la caracterización del subproceso de empaque



2.1.1 Descripción del flujo y las interacciones en el proceso de producción

El proceso de producción incluye los subprocesos de: 1) recibo, 2) tostado, 3) molido y 4) empaque. Es pertinente describir el flujo dentro de todo este proceso puesto que, aunque los primeros tres subprocesos no forman parte del alcance de este proyecto, interactúan con el de empaque, por lo que es indispensable contemplarlos de forma general, para entender el rol del subproceso de interés y sus vínculos dentro de la producción. Para lo anterior, se crea un diagrama de funciones cruzadas, que al igual que la descripción del flujo, se basa en la documentación obtenida del Sistema de Gestión de Calidad.

2.1.1.1 Diagrama de funciones cruzadas del proceso de producción

El flujo de trabajo e información en el proceso de producción inicia con el recibo de materia prima para posteriormente tostar, moler y empaquetar el café según las necesidades del cliente. Una vez que el café ha sido empaquetado, el producto terminado es transportado al almacén, lo que activa los procesos logísticos para la distribución y entrega a los clientes. En la Figura 10 se presenta un diagrama de funciones cruzadas siguiendo la simbología de la norma ANSI detallada en el Anexo 1.

Figura 10

Diagrama de funciones cruzadas del proceso de producción

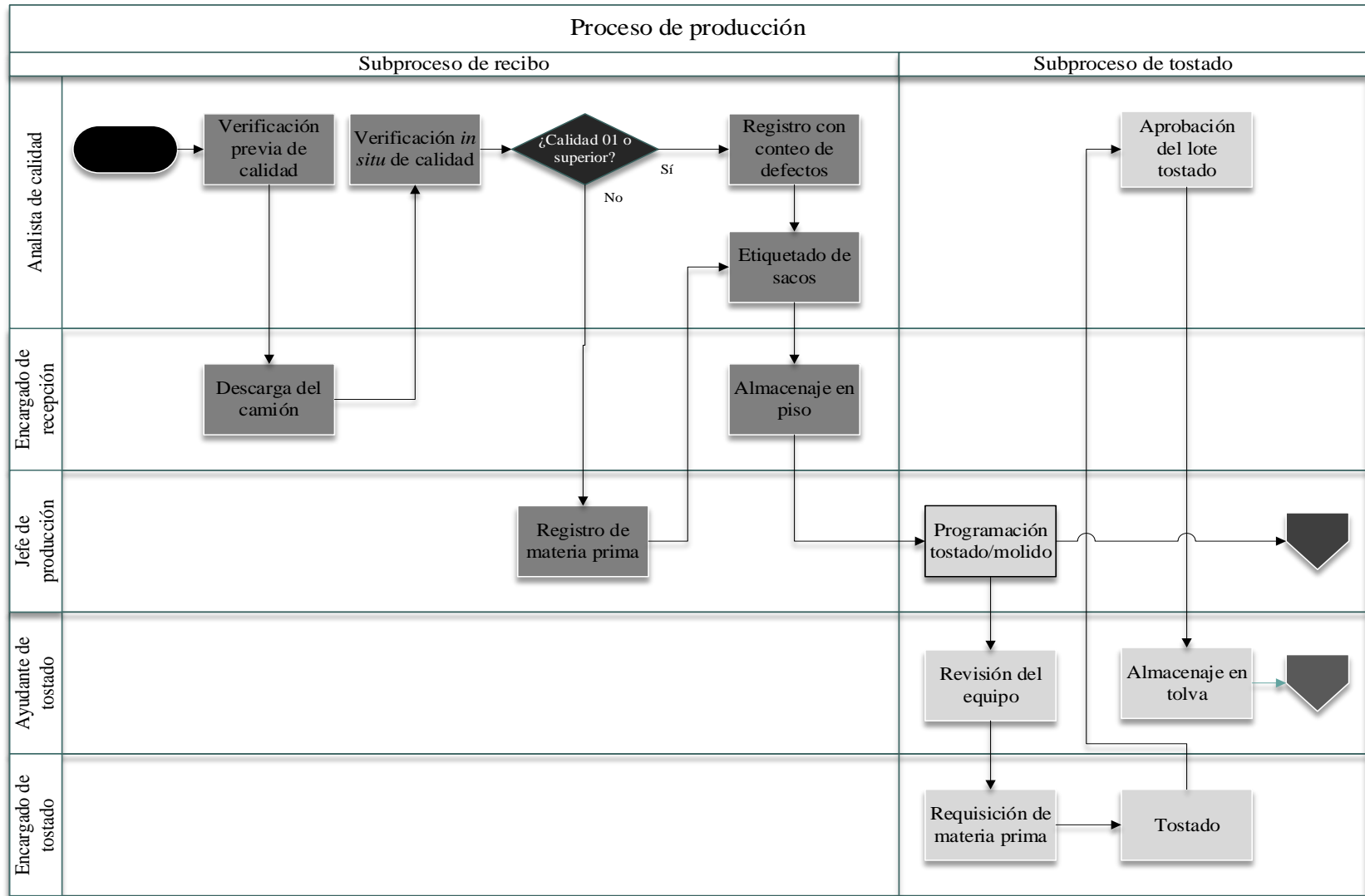
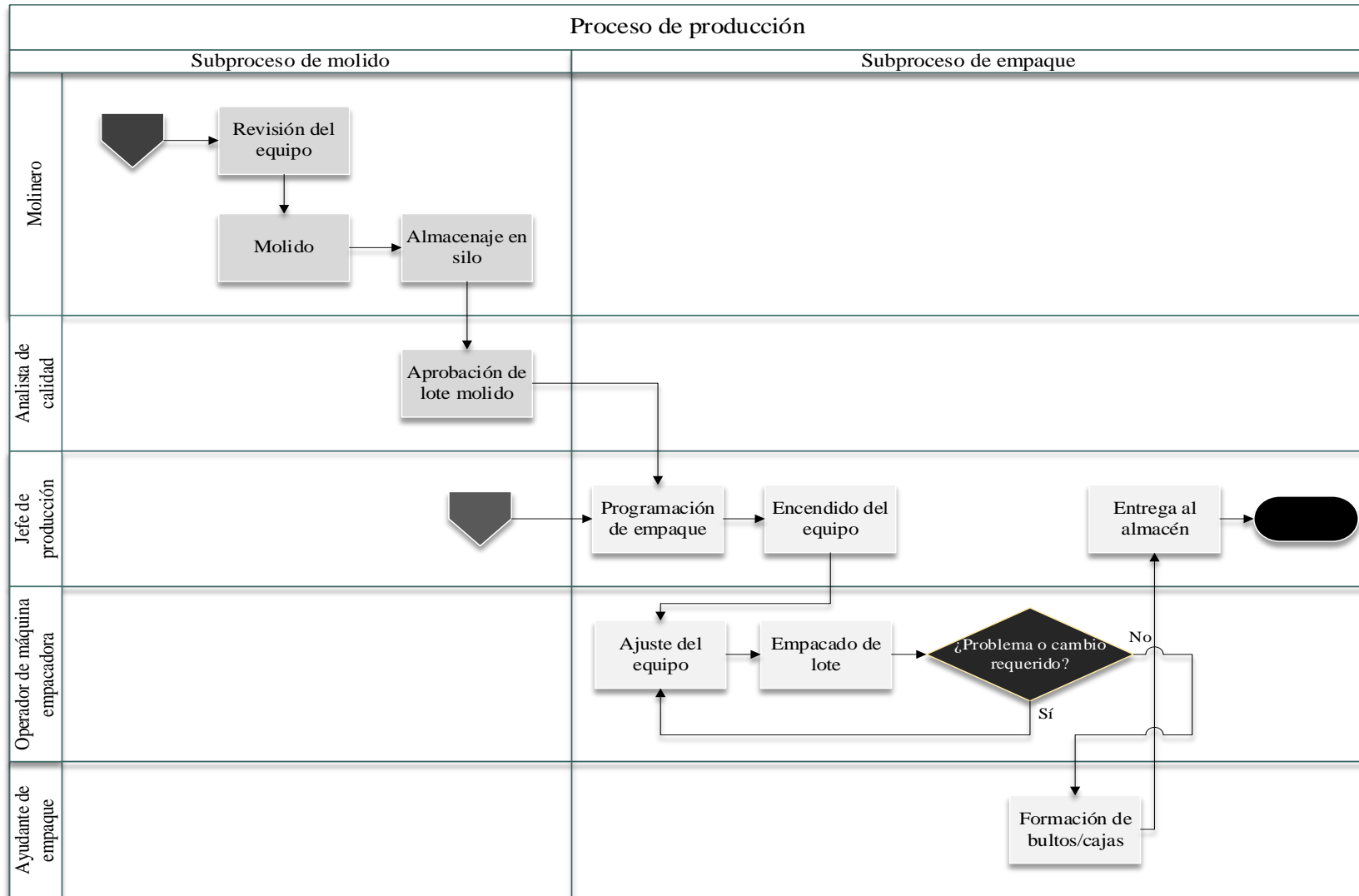


Figura 10

Diagrama de funciones cruzadas del proceso de producción (continuación)



2.1.1.2 Flujo e interacciones en el subproceso de recibo

El subproceso de recibo inicia antes de que se ejecute la compra del café verde, cuando el analista de calidad le solicita al proveedor una muestra para analizarla. Posteriormente, una vez que el envío de materia prima ha sido aprobado, el encargado de recepción descarga el camión, si las condiciones del vehículo cumplen los criterios establecidos por la empresa. Una vez realizado lo anterior, se procede a verificar la calidad in situ, para lo cual el analista cata una muestra representativa de todos los sacos recibidos, correspondiente a 350 g según el procedimiento P-AD-01 para el control de almacenamiento de café verde. A continuación, se registra la entrada de los sacos, actividad que es ejecutada por el analista si la calidad es 01 o superior, o bien, por el jefe de planta en coordinación con la gerencia, si es 02, 03 o 04. Seguidamente, se identifican los sacos con etiquetas verdes que incluyen el tipo de calidad, el tamaño del lote de producto terminado y la fecha de ingreso, para luego almacenarlos en piso.

2.1.1.3 Flujo e interacciones en el subproceso de tostado

Como primera actividad del subproceso de tostado el jefe de planta programa la producción. Es oportuno mencionar que esta programación va de la mano con la de molido y la de empaque, ya que la verificación que se lleva a cabo sobre los despachos de inventario es un insumo para las tres, por lo que el jefe de planta las ejecuta en paralelo, aunque las salidas son documentos con información, código y destinatarios diferentes. Además, la práctica de trabajo actual efectuada por el jefe de planta establece que la programación del tostado y el molido surge en función de las necesidades de productos que deben ser empacados y, por lo tanto, a partir de la programación de empaque, por lo que esta es una actividad transversal.

2.1.1.4 Flujo e interacciones en el subproceso de molido

El subproceso de molido da inicio cuando el molinero se encarga de comprobar el buen funcionamiento de los transportadores, los molinos, las zarandas y las mayras. Una vez efectuado lo anterior, el molinero debe verificar el silo en el que se almacenara el producto, con el fin de asegurarse de que hay espacio suficiente, que no existe café de otra calidad o receta, que la compuerta de carga esté abierta y que la de descarga esté cerrada. Seguidamente, el molinero comienza el molido automatizado según la programación, para luego transportar el café procesado a los silos correspondientes, en los que permanece almacenado a la espera de iniciar el subproceso de empaque. Es de vital importancia que el molinero se asegure de que el silo que emplea para el almacenaje es el correcto, ya que de esto depende el éxito de un inicio sin demoras del subproceso de empaque.

2.1.1.5 Flujo e interacciones en el subproceso de empaque

La primera actividad del subproceso de empaque es la programación, que como se menciona anteriormente, es ejecutada por el jefe de planta y se da de forma transversal con la del tostado y el molido. Posteriormente, se procede a encender el equipo, actividad que se lleva a cabo antes del inicio de la jornada laboral de los colaboradores de empaque. A continuación, el operador de la máquina se encarga de realizar los ajustes necesarios tomando en cuenta la programación de la producción, para luego dar inicio al empacado. Además, mientras se empaca el café, el analista de calidad toma muestras para verificar el cumplimiento de las características del producto.

Si mientras se empacan el café el operador nota algún problema de calidad en el empaque, o alguna otra situación que amerite ajustar la máquina, entonces debe ejecutar esa acción, para lo que podría

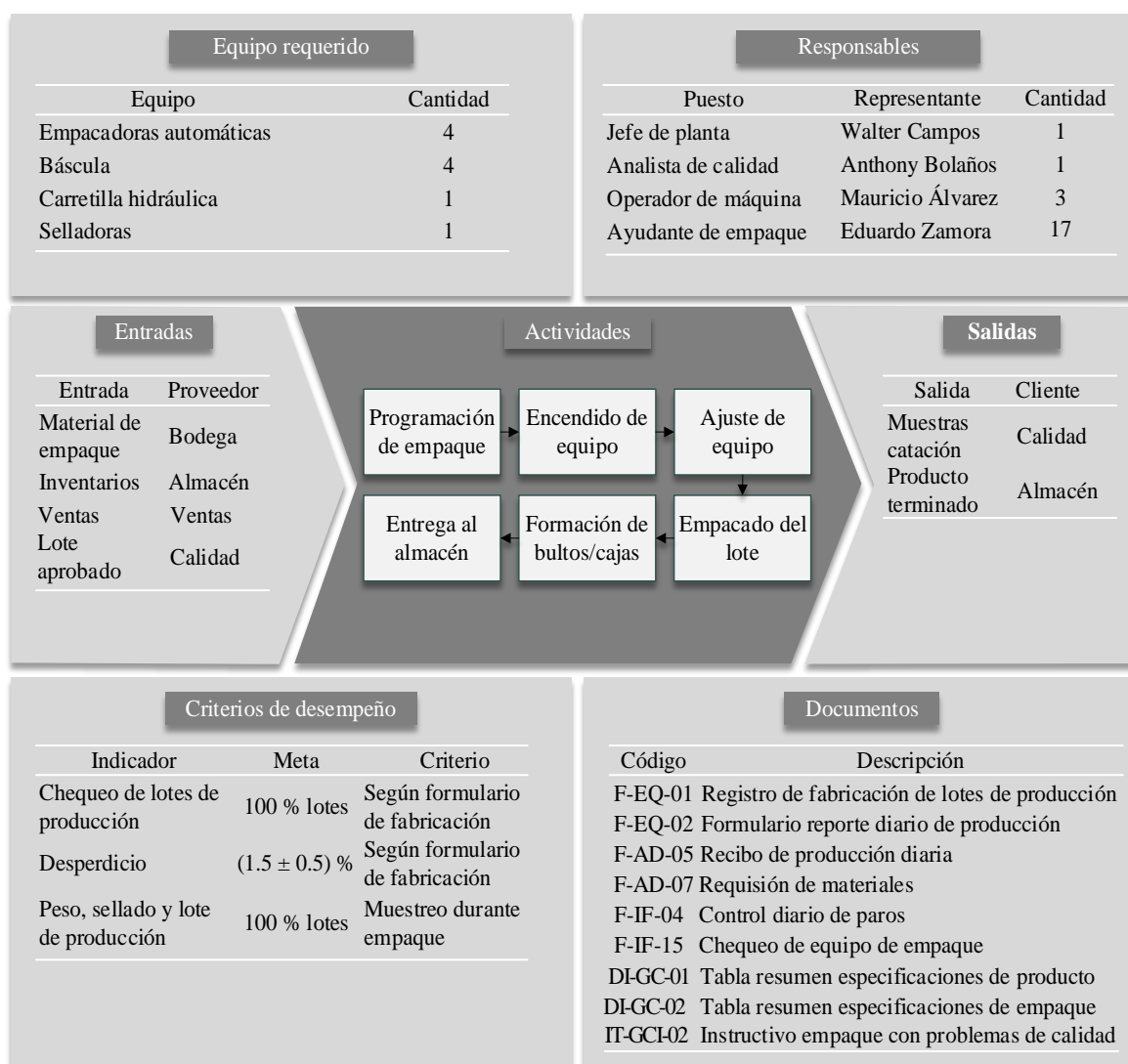
requerir que se detenga la línea. Seguidamente, el ayudante forma los bultos o las cajas según las especificaciones del producto que se está empaquetando y se estiban en las tarimas. Una vez que los lotes de producto terminado estén completos o la jornada laboral acaba, el jefe de planta entrega al almacén principal las tarimas con el producto terminado.

2.1.2 Caracterización del proceso de empaque

En la sección anterior se describe el flujo e interacciones en el proceso de producción. A partir de esto, es posible determinar las personas involucradas en el subproceso de empaque, sus entradas, salidas y actividades. Asimismo, mediante la revisión del documento FP-EQ Mapa de proceso de empaque del sistema de gestión de calidad de la empresa, se determinan los criterios de desempeño y los documentos que se generan en el subproceso. Esta información se resume en el diagrama de tortuga que se muestra a continuación:

Figura 11

Caracterización del subproceso de empaque



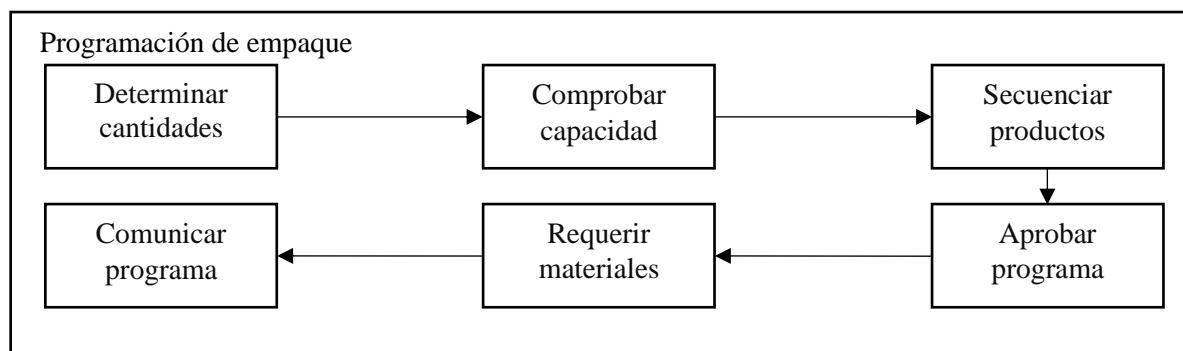
En este apartado se describen y analizan más detalladamente las actividades del subproceso de empaque que resultaron de su caracterización y que se muestran en la Figura 12. Además, se lleva a cabo un análisis del valor que agregan al proceso de producción, y se determinan las áreas y responsables relevantes que participan en el subproceso y que deben mantener una relación de colaboración constante, así como una comunicación eficaz.

2.1.2.1 Programación de empaque

Esta actividad usualmente se ejecuta los lunes y tiene una duración de una hora. Como se menciona anteriormente, la programación de empaque se da en forma paralela con la de tostado y molido, debido a que el análisis de necesidades de producción se realiza en conjunto, pero como las características de cada actividad varían, se programa según las propias particularidades operativas de cada subproceso. La programación de empaque es más compleja, debido a que existen al menos 100 productos posibles de programar y secuenciar, mientras que para tostado y molido, la programación se basa en kilogramos netos según dos tipos de recetas establecidas: 1) puro y 2) torrefacto. La siguiente figura muestra las principales tareas de la programación de empaque:

Figura 12

Tareas de la programación de empaque



La primera tarea consiste en determinar la cantidad de producción requerida para cada producto. Para esto, se emplea el volumen en kilogramos, correspondiente a los despachos reales del inventario de producto terminado en las últimas ocho semanas, para luego calcular un promedio simple semanal de estos movimientos. Posteriormente, se determina cuántas semanas de inventario se poseen al presente, dividiendo el inventario actual en bodega entre el promedio semanal calculado.

Una de las acotaciones más importantes que el jefe de planta hace con respecto a esta tarea, es que para el cálculo se asume que los inventarios en bodega están actualizados. Sin embargo, este no siempre es el caso. Cuando se actualiza el sistema para descargar la información, no hay seguridad de que todos los datos necesarios hayan sido digitados por parte de despacho (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

La principal inquietud es la de los pedidos de las rutas de ventas, ya que su digitación, en ocasiones, se demora debido a algunas situaciones como: 1) atrasos en la digitación de la producción diaria y 2) disponibilidad en el sistema Integratum de productos terciarios que no tienen relación directa con el

proceso de producción. La situación anterior afecta los datos de inventarios, y, por ende, a la programación de empaque, lo que la vuelve susceptible a cambios indeseables en el futuro.

También es importante que la encargada de despacho haya aprobado en el sistema de información Integratum los movimientos de producción diaria, tarea que normalmente lleva un día de atraso. Si estos movimientos no están aprobados en el momento en que se programa la producción, la herramienta podría sugerir que se produzca una cantidad de kilogramos incorrecta para satisfacer dos semanas de inventario, que corresponde al mínimo establecido por una decisión de la jefatura. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de que exista una alta coordinación entre la encargada de despacho y el jefe de planta y lo prioritario de mantener los datos actualizados.

Una vez calculadas las semanas de inventario disponibles, se determina cuántas se requieren para alcanzar el mínimo de dos, mediante una diferencia entre lo requerido y lo disponible que luego se multiplica por la cantidad semanal de kilogramos promedio, registrados como salidas del inventario de bodega en las últimas ocho semanas. De esta manera, el sistema Integratum sugiere la cantidad de kilogramos de café por producir para alcanzar la meta de inventario mínimo. El jefe de planta recalca, en repetidas ocasiones que un incremento en la cantidad de semanas de inventario que puede almacenar mejoraría la situación que provoca cambios en los programas, debido a la variabilidad en el ingreso de pedidos (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021). No obstante, este pensamiento “de prevención” es contrario a lo recomendado por LS.

Seguidamente, en función de las cantidades que la herramienta recomienda producir, el jefe de planta hace un redondeo a partir de su criterio y las necesidades del negocio que haya identificado para el periodo. Esta valoración le permite establecer si es necesario elaborar, para esa semana, algún producto adicional a los sugeridos por la herramienta, o si más bien es posible que, basado en su experiencia, criterio o por notificación anticipada por parte de la gerencia, no se deba producir alguno de los productos recomendados. Esto representa una tarea manual ardua, lo que acrecienta la necesidad de que los cambios futuros en el programa sean pocos. Es importante mencionar que estos ajustes, de ocurrencia frecuente, según el jefe de planta, no se documentan (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

A continuación, el jefe de planta analiza a cuántos días de producción corresponden las cantidades recomendadas por la herramienta, con el fin de verificar la factibilidad de producir lo sugerido, esto según la utilización de la capacidad instalada de las máquinas de empaque. La cantidad se ajusta según lo que resulte más conveniente de acuerdo con el criterio del jefe de planta, ya que se cree que, debido al tiempo que conlleva alistar el equipo, es preferible hacer más unidades de las que se requieren, nuevamente, “por prevención”.

Posteriormente, se clasifican y se secuencian manualmente los requerimientos de producción por producto, por día y por máquina, tomando en cuenta la prioridad de producción, considerando las fechas de entrega más prontas o la necesidad de levantar inventario de productos que rotan a un ritmo mayor. El jefe de planta afirma que mucho de su criterio se basa en lo que la encargada de despacho le comunique, ya que siempre se busca satisfacer las necesidades del proceso logístico, en el cual se gestionan las entregas de los clientes de canal moderno, quienes son prioritarios para DCM (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

Una vez que se haya secuenciado, el programa es transferido al gerente de producción con el fin de contar con su consentimiento, para luego requerir los materiales mediante el documento F-AD-07 Formulario de requisición de materiales, que se le envía a la encargada de despacho, persona responsable de gestionar los materiales. En caso de que no haya material disponible, se debe modificar la programación; no obstante, esto ocurre en raras ocasiones, por lo que no representa un problema real (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

Finalmente, se les comunica el programa de producción al operador de máquina y a los ayudantes de empaque. Es importante mencionar que anteriormente se daba impreso el documento y se le facilitaba una copia al operador. Sin embargo, el jefe de planta indica que, debido a que, actualmente la programación está sujeta a numerosos cambios, es preferible que la comunicación sea en tiempo real (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

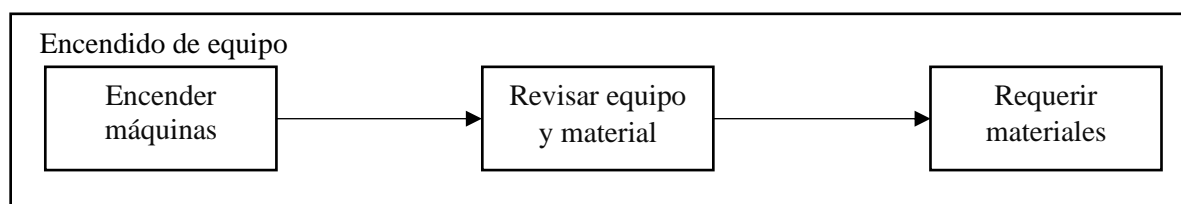
2.1.2.2 Encendido de equipo

La segunda actividad del subproceso de empaque consiste en poner en marcha el equipo. Para esto, el jefe de planta, 30 minutos antes del inicio de la jornada laboral de los colaboradores de empaque, enciende las máquinas, para que los equipos estén calientes al momento en que los trabajadores lleguen a la planta y, así, puedan revisar el equipo sin más demoras. Esta acción proactiva, que no le resta tiempo significativo al jefe de planta, tiene un impacto positivo en la eficiencia de las máquinas empacadoras ya que, si se ejecuta dentro de la jornada laboral de los colaboradores de empaque, es tiempo improductivo.

Posteriormente, el operador de máquina verifica el estado de las empacadoras y lo registra en el formulario F-IF-15 Chequeo del equipo de empaque, al tiempo que se asegura de contar con suficiente material. De no ser así, debe llenar el formulario F-AD-07 para solicitar el restante necesario. La siguiente figura resume las principales tareas que se llevan a cabo durante el encendido del equipo:

Figura 13

Tareas del encendido de equipo

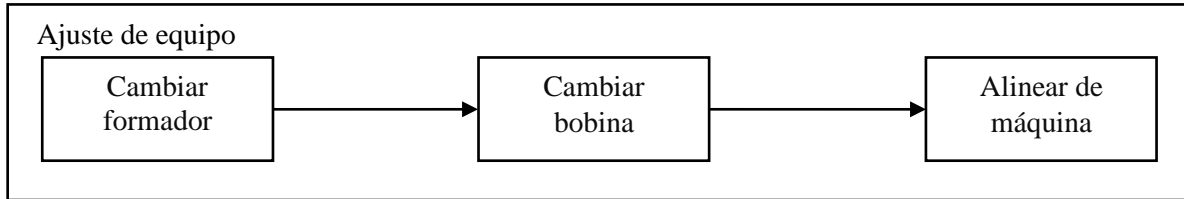


2.1.2.3 Ajuste de equipo

Como tercera actividad, el operador de la máquina debe realizar los ajustes o cambios al equipo que sean pertinentes, según el producto por producir, de acuerdo con el documento DI-GC-01 Tabla de resumen de especificaciones de producto. La siguiente figura extracta las tareas correspondientes al ajuste de equipo en DCM:

Figura 14

Tareas del ajuste de equipo



Como se puede observar en la figura anterior, existen tres tipos principales de ajuste: a. cambio de formador, b. cambio de bobina y c. alineamiento de máquina.

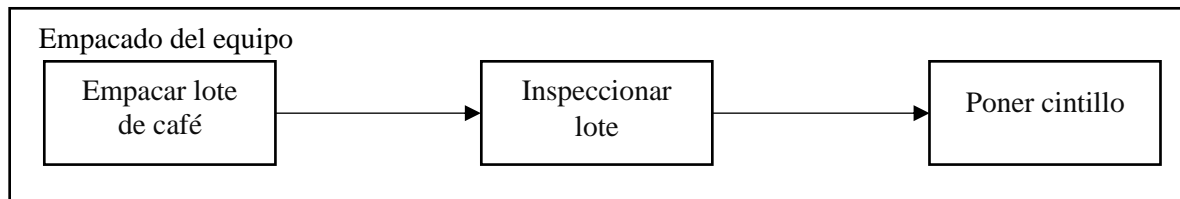
- a. Cambio de formador: consiste en reemplazar el instrumento de las máquinas que les da forma a los empaques de café. Esto no es posible realizarlo en la máquina “dos” debido a la falta de una pieza conocida como “puntas” (M. Álvarez, comunicación personal, 12 de marzo de 2021) por lo que esta máquina solo puede procesar café torrefacto.
- b. Cambio de bobina: se da cuando se debe pasar de un producto a otro que tiene una presentación de empaque diferente, o bien, cuando se acaba la bobina de material que está siendo utilizada para empacar. Es un ajuste corto que tarda tres minutos y lo realiza el operador de la máquina. Debido a que es rápido, fácil e indispensable, no se registra, ya que no representa retrasos significativos en las actividades.
- c. Alineamiento de máquina: cada vez que se cambie el formador o la bobina, el operador de la máquina debe alinearla para cumplir con los parámetros del documento DI-GC-01. Esta es una labor ardua y basada en prueba y error, por lo que es altamente variable. En algunas ocasiones es posible ejecutarla con la máquina en marcha, pero eso depende del criterio del operador.

2.1.2.4 Empacado del café

Una vez que el analista de calidad haya aprobado el lote de café molido y las máquinas estén listas, el operador inicia a empacar. Esta actividad es el enlace que existe entre el empaque y el molido, porque las máquinas se alimentan del café que se encuentra en el silo, resultado del subproceso anterior. El tiempo que tardan las máquinas en ejecutar esta tarea depende del producto que se esté empacando. En la figura que se muestra a continuación se resumen las tareas que se llevan a cabo.

Figura 15

Tareas del empaqueo de lote de café



Como parte de la tarea de empaquetar el lote, el operador de la máquina se encarga de completar el formulario F-EQ-02 Reporte diario de producción y el F-IF-04 Control diario de paros. En el primero se deben anotar las bobinas utilizadas para completar cada orden de producción, esto por razones de trazabilidad. Si hay sobrantes de bobina al finalizar la jornada, se deben etiquetar e indicar en el formulario F-EQ-02.

Mientras las máquinas envasan el producto, el operador revisa constantemente los empaques, asegurándose de que el sello, el peso, el número de lote de producto terminado, la fecha de vencimiento, el volumen del café y el alineamiento del empaque estén correctos. Si no es así, entonces se encarga de realizar los ajustes que sean necesarios en la máquina. La evidencia de estas verificaciones se plasma en el formulario F-EQ-01 Registro de fabricación de lote de producción.

Con respecto al desperdicio de empaque, en el 2020 se desecharon en promedio por día (2.5 ± 1.9) kilogramos de empaque, lo que representa un nivel promedio de desperdicio diario del (1.05 ± 0.74) %. No obstante, el nivel de desperdicio se mantiene dentro del rango establecido según las metas organizacionales mostradas en la Figura 11.

Por otra parte, en el caso de que sea necesario producir paquetes con varias unidades se debe poner el cintillo alrededor de los productos antes de formar el bulto o la caja. Según observaciones realizadas, los ayudantes de empaque efectúan esta tarea a un ritmo apropiado y sin acumulación significativa de inventario, lo que sugiere que la mano de obra es suficiente para llevar el ritmo impuesto por la máquina. En caso de que no se necesite formar paquetes, se procede con los bultos o las cajas, según sea el caso. La Figura 17 hace referencia a un paquete de dos unidades que se ha creado mediante la colocación de un cintillo, en adelante llamados packs.

Figura 16

Paquete con cintillo

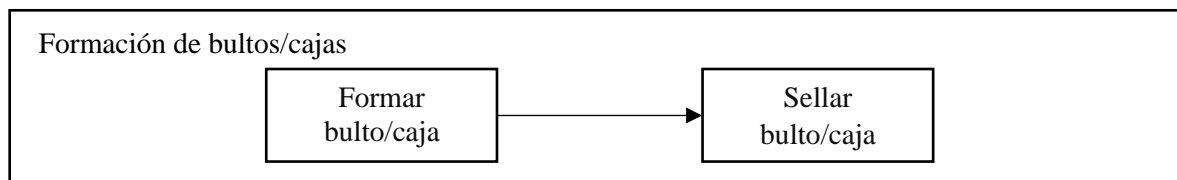


2.1.2.5 Formación de bultos/cajas

La siguiente actividad corresponde a agrupar las unidades en bultos o en cajas, según corresponda. Para lograr lo anterior, se llevan a cabo dos tareas principales, las cuales se muestran en la figura que se expone a continuación:

Figura 17

Tareas de la formación de bultos/cajas



Esta actividad es ejecutada por hasta dos ayudantes de empaque, quienes usualmente están ubicados al final de cada línea. Estas personas se encargan de ingresar los productos en una bolsa plástica según el documento DI-GC-02 Tabla de resumen para especificaciones de empaque, en caso de que sea un bulto, o bien, en la caja, para posteriormente proceder a sellarlas y estibarlas. Finalmente, las tarimas se embalan para luego ser llevadas al área de espera, con el propósito de ser transportadas al almacén de producto terminado.

2.1.2.6 Entrega al almacén

Una vez que los bultos y las cajas están correctamente estibados en las tarimas, el jefe de planta le entrega a la encargada de despacho, el formulario firmado F-AD-05 Recibo de producción diaria. Luego de la verificación del documento, se firma para confirmar el recibido. Finalmente, el producto final es transportado a la bodega principal para su almacenamiento mediante una carretilla hidráulica. En bodega, la persona responsable utiliza el documento F-AD-05, como insumo para actualizar los inventarios disponibles en el sistema. Esta etapa de actualización es crítica, ya que impacta directamente las futuras programaciones de producción.

2.1.3 Comunicación y colaboración actual

A partir de la sección anterior, se determina que debe existir una comunicación y colaboración constante entre el jefe de planta, el analista de calidad, los operarios de máquina y los ayudantes de empaque. Además, está la importancia de que logística, mercadeo, ventas y producción participen de forma sinérgica principalmente, debido al impacto sobre la programación y las líneas de empaque a causa de desfases de información, actualización de datos o bien, productos adicionales planeados por mercadeo y ventas.

Al consultar sobre este tema al jefe de planta, muestra su satisfacción al mencionar que en producción la comunicación es fluida y sin contratiempos (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo del 2021). No obstante, acota que, en el tema de colaboración, el ausentismo por parte de los ayudantes de empaque genera condiciones indeseables, ya que es normal que en un día laboral se ausente al menos un colaborador, lo que presiona al sistema (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo del 2021).

Por otra parte, al solicitarles a las personas responsables de las áreas de logística, mercadeo, ventas y producción que evalúen la frecuencia con la que las otras tienen presente su opinión, cuando se debe tomar una decisión que afecta directamente sus procesos, con el fin de garantizar una decisión consensuada, la opción “casi siempre” obtiene un 67 % de las respuestas mientras que “casi nunca” un 33 %. Las otras opciones disponibles, “nunca” y “siempre”, no fueron seleccionadas.

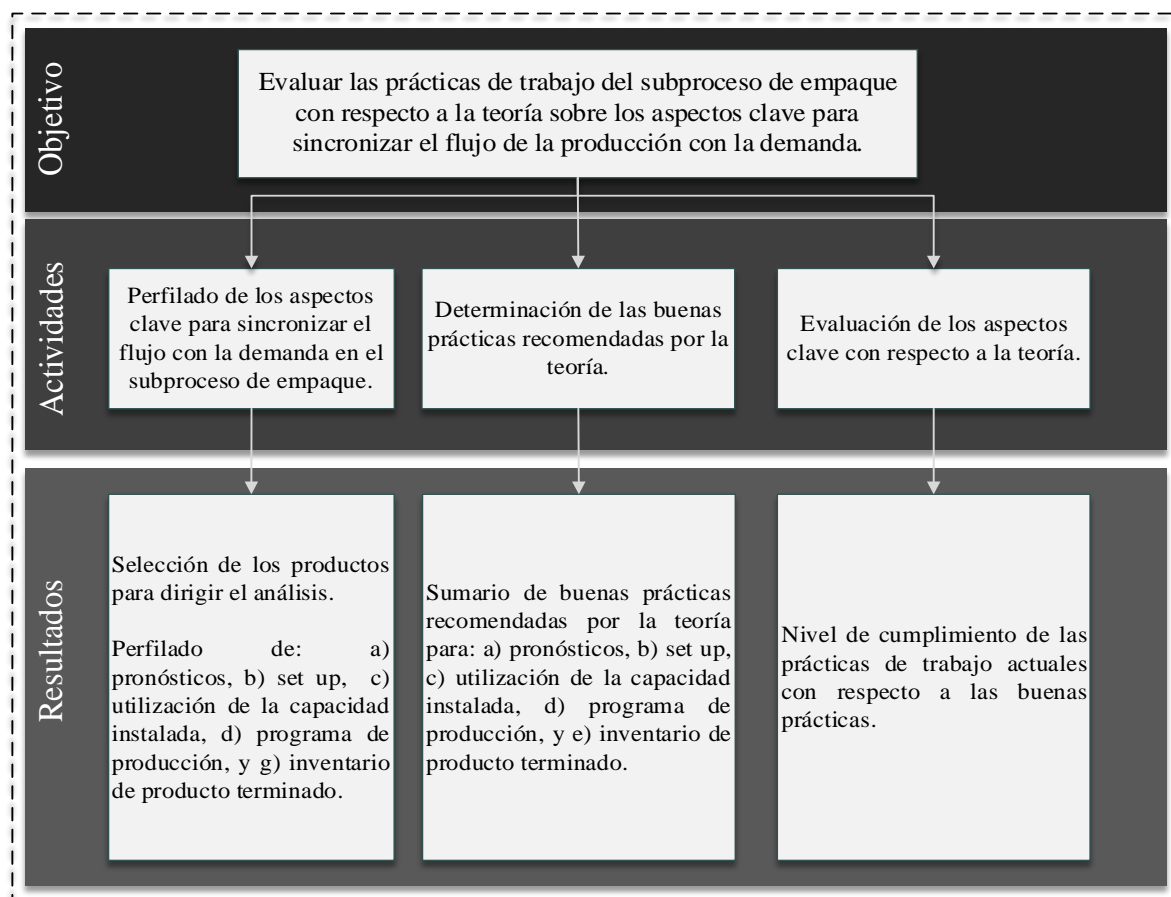
Al desagregar la información, se observa que las respuestas “casi nunca” ocurren principalmente porque hay una oportunidad en la comunicación y colaboración con mercadeo y ventas. Lo anterior es relevante, ya que, según el jefe de planta, son algunas de las decisiones que se toman en esa área y la falta de comunicación las que en ocasiones generan efectos indeseables en el subproceso de empaque (W. Campos, comunicación personal, 12 de marzo de 2021).

2.2. Evaluación de las prácticas de trabajo relacionadas con los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque.

En la segunda etapa del diagnóstico se lleva a cabo una evaluación de las prácticas de trabajo relacionadas con los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda del subproceso de empaque. Las principales variables corresponden a: a) pronósticos, b) set up, c) utilización de la capacidad instalada, d) programa de producción, y f) inventario de producto terminado. Para lograr lo anterior, se utiliza la metodología que se muestra en la siguiente figura.

Figura 18

Evaluación de las prácticas del subproceso de empaque



2.2.1 Perfilado de los aspectos clave para sincronizar el flujo con la demanda en el subproceso de empaque.

La primera actividad de esta etapa corresponde al perfilado de los pronósticos, el set up de las máquinas, la utilización de la capacidad instalada, el programa de producción y el inventario de producto terminado. A continuación, se seleccionan los productos representativos para realizar el análisis, y posteriormente se detalla cada uno de los elementos por analizar.

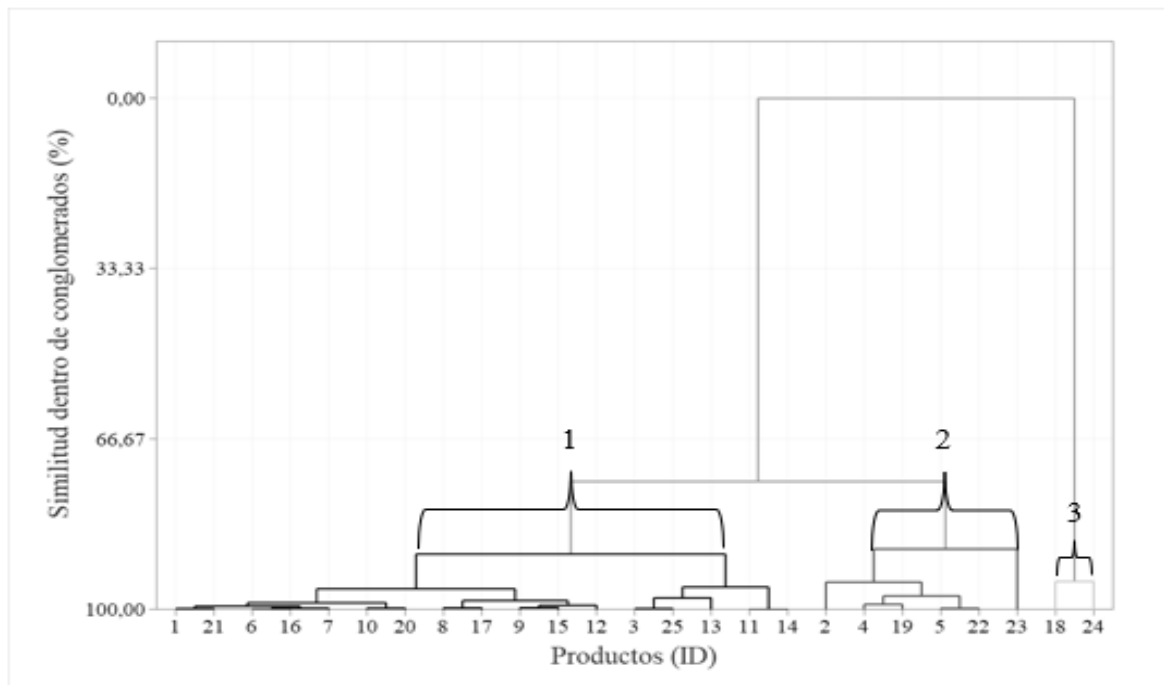
2.2.1.1 Selección de productos para dirigir el análisis

En esta sección se busca elegir los productos que permitan extrapolar los resultados del análisis a sus pares semejantes, para lo que se efectúa un análisis multivariado, con el fin de crear conglomerados en los que se clasifiquen los productos en grupos de acuerdo con su similitud. Como criterios de agrupamiento se considera el volumen vendido entre el año 2018 y el 2020, si los productos llevan cintillo o no, si se empaican en bulto o en caja, y la máquina por la que son procesados más frecuentemente, de acuerdo con los informes de producción del año 2020.

Por razones de confidencialidad, los nombres reales y el SKU se codifican para trabajar con números de observación, a lo que se le asigna el nombre de ID. A partir de lo anterior se obtiene el resultado que se muestra en la siguiente figura, en la que cada color representa un conglomerado diferente, con similitudes del 89.14 %, 88.18 % y 94.54 % para el negro, el gris oscuro entre los productos ID 2 y 23 y el gris claro entre los productos ID 18 y 24; respectivamente.

Figura 19

Conglomerados de productos por similitud



Según Schellenberg (2018), para analizar un proceso en caso de que existan varios productos, es deseable utilizar el que se fabrica en mayor volumen. Por lo tanto, una vez determinados los

conglomerados, se elige para cada grupo el producto que cumpla esta característica. La siguiente tabla muestra los elementos seleccionados para dirigir el análisis de los indicadores.

Tabla 4

Productos seleccionados en cada conglomerado

Conglomerado	Color	Producto seleccionado (ID)
1		13
2		23
3		18

2.2.1.2 Perfilado actual de pronóstico en DCM

El primer elemento por analizar es la manera en que se llevan a cabo los pronósticos en DCM. Chapman (2006) afirma que "todo pronóstico debe contener dos números: el pronóstico en sí mismo y el estimado de error" (p.36). De tal forma que para el perfilado actual y la evaluación de esta variable se toman en cuenta los aspectos de interés sugeridos por Chapman: el método de pronóstico y el error.

2.2.1.2.1 Método de pronóstico

A nivel de método cuantitativo, en DCM se utiliza una herramienta en Excel que les permite identificar cuál es la cantidad requerida para cada uno de los productos, con el fin de completar dos semanas de inventario. En este cálculo se utiliza un promedio móvil simple de las últimas ocho semanas de los despachos de inventario para determinar las unidades que se deben producir. Esta es la forma de pronosticar los requerimientos de producto para satisfacer la demanda.

Chapman (2006) afirma que "con la utilización de un promedio móvil simple el pronóstico siempre quedará rezagado en relación con toda la demanda real. Modelos como el de promedios móviles simples por lo general no deben utilizarse para pronosticar la demanda, cuando la información claramente sigue algún tipo de tendencia" (p.28). En DCM se generaliza el mismo método de pronóstico para todos los SKU sin contemplar su tendencia. Por ejemplo, el producto ID 13, representativo de un conglomerado, posee un comportamiento decreciente entre los años 2018-2020 y con proyecciones sobrepronosticadas que implican un 36 % de producción no vendida al cabo del 2020, lo cual se traduce en \$ 155,326.47 por acarreo de inventario, lo que equivale al 1.7 % de los costos totales de las ventas del 2020.

Por otro lado, a nivel cualitativo, en DCM se integra el método de pronóstico conocido como criterio informado, el cual "lo puede realizar un individuo con base en la experiencia, o hechos acerca de la situación. No se emplean métodos rigurosos" (Schroeder *et al.*, 2011, p.248). Este método se utiliza para determinar el ajuste que se les asigna a las cantidades requeridas estimadas por la herramienta de Excel de la organización.

2.2.1.2.2 Error de pronóstico

En DCM no se toma en consideración ni se brinda seguimiento al error de pronóstico que, según Schroeder *et al.*, puede aplicarse para los siguientes propósitos:

- a. “Vigilar las observaciones erráticas de la demanda o los valores atípicos, los cuales deben evaluarse cuidadosamente y, tal vez, extraerse de los datos.
- b. Determinar el momento en el que el método de pronóstico ya no le da un seguimiento a la demanda real y, por lo tanto, debe configurarse nuevamente” (Schroeder *et al.*, 2011, p.248).

De acuerdo con los datos de ventas suministrados y el volumen producido para el año 2020, se presenta la siguiente tabla, que muestra el MAPE y la señal de rastreo para los tres productos representativos.

Tabla 5

Error de pronóstico

Producto	MAPE (%)	Estado	Porcentaje de meses fuera de la señal de rastreo (%)
ID 13	32.05 ± 24.38	Sobrepronosticado	17
ID 23	53.15 ± 26.26	Sobrepronosticado	58
ID 18	12.27 ± 6.34	Sobrepronosticado	25

Es posible observar que el error de pronóstico afecta mayormente al conglomerado del producto ID 23 y al del ID 13, los cuales poseen un MAPE por encima del 30 %. De acuerdo con Ghiani *et al.* (2004), si el MAPE es mayor que el 30 %, entonces la técnica de pronóstico es pobre (p.65). En este caso, el ID 23 ha producido más inventario del necesario todos los meses del 2020, lo que implica una mayor presión al sistema por producto que no se vende al final de mes y una reducción en la liquidez. Esto se analiza con mayor detalle en la sección 2.2.1.6.

Por otro lado, de acuerdo con Chapman (2006), si el valor de la señal de rastreo “es mayor que 4 o menor que -4, el método de pronóstico pudiera no ser efectivo para el seguimiento de la demanda sobre el periodo en cuestión. Solamente constituye un aviso para analizar y ajustar el método de pronóstico según sea necesario” (p.38). En el 2020 se observa que, para el conglomerado del ID 13, un 50 % de los pronósticos de los meses en análisis se encuentran fuera del rango recomendado de [-4,4], lo que sugiere que se debe reevaluar el método de pronóstico actual, para acercarlo más al comportamiento real de las ventas y evitar el almacenamiento adicional de producto que no es demandado.

2.2.1.3 Perfilado actual del set up (cambios de configuración)

El segundo elemento por analizar es la situación actual de los cambios de configuración en las máquinas. Para el perfilado de esta variable se evalúa si existe una “reducción del tiempo de preparación de las máquinas ya que es importante en los sistemas esbeltos porque ello aumenta la

capacidad disponible, incrementa la flexibilidad para satisfacer los cambios en los programas y reduce el inventario”. (Schroeder, *et al.*,2011, p.141).

2.2.1.3.1 Tipos de cambios de configuración en DCM

En DCM existen tres tipos de set up en el subproceso de empaque: 1) cambios de bobina, cuya duración es de tres minutos, 2) cambio de formador, con un tiempo estimado de (0.51 ± 0.22) horas y 3) alineamiento de máquina, que tarda aproximadamente (0.48 ± 0.19) horas. Cada vez que se da un set up, los tiempos se registran en el formato F-IF-04 por el operario encargado.

La estrategia actual de la organización es disminuir en la medida de lo posible los cambios de configuración, lo que disminuye el tiempo total de set up, pero le resta flexibilidad a la planta. Como respuesta a lo anterior, se ha creado una práctica de trabajo en la que existen productos exclusivos que se elaboran en máquinas específicas, aun cuando tres de las cuatro máquinas son capaces de producir todos los productos. Se debe destacar que las máquinas 1 y 2 poseen un volumen de producción hasta tres veces mayor que las máquinas 3 y 4. La siguiente tabla muestra la distribución de la mezcla de producto actual para cada una de ellas.

Tabla 6

Distribución de los productos procesados en cada una de las máquinas empacadoras durante el 2020.

Productos	Máquina			
	“Uno”	“Dos”	“Tres”	“Cuatro”
ID 26				
ID 27				
ID 28				
ID 14				
ID 18				
ID 24				
ID 15				
ID 13				
ID 35				
ID 12				
ID 19				
ID 22				
ID 1, 4, 19, 22, 33 y 34				

Productos	Máquina			
	“Uno”	“Dos”	“Tres”	“Cuatro”
ID 5, 8, 12, 23, 29, 30, 33				

2.2.1.3.2 Ejecución de los cambios

Al realizar la evaluación de cómo se ejecutan los cambios se observa que en la organización se utilizan los criterios de la metodología SMED, con el fin de reducir el tiempo de cambio, lo que representa una buena práctica de trabajo. También se preparan de forma previa las actividades y equipos necesarios para hacer los ajustes, en lugar de hacerlo al momento del cambio. Es importante mencionar que las actividades que se ejecutan en los tres tipos de set up se deben llevar a cabo con la máquina apagada; por lo tanto, no hay flujo en el sistema durante ese lapso.

2.2.1.3.3 Cuantificación del tiempo de set up

El total de horas disponibles para la operación de las máquinas en el 2020 es de 1904 horas. En cuanto a las máquinas “dos”, “tres” y “cuatro”, el consumo de tiempo por set up para el año en análisis es menor al 1 %, mientras que para la máquina “uno” representa un 4.33 % del tiempo disponible. Lo anterior es resultado de los esfuerzos por mantener bajo este indicador. No obstante, la estrategia actual de disminución de tiempos de set up en conjunto con la configuración de la mezcla de producto, incrementan costos operativos y reducen la flexibilidad, como resultado de la programación de la producción. Lo anterior se demuestra en el siguiente perfil de sobreutilización de la capacidad instalada.

2.2.1.4 Perfilado de la utilización de la capacidad instalada

El tercer análisis de esta etapa corresponde a la utilización de la capacidad instalada, en el cual se hace énfasis en la utilización de los equipos. El desarrollo de este perfil parte de una simulación del subproceso de empaque.

El objetivo es simular la situación actual del subproceso de empaque y proyectarla a cinco años, según un crecimiento anual de la demanda del 5 %, correspondiente a la meta organizacional para el año 2020, con el fin de determinar el comportamiento de los indicadores de desempeño relacionados con el problema del proyecto. Para esto se utiliza el software AnyLogic.

2.2.1.4.1 Variables de decisión

- a. Crecimiento anual de la demanda.
- b. Programa de producción.

2.2.1.4.2 Variables aleatorias

- a. Tiempos de set up.
- b. Tiempos de averías.
- c. Tiempos de operaciones por producto.

El detalle la distribución que sigue cada una de las variables aleatorias seleccionadas y la metodología de obtención de los datos pueden ser consultados en el Apéndice 1.

2.2.1.4.3 *Indicadores de desempeño*

- a. Utilización de las cuatro máquinas empacadoras (%).
- b. Horas extra requeridas (h).
- c. Tiempos de set up en horas (h).
- d. Cambios de formador (veces).
- e. Unidades no producidas (unidades).

2.2.1.4.4 *Límites*

- a. Se simula la operación, desde el procesamiento del café molido por las máquinas empacadoras hasta el embalado.
- b. Para el comportamiento según el crecimiento anual se simulan los meses de abril, julio y diciembre ya que en términos de volumen de producción son representativos del resto del año en un (80 ± 11) %.
- c. Para la comparación entre el escenario del 2020 y el escenario con mayor flexibilidad, se simula el mes de abril.
- d. Se simulan los productos programados en el 2020.

2.2.1.4.5 *Suposiciones de los límites*

- a. Siempre hay disponibilidad de material de empaque y café molido.
- b. Las unidades que no se puedan producir cuando se alcance el máximo de 12 horas laborales por día se consideran perdidas, y estas no son reprogramadas.
- c. El aumento en las cantidades de producción programadas es directamente proporcional al incremento de la demanda.
- d. El comportamiento del resto del año es representado por los meses de abril, julio y diciembre.
- e. La distribución de los operarios en el escenario con mayor flexibilidad es equitativa entre las máquinas.
- f. La mezcla de productos y la jornada laboral permanecen invariables desde el 2020 y por los próximos cinco años.

2.2.1.4.6 *Lógica especial incluida*

- a. Los tiempos de set up dependen de: el tipo de café (puro o torrefacto), el tipo de formador requerido por el producto y el alineamiento de la máquina.
- b. Un producto que llegue al silo es priorizado sobre cualquier otro si el formador que tiene la máquina actualmente es igual al que necesita el artículo.
- c. Los tiempos de reposo, el mantenimiento de máquina y la jornada laboral.

2.2.1.4.7 Escenarios y sus atributos estadísticos

Tabla 7

Características técnicas de los escenarios de la simulación del subproceso de empaque.

Escenario	Réplicas	Potencia de la prueba (%)	Nivel de confianza (%)	Error estándar relativo (%)
Año 0	100	94.7	95	0.5
Año 1	100	99.0	95	5.8
Año 2	100	99.4	95	4.8
Año 3	100	94.3	95	4.3
Año 4	100	99.0	95	1.5
Año 5	100	96.2	95	1.0
Año 0 con mayor flexibilidad	100	96.0	95	1.1

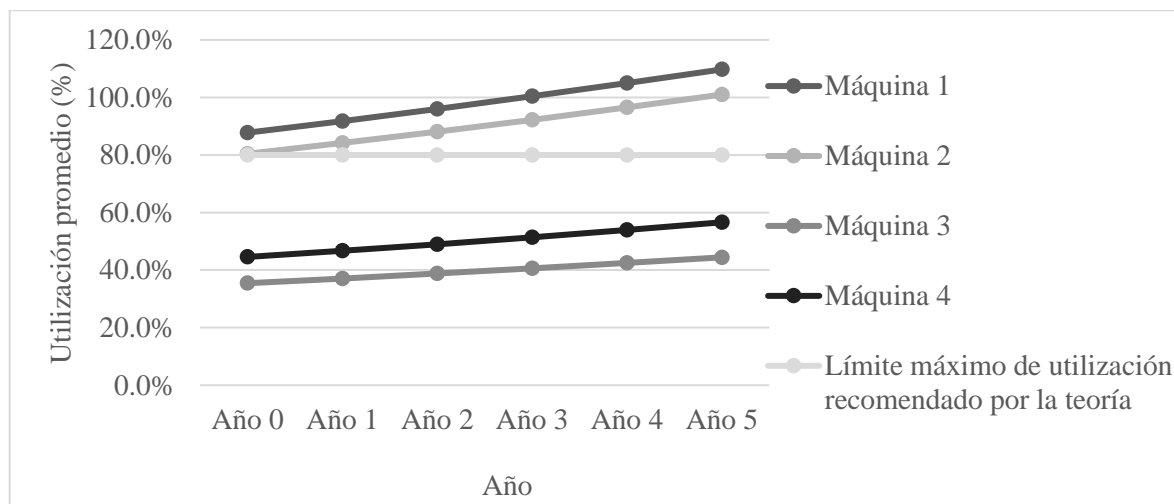
2.2.1.4.8 Utilización proyectada a cinco años

De acuerdo con Schroeder *et al.* (2011), es preferible que la utilización de las máquinas no sea mayor al 80 %, para evitar comprometer las líneas de producción ante cualquier eventualidad y ser más flexibles (p.272). Al analizar los resultados de la simulación, es posible establecer con un 95 % de confianza el cual es el comúnmente mayor utilizado para demostrar matemáticamente que se puede confiar en la estadística determinada y además es aplicable a una organización como DCM, indica que, si las prácticas de trabajo actual continúan invariables en DCM, el principio que estipula el autor ya se ve comprometido para las máquinas “uno” y “dos” y se degrada conforme pasan los años, mientras que las máquinas “tres” y “cuatro” se mantienen un 20 % por debajo del límite recomendado, esto se debe a la manera en que se programa la producción actualmente. Lo anterior supone una oportunidad para la organización, ya que utilizations superiores al 100 % implican el pago de horas extra, porque es tiempo adicional no contemplado.

En el escenario proyectado se observa que es posible que, de continuar con las prácticas de trabajo actuales, se requiera el pago de horas extra para mantener la operación de las máquinas “uno” y “dos”, mientras la “tres” y “cuatro” se mantienen con capacidad ociosa, por lo que es posible pensar que una nivelación de las utilizations, reduciendo la de las dos primeras máquinas por debajo del 100 % e incrementando la de las de las máquinas “tres” y “cuatro”, impacta positivamente en el costo de operación. La siguiente figura muestra la evolución de las utilizations en los próximos cinco años.

Figura 20

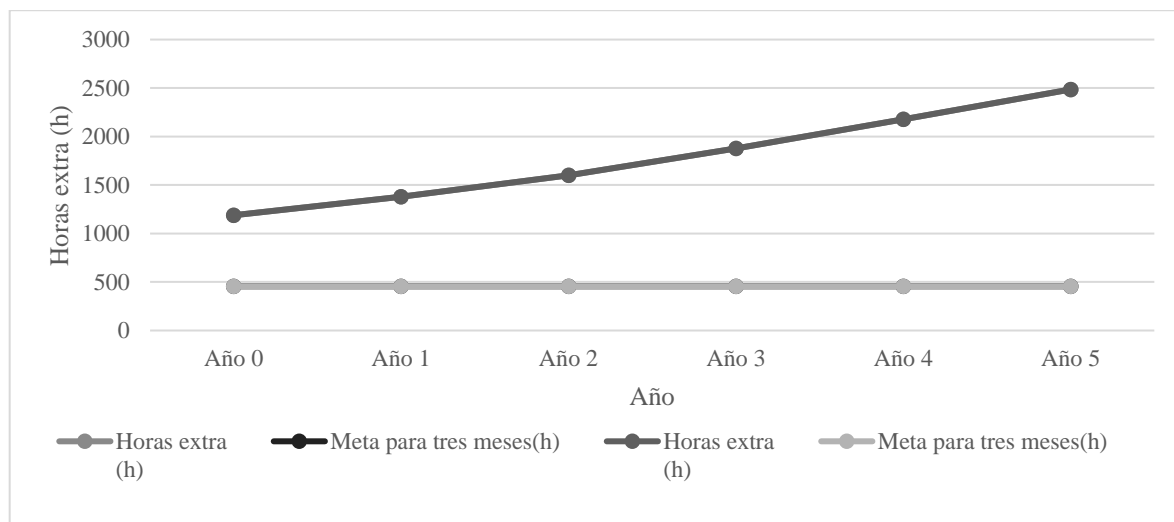
Utilización proyectada para los próximos cinco años



Debido a que el costo de horas extra, introducido anteriormente, es parte fundamental de este análisis, se procede a estudiar su comportamiento en el tiempo. Para los próximos años analizados, el costo por horas extra para el área de empaque aumenta de manera incremental, situación que, de no hacerse modificaciones a las prácticas de trabajo para lograr nivelar la utilización de las máquinas, empeora (15.9 ± 1.1) % anualmente. Lo anterior se ilustra en la siguiente gráfica.

Figura 21

Total de horas extra para los meses analizados y su proyección a cinco años



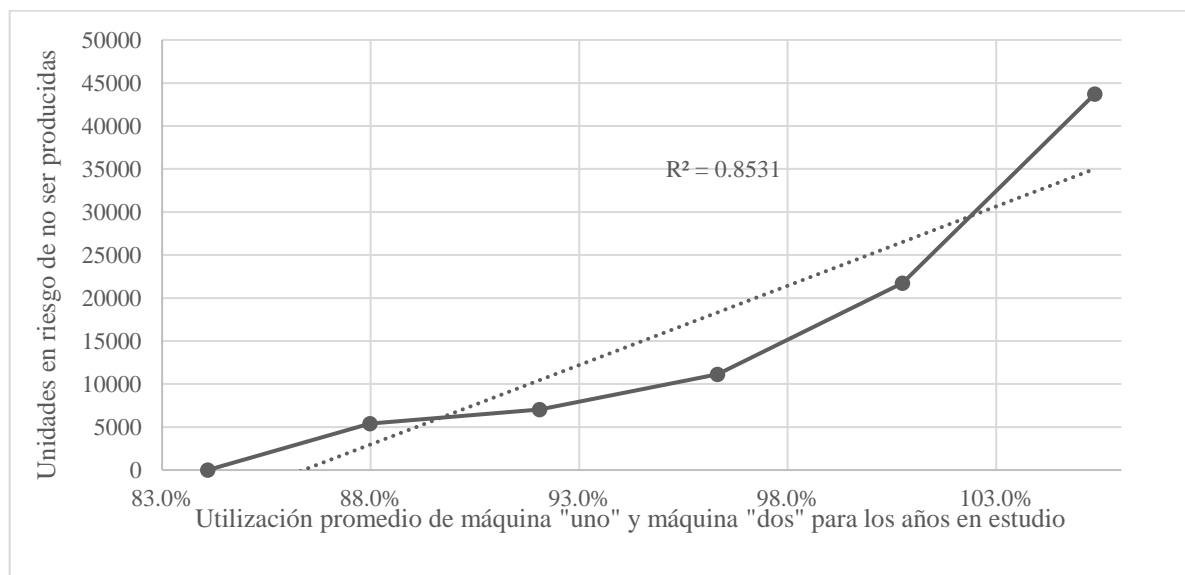
Este comportamiento responde a necesidades específicas del periodo en estudio y no es obligatoriamente sostenido durante el año, por lo que también existen meses en los que las horas extra pagadas son menores a las presupuestadas. Sin embargo, vale la pena notar que pocas horas extra se relacionan con niveles de utilización por debajo del 100 %, incluyendo la variabilidad. Por lo tanto,

el crecimiento observado en la Figura 22 en el pago de horas extra está vinculado a un incremento continuo para las máquinas “uno” y “dos” de las utilizaciones que superan el 100 %, situación presente desde el año cero si se contempla su variabilidad, por lo que una nivelación de la utilización que se dé desde la programación de la producción es capaz de regular el crecimiento de la necesidad de pagar horas extra para satisfacer las necesidades productivas. En el escenario flexible de la simulación se demuestra que, al nivelar las utilizaciones, la cantidad de horas extras requerida disminuye considerablemente.

Aunado a lo anterior, un incremento en las utilizaciones aumenta el riesgo de no satisfacer al cliente, pues se reduce la flexibilidad y, por ende, la capacidad de la planta de absorber la variabilidad de los pedidos de los clientes. Lo anterior es relevante en DCM, ya que su propuesta de valor está orientada a satisfacer al cliente con pedidos completos y en el momento pactado. La siguiente gráfica muestra la relación entre la cantidad de unidades en riesgo de no ser producidas a tiempo y el promedio de la utilización de las máquinas “uno” y “dos”. La correlación es estadísticamente significativa, porque ya que el valor p del modelo de regresión es de 0.02 para un nivel de significancia de 0.05 el cual es el comúnmente mayor utilizado para demostrar matemáticamente que se puede confiar en la estadística determinada y, además, es aplicable a una organización como DCM.

Figura 22

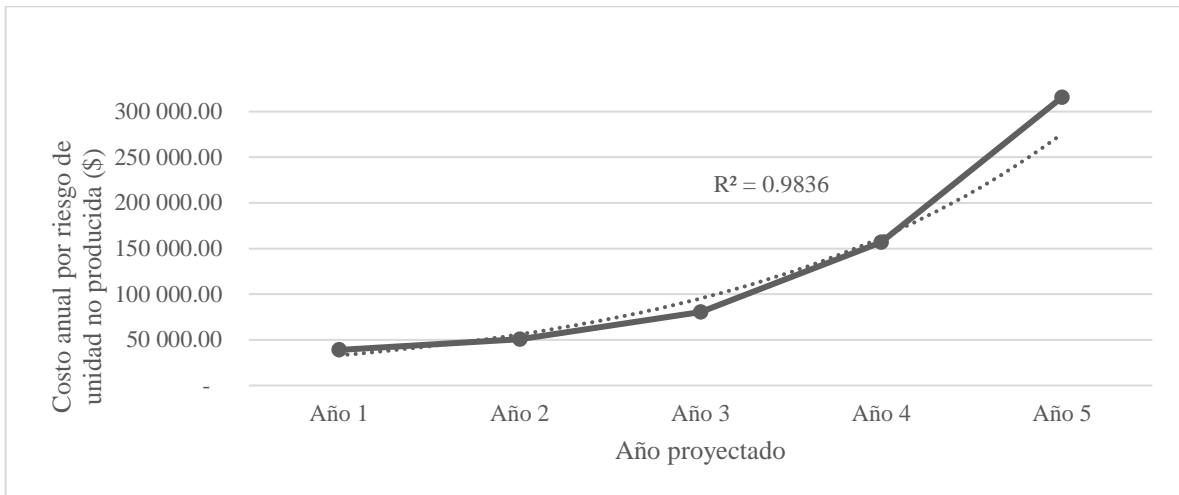
Unidades en riesgo de no ser producidas



Además de lo anterior, los costos por unidades en riesgo de no ser producidas se incrementan de forma exponencial conforme pasan los años y aumenta la utilización de las máquinas, esto en caso de mantener las prácticas de trabajo actuales en términos de programación de la producción, lo que por supuesto representa un efecto indeseable para la organización. La siguiente gráfica muestra el comportamiento planteado.

Figura 23

Aproximación del costo anual por unidades en riesgo de no ser producidas



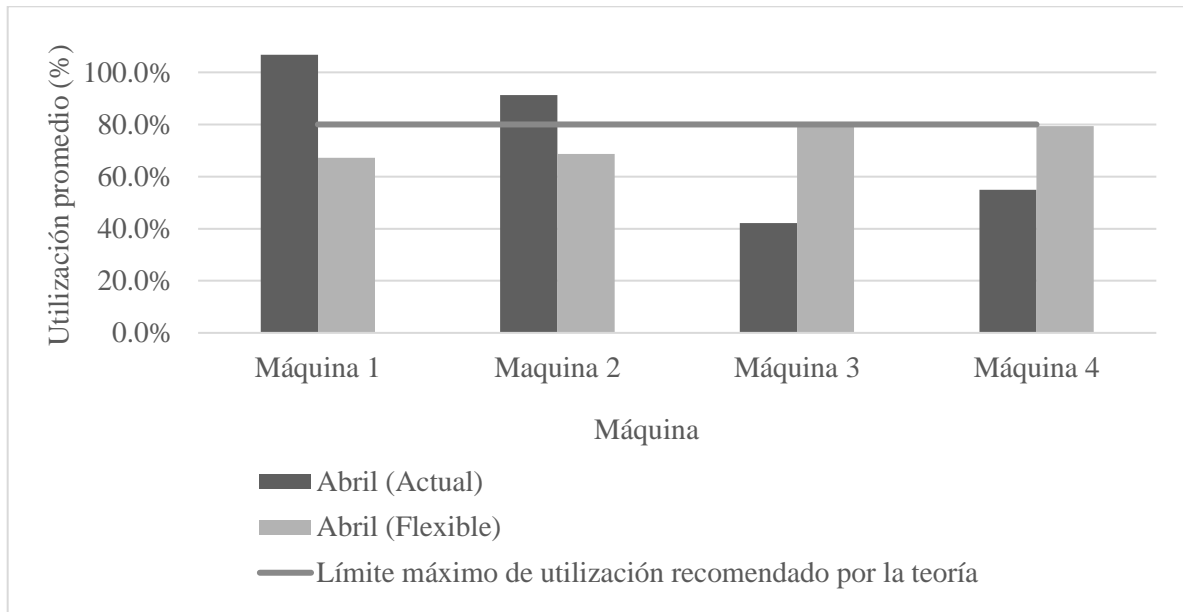
Los efectos mencionados sugieren que, en el futuro, es posible que la estrategia de reducir los tiempos de set up a través del programa de producción provoque efectos adversos en términos de costos y satisfacción del cliente, por lo que las prácticas de trabajo actuales no son sostenibles en el tiempo. Por lo tanto, vale la pena analizar las consecuencias de aumentar la flexibilidad, por lo que a continuación se analizan los resultados de la simulación con resultados de condiciones más flexibles de programación para abril de 2020, ya que este es el mes que presenta la mayor utilización de máquinas.

2.2.1.4.9 Utilización en el escenario con mayor flexibilidad

Un aumento en la flexibilidad de la planta de producción, en el que se permite que cualquier producto sea procesado en máquinas “uno”, “tres” o “cuatro” provoca, a un 95 % de confianza, que las utilidades mejoren y se mantengan por debajo del 80 % recomendado, incluso para el mes de los analizados donde la planta sufre mayor presión. Esta situación es posible observarla en la siguiente gráfica que compara la situación de abril de 2020 sin modificaciones en la programación de la producción y al aumentarse la flexibilidad.

Figura 24

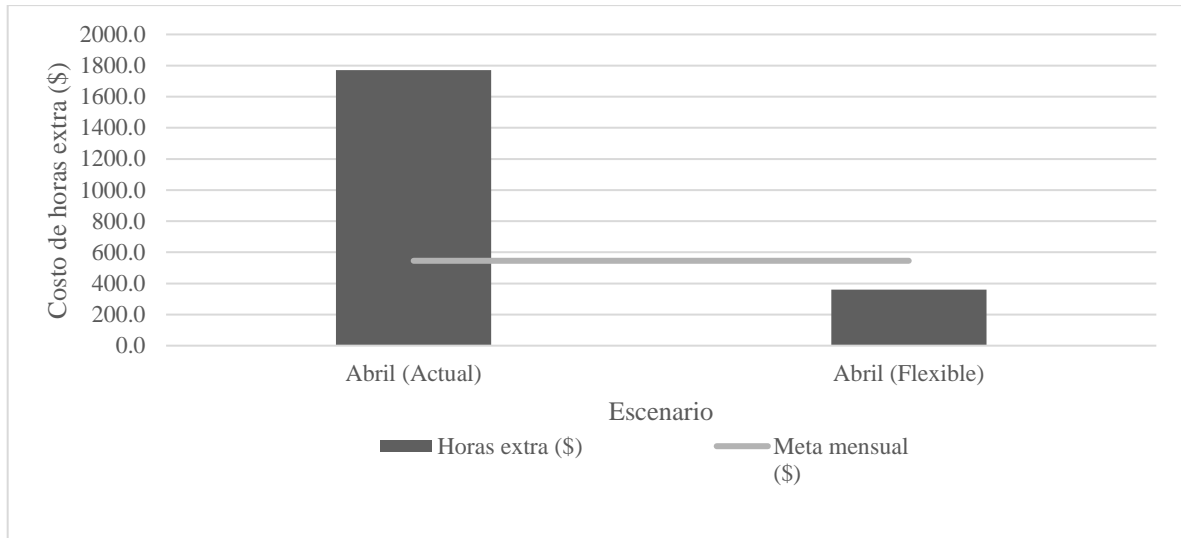
Comparación entre la utilización promedio en abril de 2020 y el resultado de aumentar la flexibilidad



Como es esperable, un aumento en la flexibilidad incrementa la cantidad de cambios de formador y el tiempo de set up, lo que es contrario a la práctica de trabajo actual. No obstante, los cambios de formador aumentan el 2.0 %, mientras que los tiempos de set up el 2.6 %, lo que resulta poco relevante si se contempla que la cantidad de horas extras requeridas en el escenario flexible se reduce a 100; esto implica una mejora del 94 % en los costos asociados a horas extra, y los ubica un 34 % por debajo de la meta organizacional del año 2020 para el mes en estudio. Además, el ahorro por horas extra es tres veces mayor que los costos adicionales por concepto de tiempos de set up. La siguiente gráfica muestra la comparación entre el comportamiento de las horas extra en el escenario de abril del 2020 y en el que se agrega mayor flexibilidad a la planta.

Figura 25

Comparación entre el costo de horas extras durante abril de 2020 y el resultado de aumentar la flexibilidad



2.2.1.5 Perfilado del programa de producción

Al programarse la producción en DCM, se considera la estrategia make to stock y se busca completar dos semanas de inventario de producto terminado en todos sus productos. Para lo anterior, los lunes el jefe de planta recibe el reporte de existencias, donde visualiza la cantidad de producto actual almacenado e identifica cuáles poseen menos de dos semanas de inventario. A partir de una herramienta en Excel se calcula, para cada producto, la cantidad de unidades necesarias para completar el inventario. La fórmula que utiliza la herramienta es la siguiente:

Ecuación 4

Unidades requeridas para la programación

$$\text{Cantidad requerida} = (2 - \alpha) \cdot \beta$$

Donde;

α = Semanas de inventario disponibles.

β = Promedio móvil simple de las últimas ocho semanas de inventario.

Posteriormente, el jefe de planta prioriza según su criterio experto cuáles productos programar de acuerdo con las necesidades de producción en ese momento. La herramienta no contempla en las estimaciones si las cantidades proyectadas son posibles de producir en el tiempo estipulado según la jornada laboral. Además, las prácticas de trabajo consideradas en los ajustes de producción, que se realizan a criterio experto, tampoco valoran si la duración es realista, de tal manera que entre enero y marzo del 2021, la herramienta sugiere resultados que implican hasta 200 horas fuera de la jornada laboral. Debido a que los datos no son confiables, estos deben ser ajustados, lo que ocasiona que el

jefe de planta invierta hasta dos horas semanales analizando las salidas de una herramienta poco efectiva, ya que al final se le da mayor importancia al criterio experto.

Por otra parte, el plan de producción no considera un balance entre costos de mantenimiento de inventario y producción, y además generaliza la cantidad de semanas de inventario para todos los productos, sin importar que tengan una alta o baja rotación. Esto ocasiona que se generen costos por acarreo de inventario, cuantificados en el apartado 2.2.1.6.2, como consecuencia de las prácticas de trabajo actuales al programar la producción.

De acuerdo con el jefe de planta (W. Campos, comunicación personal, 11 de junio de 2021) la herramienta de Excel necesita mejoras para que esta pueda ser capaz de determinar niveles de producción que se ajusten al tiempo disponible total y a las necesidades de inventario reales. De acuerdo con el administrativo de DCM (J. González, comunicación personal, 21 de junio de 2021), es esperable que la producción programada contribuya a mantener niveles bajos de inventario de producto terminado.

Finalmente, es importante mencionar que no existe un indicador para monitorear el cumplimiento del programa de producción, por lo que no se conoce a ciencia cierta la cantidad de cambios a los que se somete ni el porcentaje de cumplimiento del plan.

2.2.1.6 Perfilado de inventarios de producto terminado

El último perfil por analizar en esta actividad es el de inventarios. Conforme a lo planteado por Voehl *et al.* (2014), un exceso de producción hace referencia a “hacer más producto de lo que necesita el siguiente proceso o el cliente final. También se puede describir cómo fabricar el producto antes de lo necesario o fabricar un producto a un ritmo más rápido de lo necesario” (p. 67). Lo anterior implica inventarios adicionales, que reducen la liquidez. Los excesos de inventario responden a diferencias entre la velocidad de producción y las necesidades de los clientes, que a su vez se ligan a la programación de la producción y sus prácticas de trabajo asociadas, por lo que se procede a analizar esta variable.

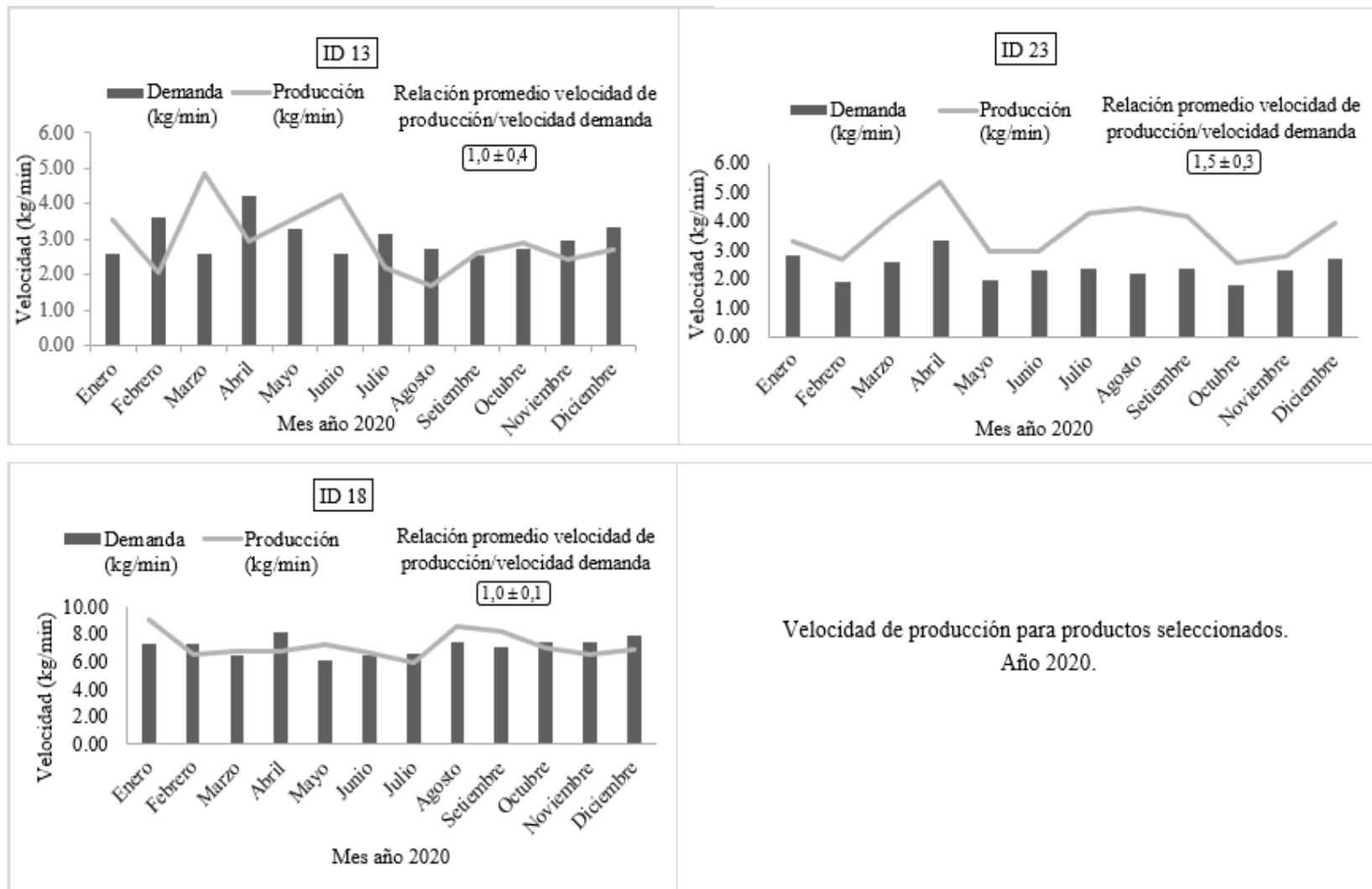
2.2.1.6.1 Velocidad de producción

El jefe de planta indica que, en el caso de que se cumpla el programa con anticipación, las máquinas y los operarios deben continuar produciendo hasta que se culmine la jornada laboral, o bien, hasta que se acabe el café de las tolvas (W. Campos, comunicación personal, 11 de marzo de 2021). Por lo tanto, esto genera que las máquinas trabajen incluso cuando la demanda cae y causa trabajo adicional para los colaboradores, así como una mayor utilización de las máquinas.

Al hacer un análisis para los productos representativos sobre el comportamiento de la relación entre la velocidad de producción y los requerimientos de los clientes, es posible observar que el ID 13 presenta picos y valles de producción, evitando que se alinee con la demanda. Por otra parte, el ID 23 se produce consistentemente más rápido que la demanda, lo que sugiere excesos de inventario que reducen la liquidez de la empresa. Finalmente, el ID 18 muestra un comportamiento relativamente estable para el año en estudio y ejemplifica la situación deseable. La siguiente figura resume el comportamiento referido.

Figura 26

Relación promedio de la velocidad de producción y la velocidad de la demanda



Es importante mencionar que los productos ID 18, ID 23 e ID 13 son A, B y C en términos de rotación y ciclo de conversión de efectivo. Si se extrapola el análisis anterior a los conglomerados, es natural pensar que los excesos de producción de los productos B y C y su variabilidad, aumentan innecesariamente la utilización de las máquinas, puesto que se producen sin que sea necesario en este momento, y contribuyen a generar efectos indeseables, como los mostrados en el apartado de capacidad de la utilización instalada y una reducción en la liquidez de la empresa. Nótese como en abril de 2020, un mes con alta utilización, representa el mayor pico de producción del producto ID 23, mientras que para productos ID 18 e ID 13 la producción cae bajo la demanda. Es decir, se cede capacidad, espacio en bodega y liquidez a un producto que no se requiere.

2.2.1.6.2 Inventario de producto terminado

El costo por acarreo de inventario para el 2020 representa \$ 1 059 984, \$ 598 540 y \$ 423 920 para los productos A, B y C, respectivamente. Lo anterior representa un 22 % de los costos totales de ventas para ese mismo año. DCM sigue una estrategia make to stock, por lo que este costo no se puede llevar a cero. No obstante, si se reduce el inventario de producto terminado para los artículos B y C para equiparlos al nivel relativo de los productos A, se observa una mejora potencial del 42 % en el ciclo de conversión del efectivo que es de (18.38 ± 9.21) días para 2020 y, por ende, de la liquidez, lo que es un efecto altamente deseable para el jefe administrativo (J. González, comunicación personal, 21 de junio de 2021), y que a su vez también sugiere un impacto positivo en la presión operativa sobre la utilización de las máquinas. Lo anterior se logra como consecuencia directa de alinear los programas de producción con las necesidades reales de los clientes y la estrategia make to stock de la organización.

2.2.2 Determinación de las buenas prácticas recomendadas por la teoría.

A partir de una revisión bibliográfica, se seleccionan aquellas buenas prácticas aplicables para DCM. Las variables para la determinación del sumario corresponden a: a) pronósticos, b) set up, c) utilización de la capacidad instalada, f) programa de producción y g) inventario de producto terminado.

En total se determinan 10 autores reconocidos que han publicado libros relacionados con la administración de operaciones entre los años 1998-2013, y que abordan temáticas asociadas a las prácticas de trabajo adecuadas. Se debe destacar que la escogencia de los autores también se basa en que los libros utilizados son de libre acceso en la web.

A nivel general, la lista de autores y libros reconocidos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8

Selección de autores para la determinación de buenas prácticas.

Autor(es)	Libro	Año
Daniel Sipper y Robert L. Bulfin	Planeación y control de la producción.	1998
Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman	Factory Physics.	2001
Stephen N. Chapman	Planificación y control de la producción.	2006

Autor(es)	Libro	Año
Francisco González Correa	Manufactura esbelta.	2007
Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman y Manoj Malhotra	Administración de operaciones.	2008
Jay Heizer y Barry Render	Principios de administración de operaciones.	2009
Richard B. Chase, F. Jacobs y N. Aquilano.	Administración de operaciones, producción y cadena de suministro.	2009
Manuel Rajadell Carreras y José Luis Sánchez García	Lean Manufacturing.	2010
Roger G. Schroeder, S. Meyer y Rungtusanatham, J.	Administración de operaciones.	2011
Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones y Robert Johnston	Operations management.	2013

Para definir la relevancia de la buena práctica se comparan tres autores reconocidos que emiten un criterio similar o igual respecto a una práctica de trabajo específica. Una vez que se sabe que los tres autores se respaldan entre sí, se le da prioridad al autor cuyo criterio sea el del año más actual para definir si la organización cumple o no. La búsqueda bibliográfica, la comparación entre autores y los sumarios de buenas prácticas con su respectivo Cumple/No cumple se encuentran en el Apéndice 2 donde: Tabla 2.1. Sumario de buenas prácticas del pronóstico, Tabla 2.2. Sumario de buenas prácticas del Set up, Tabla 2.3. Utilización de la capacidad instalada, Tabla 2.4. Programa de producción y Tabla 2.5. Inventario de producto terminado.

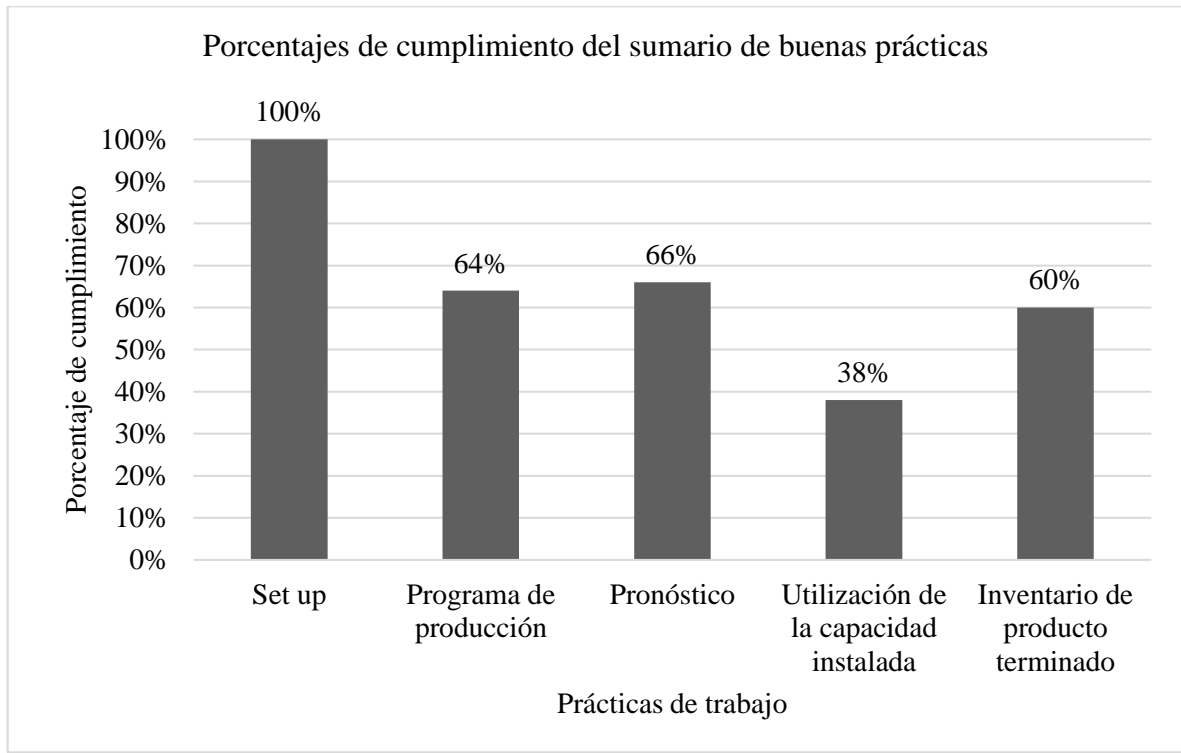
Una vez determinadas las buenas prácticas de trabajo que se deben evaluar, se procede a aplicar el estudio de cumplimiento. Los resultados de la evaluación correspondientes al nivel de cumplimiento en DCM se presentan en la siguiente actividad.

2.2.3 Evaluación de los aspectos clave con respecto a la teoría

Los aspectos claves con no cumplimientos identificados corresponden a: 1) pronósticos, 2) utilización de la capacidad instalada, 3) programa de producción, y 4) inventario de producto terminado. En la siguiente gráfica se muestran los porcentajes de cumplimiento de acuerdo con el sumario de buenas prácticas utilizado para la evaluación y que se presenta en el Apéndice 2.

Figura 27

Porcentaje de cumplimiento de los sumarios de buenas prácticas



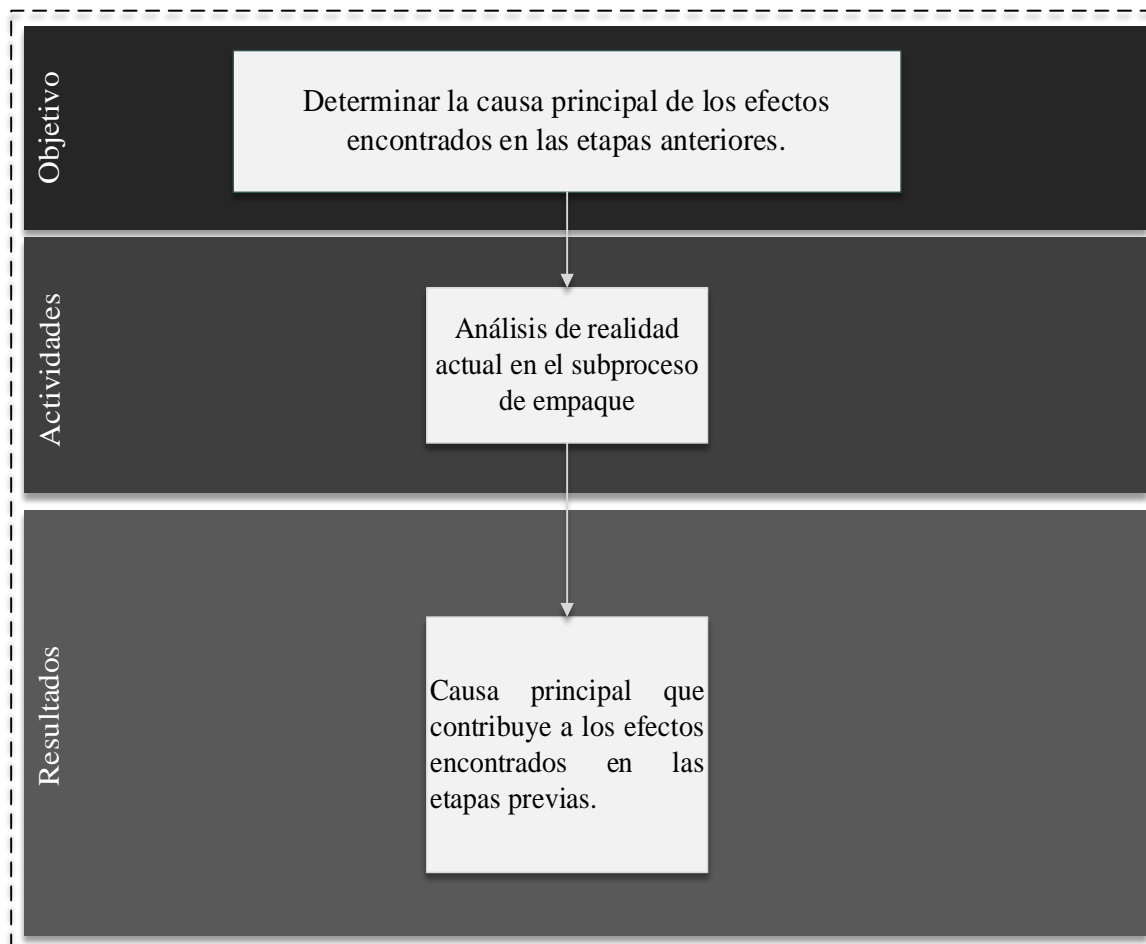
Los niveles bajos de cumplimiento están asociados a las prácticas de trabajo que comprometen la flexibilidad de la planta, impactan los costos operativos y ponen en riesgo la satisfacción del cliente según lo que se ha expuesto en secciones anteriores.

2.3 Relación causa-efecto de las prácticas de trabajo

En la última etapa del diagnóstico, se procura establecer una relación entre los efectos encontrados en las secciones anteriores y su principal causa. Además, se busca establecer la manera en que los hallazgos más relevantes contribuyen al problema de este proyecto. Para lograr lo anterior, se ejecuta un análisis de realidad actual mediante la metodología ARA. En la siguiente figura se muestra la estructura de desarrollo de esta etapa.

Figura 28

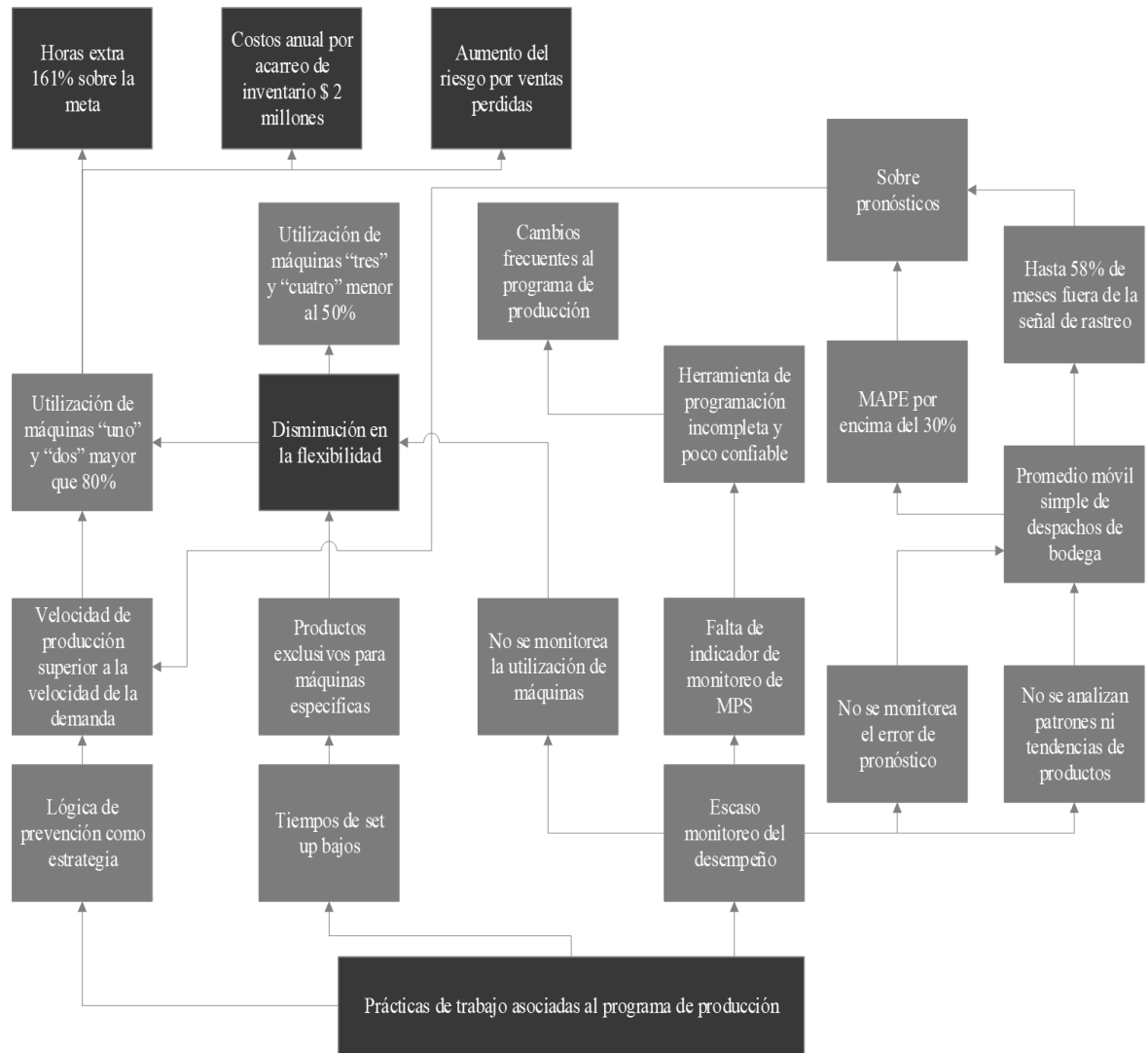
Relación causa-efecto de las prácticas de trabajo



2.3.1 Análisis de realidad actual en el subproceso de empaque

Figura 29

Árbol de realidad actual del subproceso de empaque



Según lo expuesto en las etapas anteriores y lo recopilado en la figura mostrada anteriormente, es posible apreciar que en la organización se presentan diversos efectos indeseables, entre ellos el pago por concepto de horas extra que excede en un 161 % el presupuesto establecido por la organización, lo que implica costos que no se encuentran contemplados. Además, este rubro se relaciona con la utilización de las máquinas, por lo que, de no haber cambios en las prácticas de trabajo actuales, es razonable pensar que estos costos aumenten en los próximos años, alejando a la empresa del monto presupuestado para horas extra, tal y como se demuestra a partir de la simulación.

Se debe destacar que las prácticas de trabajo actuales restringen el uso de la capacidad instalada, lo que ocasiona una reducción en la flexibilidad de la planta y sobrecarga las máquinas "uno" y "dos"

por encima del 80 % de utilización, mientras que las máquinas “tres” y “cuatro” se mantienen bajo el 50 %. Lo anterior bajo la premisa de que mantener los tiempos de set up bajos es la estrategia razonable, cuando los resultados de la simulación evidencian una mejora en las condiciones si se aumenta la flexibilidad. Esta situación genera costos por acarreo de inventario de hasta \$2 000 000 anuales, lo que implica una reducción en la liquidez de la organización. Además, provoca un incremento en el riesgo de perder ventas y, por ende, pone en riesgo la satisfacción del cliente.

Adicionalmente, es posible observar que el sobrepronóstico es un efecto indeseable debido a que estos son de hasta el 30 % para los productos analizados y que la señal de rastreo, en el 58 % de los meses analizados, está fuera del rango recomendable, lo que refuerza la necesidad de realizar una reevaluación del método de pronóstico, ya que actualmente no existe ninguna estrategia de monitoreo del error o sesgo relacionado de lo pronosticado contra las ventas. Lo anterior, aunado a que el promedio móvil simple contempla despachos de bodega y no ventas o demanda, provoca que exista un desfase entre el flujo de producción y las necesidades de los clientes, y que se contribuya a los costos por acarreo de inventario en detrimento de la liquidez de la organización.

En términos generales, es natural pensar que las prácticas de trabajo relacionadas con la programación de la producción generan las condiciones para que se presenten los efectos indeseables, expuestos durante el desarrollo de este capítulo, por lo que resulta pertinente diseñar en función de mejorar los métodos y herramientas relacionadas con esa programación.

Enseguida se muestra una tabla resumen, que muestra los efectos indeseables, su situación actual como parte de las prácticas de trabajo actuales, la situación deseable y la implicación que conllevará mejorar o bien reducir estos efectos:

Tabla 9

Implicaciones de reducir los efectos indeseables

Efectos indeseables	Situación actual	Situación deseable	Implicaciones de reducir los efectos indeseables actuales
Error de pronóstico; - Conglomerado del ID 13, MAPE (32.05 ± 24.38) %. - Conglomerado del ID 23, MAPE (53.15 ± 26.26) %. - Conglomerado del ID 18, MAPE (12.27 ± 6.34) %.	DCM no registra ni brinda trazabilidad a su error de pronóstico. lo que genera proyecciones sobrepronosticadas que implican un 36 % de producción no vendida al cabo del 2020, lo cual traducido en \$ 155 326.47 por acarreo de inventario, que equivale al 1.7 % de los costos totales de las ventas del	Se sugiere reevaluar el método de pronóstico actual para acercarlo más al comportamiento real de las ventas y evitar el almacenamiento adicional de producto que no es demandado.	Al cambiar la práctica de trabajo actual por una nueva, que acceda a darle seguimiento al error de pronóstico y reevaluar el método actual, permitiría que tanto la demanda como el nivel de producción se alineen lo mejor posible.

Efectos indeseables	Situación actual	Situación deseable	Implicaciones de reducir los efectos indeseables actuales
	2020 de solo el SKU, producto ID 19.		
Incremento del (15.9 ± 1.1) % anual de la utilización de las máquinas “uno” y “dos”.	Como parte de las prácticas de trabajo actuales, se mantiene una configuración, donde las máquinas “uno” y “dos” producen hasta tres veces más volumen de producción que “tres” y “cuatro”, lo que genera que las primeras presenten utilizaciones más elevadas cuando los equipos “tres” y “cuatro” son capaces producir los mismos productos que las máquinas “uno” y “dos”.	Lo deseable es crear prácticas de trabajo que permitan nivelar el volumen de producción en las cuatro máquinas y disminuir la presión sobre los equipos “uno” y “dos”.	Un aumento en la flexibilidad incrementa la cantidad de cambios de formador y el tiempo de set up, lo que es contrario a la práctica de trabajo actual. No obstante, de acuerdo con la simulación para evaluar la viabilidad de nivelar el volumen de producción de las cuatro máquinas, se estima que los cambios de formador aumentarían hasta el 2.0 %, mientras que los tiempos de set up hasta el 2.6 %, lo que resulta poco relevante si se contempla que la cantidad de horas extras requeridas en el escenario flexible se reducen a 100, y esto implica una mejora del 94 % en los costos asociados y los ubica en el 34 % por debajo de la meta organizacional del año 2020 para el mes en estudio. Además, el ahorro por horas extra es tres veces mayor que los costos adicionales por concepto de tiempos de set up.
Incremento de hasta 2029 horas extra anuales en los próximos cinco años.			
Incremento de hasta 43724 unidades en riesgo de no ser producidas en los próximos cinco años, cuyo costo es de \$300 000.			

Efectos indeseables	Situación actual	Situación deseable	Implicaciones de reducir los efectos indeseables actuales
<p>El costo por acarreo de inventario para el 2020 es de \$ 1 059 984, \$ 598 540 y \$ 423 920 para los productos A, B y C, respectivamente. Lo anterior representa un 22 % de los costos totales de ventas para ese mismo año.</p>	<p>Como prácticas de trabajo actuales no se genera un balance entre costos de inventario y niveles de producción. La velocidad de producción es considerablemente mayor a la velocidad de la demanda durante todo el año para el conglomerado del producto ID 23.</p>	<p>Lo deseable es incorporar prácticas de trabajo, que permitan equiparar, a nivel relativo, el nivel de inventario de los productos B y C a los de la categoría A, manteniendo únicamente los niveles de inventario para cubrir la demanda.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No es posible que el costo por acarreo de inventario sea cero. 2. Si se reduce el inventario de producto terminado para los artículos B y C con el fin de equiparlos al nivel relativo de los productos A, se observa una mejora potencial de hasta 42 % en el ciclo de conversión del efectivo y, por ende, de la liquidez, lo que es un efecto altamente deseable. 3. Evitar aglomeraciones de producto en el almacén de producto terminado.

Conclusiones del diagnóstico

De acuerdo con lo expuesto, se establece la programación de la producción como actividad medular del subproceso de empaque, donde las prácticas de trabajo utilizadas actualmente para su ejecución se desvinculan de la integración deseada con otras actividades para lograr el cumplimiento de las metas organizacionales y la promesa sostenida de servicio.

La generación de efectos indeseables en el subproceso de empaque en DCM está asociada con prácticas de trabajo que impiden sincronizar adecuadamente el flujo de la producción con la demanda. Las diferencias entre las buenas prácticas y la realidad de las prácticas de trabajo en DCM contribuyen a una disminución de la flexibilidad de la planta.

Considerar una estrategia “make to stock” y la lógica “de prevención” repercute para todos los SKU, sugiere un impacto en la presión operativa sobre la utilización de las máquinas que, además, para los productos del conglomerado ID 23 implica generar inventarios adicionales, asociados a un costo de mantenimiento que por definición reducen la liquidez. Y para los productos de los conglomerados ID 13 e ID 18, genera afectaciones en términos de riesgo de no poder satisfacer los pedidos de los clientes implicando costos operativos por concepto de horas extra.

Basar la programación de la producción en un método de pronóstico no efectivo para el seguimiento de la demanda, en el caso de DCM, repercute en los SKU sobrepronosticados, lo cual afecta los niveles de inventario e implica una mayor presión al subproceso de empaque por producto que no se vende al final de mes, afectando nuevamente la rotación de inventario y, por consiguiente, la liquidez.

La etapa de diagnóstico evidencia la necesidad de redefinir las prácticas de trabajo vinculadas al subproceso de empaque. Determina, como la principal oportunidad de mejora, alinear la programación de la producción a las buenas prácticas, promoviendo una mejor utilización de la capacidad instalada para incrementar la flexibilidad de la planta, nivelar las utilidades de las máquinas empacadoras, conciliando el flujo de producción con la demanda, replantear el método de pronóstico y establecer niveles de inventario según la clasificación ABC, que les conceda a los productos “B” y “C” alcanzar una rotación de inventario similar a los productos “A”, que permita mejorar el ciclo de conversión de efectivo y en consecuencia la liquidez, sin poner en riesgo la promesa de servicio.

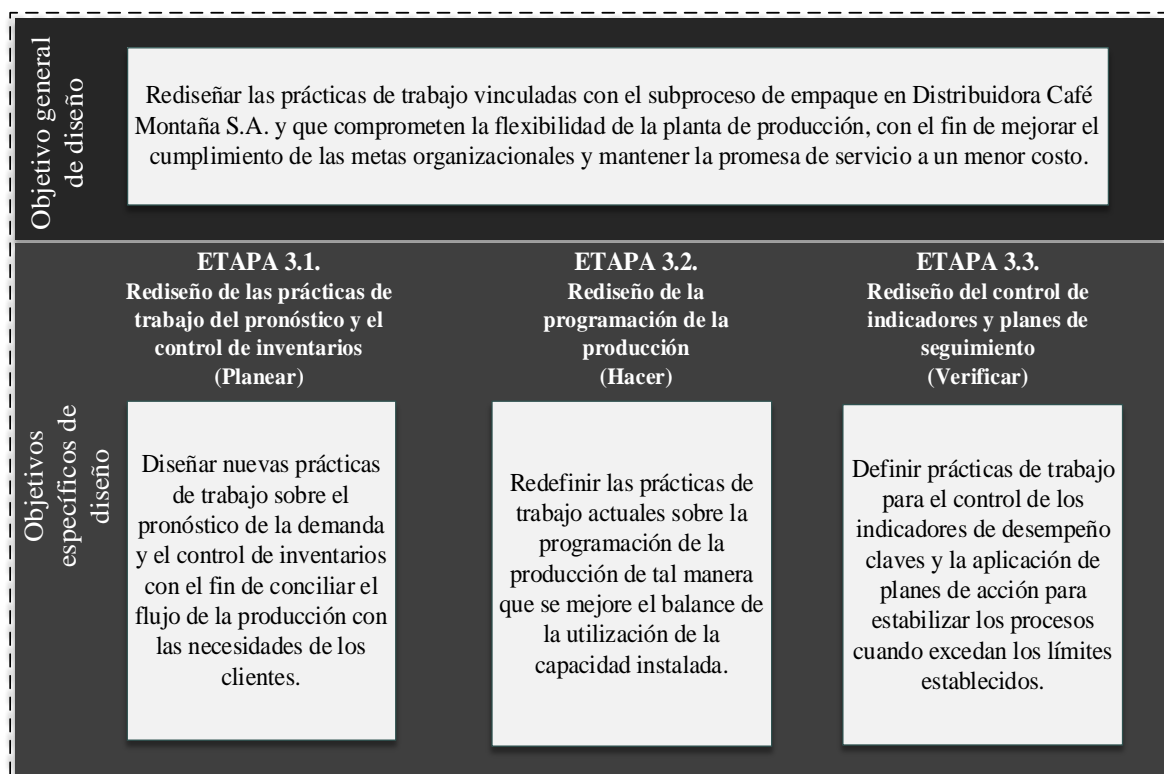
Capítulo 3. Diseño

A partir de los resultados presentados en la sección de diagnóstico se establece que existe un incumplimiento de metas organizacionales, condición que genera impactos negativos en los costos de operación, lo que da paso a que exista un riesgo incremental de que la empresa no sea capaz de sostener la promesa de servicio. Por lo tanto, en este apartado se plantea el rediseño de las prácticas de trabajos claves en el subproceso de empaque que se encuentran vinculadas directamente con el problema del proyecto. Lo anterior se hace con el objetivo de mejorar los indicadores de metas concernientes a este trabajo y mantener la promesa de servicio a un menor costo.

Con respecto a la estructura de este capítulo, el abordaje se plantea a partir de tres etapas que cuentan con sus respectivos objetivos. Esta información se encuentra estructurada de forma resumida en la figura que se muestra seguidamente.

Figura 30

Objetivos de la etapa de diseño



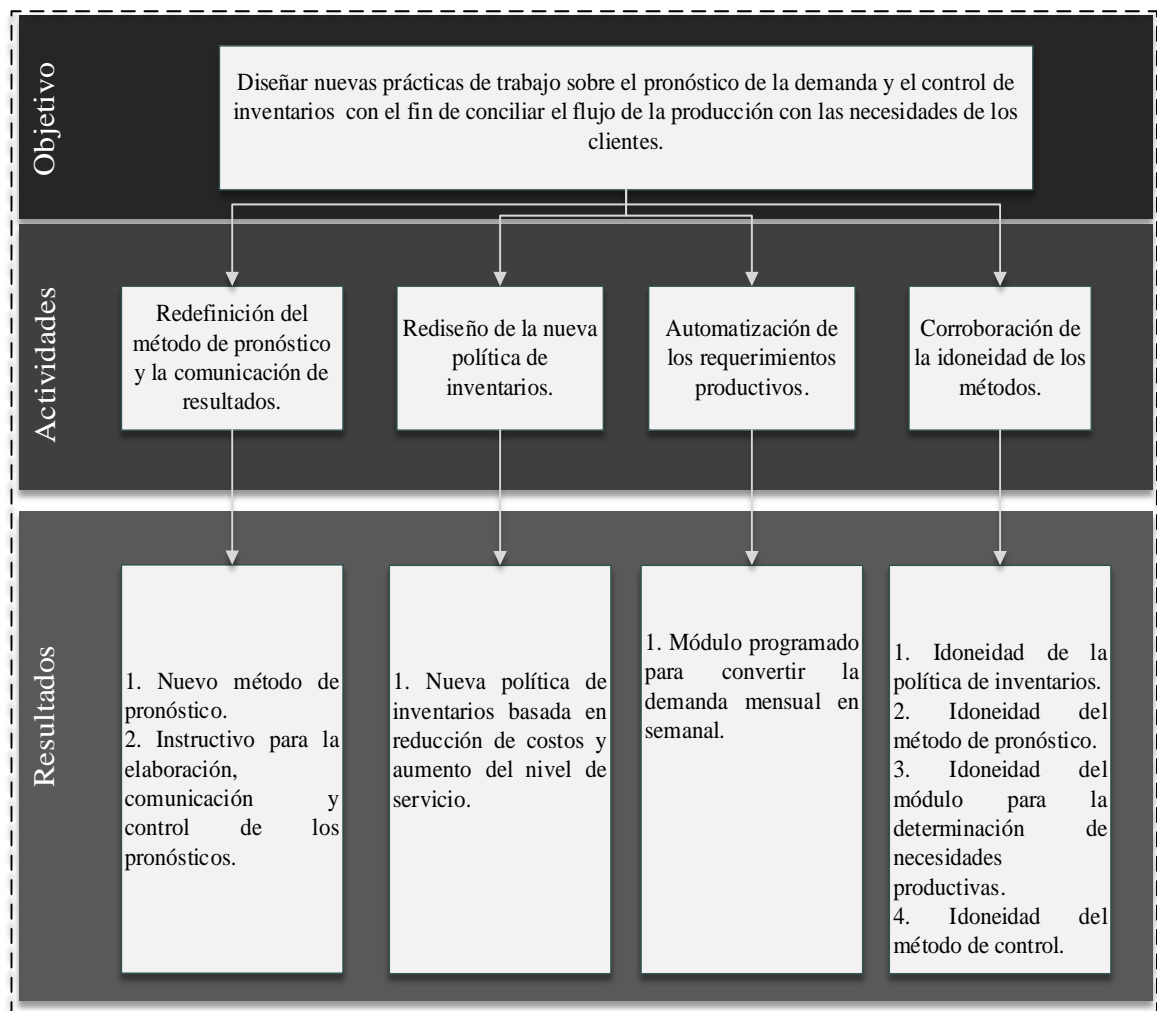
Con el propósito de lograr lo establecido en la figura anterior, se utilizan como herramientas la programación en R, Python y Visual Basic, el análisis estadístico, la revisión documental y la entrevista.

3.1 Rediseño de las prácticas de trabajo del pronóstico y el control de inventario

En la primera etapa de diseño se define una nueva política de inventario, que permite reducir los costos de acarreo y mantener el nivel de servicio para cada producto en particular. Además, se rediseñan las técnicas cuantitativas de pronóstico, la estrategia de comunicación de los resultados, y se efectúa la corroboración de la idoneidad de las nuevas prácticas de trabajo planteadas. A continuación, se presenta el diagrama que resume el objetivo, las actividades y los resultados esperados de esta fase.

Figura 31

Objetivos, actividades y resultados del rediseño del pronóstico de la demanda y control de inventarios



3.1.1 Redefinición del método de pronóstico y la comunicación de los resultados

En esta actividad, se desarrollan las nuevas prácticas de trabajo relacionadas con los pronósticos de la demanda, para lo cual se diseña un modelo dinámico integrado a la herramienta propuesta, que

satisface las necesidades específicas de cada uno de los productos. Posteriormente, se crea un instructivo que brinda las pautas a seguir en torno a la estimación de las ventas y la comunicación de los resultados.

3.1.1.1 Diseño del modelo de pronóstico

Los nuevos métodos de pronóstico deben cumplir con dos condiciones indispensables para la organización: a) ser dinámicos para ajustarse a los componentes estadísticos cambiantes de las ventas para cada uno de los productos y b) reducir el error de pronóstico. Para lo anterior se programa y entrena un modelo para la generación automática de pronósticos utilizando el software libre R, un entorno con enfoque estadístico.

La programación contempla un código que analiza todos los posibles modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA), que satisfacen los componentes de tendencia, nivel y estacionalidad encontrados de forma inteligente y dinámica para cada uno de los productos, y provee la estimación que minimiza el error de pronóstico para el periodo que seleccione el usuario de acuerdo con el nivel de significancia deseado. En caso de que el modelo no sea capaz de encontrar un método que sea confiable, debido a la inestabilidad en el comportamiento de las ventas históricas de algún artículo en particular, se le indica al usuario que debe realizar la estimación a partir de su experiencia o en conjunto con las personas respectivas.

El entrenamiento del modelo consiste en recuperar los datos de las ventas de los últimos tres años para cada uno de los productos, con el fin de posteriormente analizar y tratar los valores atípicos y eventos, con el propósito de proveer información de alta calidad al código para que sea capaz de aprender sobre tendencias, estacionalidad y otros componentes estadísticos que caracterizan las ventas históricas de los artículos.

De esta manera, el método de pronósticos es dinámico; responde y se actualiza según la nueva información que incorpore el usuario mes con mes para la estimación del siguiente periodo. Además, se garantiza que la selección está basada en reducir el error, lo que es importante ya que esto representa uno de los principales indicadores de éxito del proyecto.

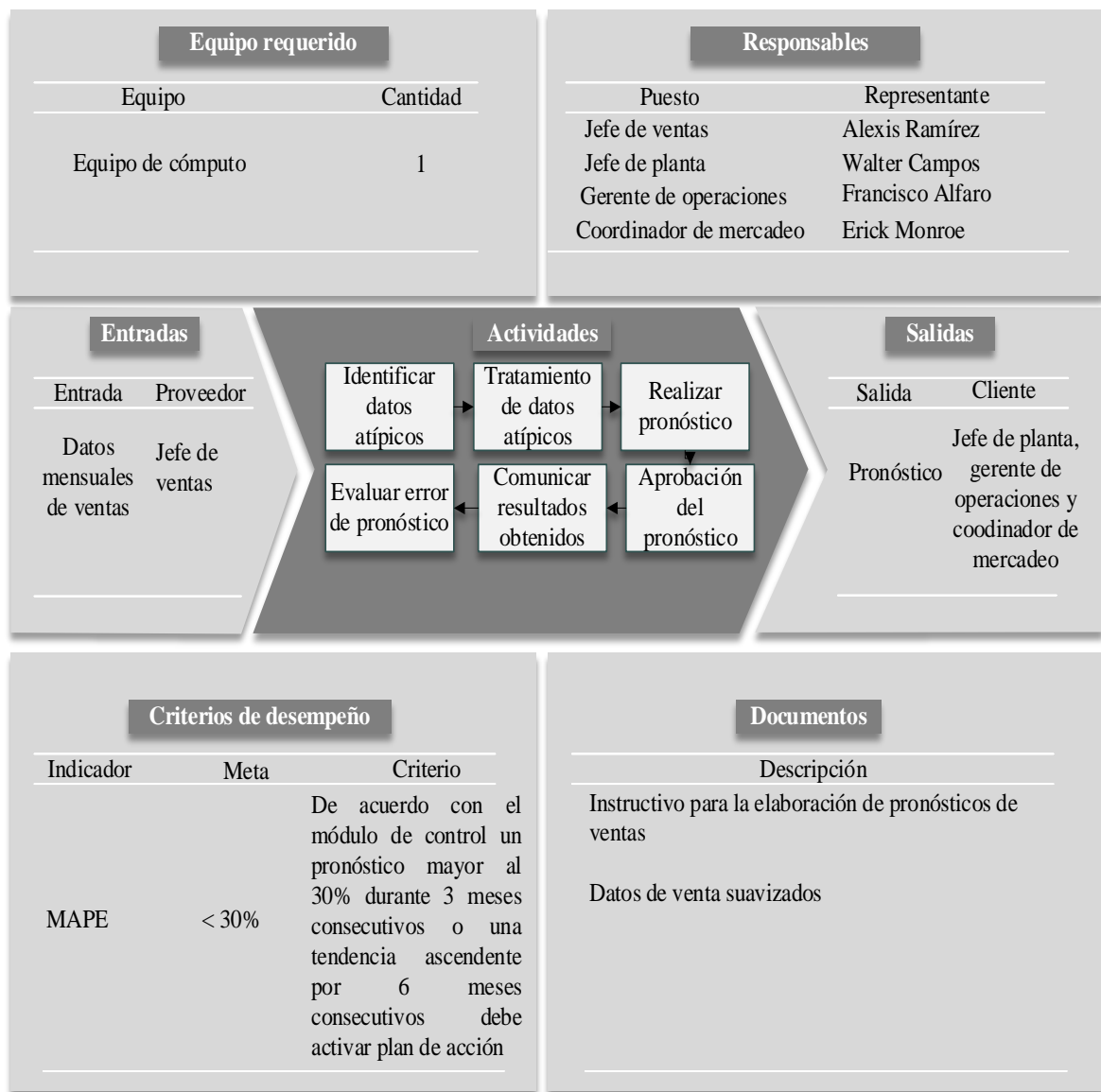
Finalmente, el código se integra a la herramienta y se activa por medio de botones mediante una interfaz gráfica limpia y fácil de usar, en el que las unidades estimadas por el modelo y su intervalo de confianza son completamente editables según los planes especiales del departamento de ventas. Es posible consultar en el Apéndice 3 la ilustración correspondiente al módulo de pronósticos. Además, el significado de cada uno de los iconos se encuentra en el Apéndice 4, respecto al manual del usuario de la herramienta.

3.1.1.2 Diseño del instructivo para la elaboración, comunicación y control de los pronósticos

Una vez establecido el nuevo modelo de pronóstico para DCM, se diseña un instructivo en el que se detallan las actividades, los requisitos y el plan para aprobar y comunicar los resultados. Este documento se encuentra en el Apéndice 5. La información que contiene el instrumento mencionado anteriormente se resume en el diagrama de tortuga que se muestra a continuación.

Figura 32

Elaboración del pronóstico



3.1.2 Rediseño de la nueva política de inventarios

La política actual en DCM es mantener dos semanas de inventario para todos los productos, independientemente de las características específicas de la demanda para cada artículo, lo que es contrario a la necesidad organizacional de reducir los costos de acarreo. En esta actividad, se procura encontrar una estrategia que permita disminuir el impacto en costos de mantener producto en el almacén, pero conservando o mejorando los niveles de servicio requeridos por la empresa. El fill rate promedio resultado de incluir el canal tradicional y moderno para el 2019 es del $(96.5 \pm 4.9) \%$.

3.1.2.1 Selección de las opciones de políticas de inventario por analizar.

Como primer parte del proceso de selección, se evalúan las siguientes tres políticas de inventario periódicas, ya que las continuas no son viables ni factibles debido al alto grado de complejidad e inversión necesario para integrarlas al sistema informático de la empresa:

- a. Política T, S: control del inventario a través de verificación periódica (T) y nivel de inventario objetivo (S).
- b. Política T, s, S: control del inventario por medio de verificación periódica (T), punto de reorden (s) y nivel de inventario objetivo (S).
- c. Política T, s, Q: control del inventario mediante verificación periódica (T), punto de reorden (s) y cantidad económica de pedido (Q).

La definición y características de las políticas de inventario mencionadas se encuentran en el Apéndice 6. Las variables T, s, S y Q son estimadas para cada uno de los productos de DCM con el objetivo de evaluar las políticas. Para su cálculo se recolectan los siguientes datos: a) nivel de servicio, b) lead time promedio, c) costo de poner una orden, d) costo de acarreo, e) periodo de revisión requerido y f) demanda semanal. Las fórmulas empleadas para la estimación de cada una de estas variables se encuentran en el Apéndice 7 y los resultados se muestran en el Apéndice 8.

3.1.2.2 Política de inventario seleccionada mediante comparación.

Una vez determinado el valor de los parámetros para cada producto en estudio, se procede a efectuar una simulación con el software AnyLogic. La ficha técnica de este estudio puede ser consultada en el Apéndice 9. Los criterios de selección para la nueva política son: a) menor costo total y b) mayor nivel de servicio.

Es importante aclarar que la evaluación se lleva a cabo para cada uno de los productos estudiados, sin embargo, el resultado final permite determinar que una única política es adecuada para todos y satisface las necesidades específicas de cada artículo, siempre y cuando se respeten los parámetros individuales mostrados en el Apéndice 8.

Por lo tanto, y por razones de simplicidad, la siguiente tabla muestra los resultados agrupados de la simulación, en los que se puede observar que la política que mejor satisface los criterios de evaluación es la que contempla un periodo de verificación (T), un punto de reorden (s) y un nivel de inventario objetivo (S).

Tabla 10

Resultados de la simulación para seleccionar una política de inventario.

Criterio	Política T, S	Política T, s, S	Política T, s, Q
Costos totales (\$)	2 687 002 ± 3 944 958	155 458 ± 227 462	2 425 929 ± 3 946 822
Nivel de servicio (%)	85 ± 2	99 ± 1	14 ± 32

3.1.3 Automatización de los requerimientos productivos

Una vez planteado el nuevo modelo de pronóstico y la política de inventario para la organización, es necesario automatizar la forma en que se determina la demanda semanal. Actualmente, es una actividad en la que el jefe de planta debe verificar cada artículo y determinar cuántas unidades producir para la semana siguiente, lo que representa un proceso manual intensivo que demanda al menos 30 minutos todos los viernes y se basa únicamente en la política de dos semanas de inventario.

Por lo tanto, el nuevo módulo propuesto es programado en R y convierte la demanda mensual en semanal al determinar cuáles productos y en qué cantidades se deben producir según las velocidades de consumo históricas por artículo de la semana en estudio y los parámetros de la nueva política de inventarios. Esto se calcula a partir de los niveles de inventario en el almacén de producto terminado y del pronóstico de la demanda previamente aprobado.

El módulo cuenta con una interfaz limpia y fácil de usar en la que el usuario puede editar las cantidades según las necesidades operativas del momento, alguna consideración experta o su criterio al observar la cantidad de días estimada hasta alcanzar el punto de reorden. Además, le da un horizonte de dos semanas en el futuro, con el fin de que tome las decisiones pertinentes con respecto a las cantidades y artículos por producir, así como su prioridad. Es posible encontrar una ilustración de este módulo en el Apéndice 3.

3.1.4 Corroboración de la idoneidad de la política de inventarios, método de pronóstico y el módulo para la determinación de las necesidades productivas

En este apartado, se procede a evaluar preliminarmente la nueva política de inventarios y el método de pronóstico mediante un análisis de escenarios en retrospectiva, en el que se busca que las condiciones diseñadas muestren una mejora sustancial con respecto a las actuales. Al mismo tiempo, se estudia el módulo para la determinación de las necesidades productivas a partir del tiempo de ejecución, ya que este es resultado del método de pronóstico y la política de inventarios. A modo de verificación cualitativa, se exponen y demuestran las funcionalidades de los módulos al gerente de operaciones por medio de una reunión, quien corrobora que es funcional y satisface las necesidades operativas de DCM (F. Alfaro, comunicación personal, 23 de noviembre de 2021).

Los resultados del análisis preliminar sugieren que se acerca a la empresa a la sincronización de la demanda con la producción, y que se reducen tres desperdicios según la filosofía Lean: a) inventario, b) exceso de producción y c) movimientos.

3.1.4.1 Corroboración de idoneidad: Política de inventarios.

El método de evaluación para este apartado se basa en estudiar: a) el CCE, b) la rotación y c) los costos de inventario medio. Para lo anterior, se utilizan los datos resultantes de la simulación efectuada para la selección de la política, se calculan los indicadores y se comparan con los valores del año 2020. En general, los resultados son satisfactorios y la política diseñada es más ventajosa para DCM que la actual en términos de mejora de la liquidez y reducción de costos. La siguiente tabla muestra el valor de los indicadores calculados.

Tabla 11

Porcentaje de mejoría en indicadores utilizando la nueva política de inventarios con respecto a lo sucedido en el 2020

Indicador	Porcentaje de mejoría (%)
CCE	37.3
Rotación	52.1
Costos de inventario medio	62.3

3.1.4.2 Corroboración de idoneidad: Método de pronóstico.

Para determinar que el nuevo método de pronóstico es adecuado, se efectúa un análisis en retrospectiva del rendimiento del MAPE obtenido como resultado de la utilización del método actual de estimación de la demanda para los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021 y se compara con el error de pronóstico consecuencia de emplear el método propuesto. En general, el nuevo modelo diseñado para DCM es adecuado y reduciría el MAPE a niveles inferiores al 30 % en los periodos analizados, presentando una mejora promedio para los tres artículos representativos de hasta un (139 ± 78) p.p.. La siguiente tabla muestra los resultados para cada producto analizado.

Tabla 12

Porcentaje de mejoría en MAPE utilizando el nuevo método de pronósticos con respecto a lo sucedido en agosto, setiembre y octubre de 2021

ID	MAPE con método actual (%)			MAPE con método propuesto (%)			Mejora mensual (p.p.)
	Agosto	Setiembre	Octubre	Agosto	Setiembre	Octubre	
13	131	96	101	2.30	15.00	8.65	101 ± 23
23	63	78	166	4.01	7.05	0.02	99 ± 54
18	188	156	329	3.08	9.95	3.64	219 ± 87

3.1.4.3 Corroboración de idoneidad: Determinación de las necesidades productivas.

Las pruebas consistieron en simular los pasos para correr el programa y el tiempo de respuesta de la herramienta. En promedio, la ejecución del sistema, incluyendo las actividades que debe llevar a cabo el usuario, como subir el archivo de inventario de producto terminado y el accionamiento de los botones, tarda (29.3 ± 4.72) segundos. Esto quiere decir que existe una reducción del tiempo requerido para determinar las necesidades productivas de la semana en análisis del 98.3 %, lo que satisface el requerimiento de reducción del esfuerzo comunicado por el jefe de planta y le permite concentrarse en actividades de mayor valor agregado, como la toma de decisiones tácticas para la operación.

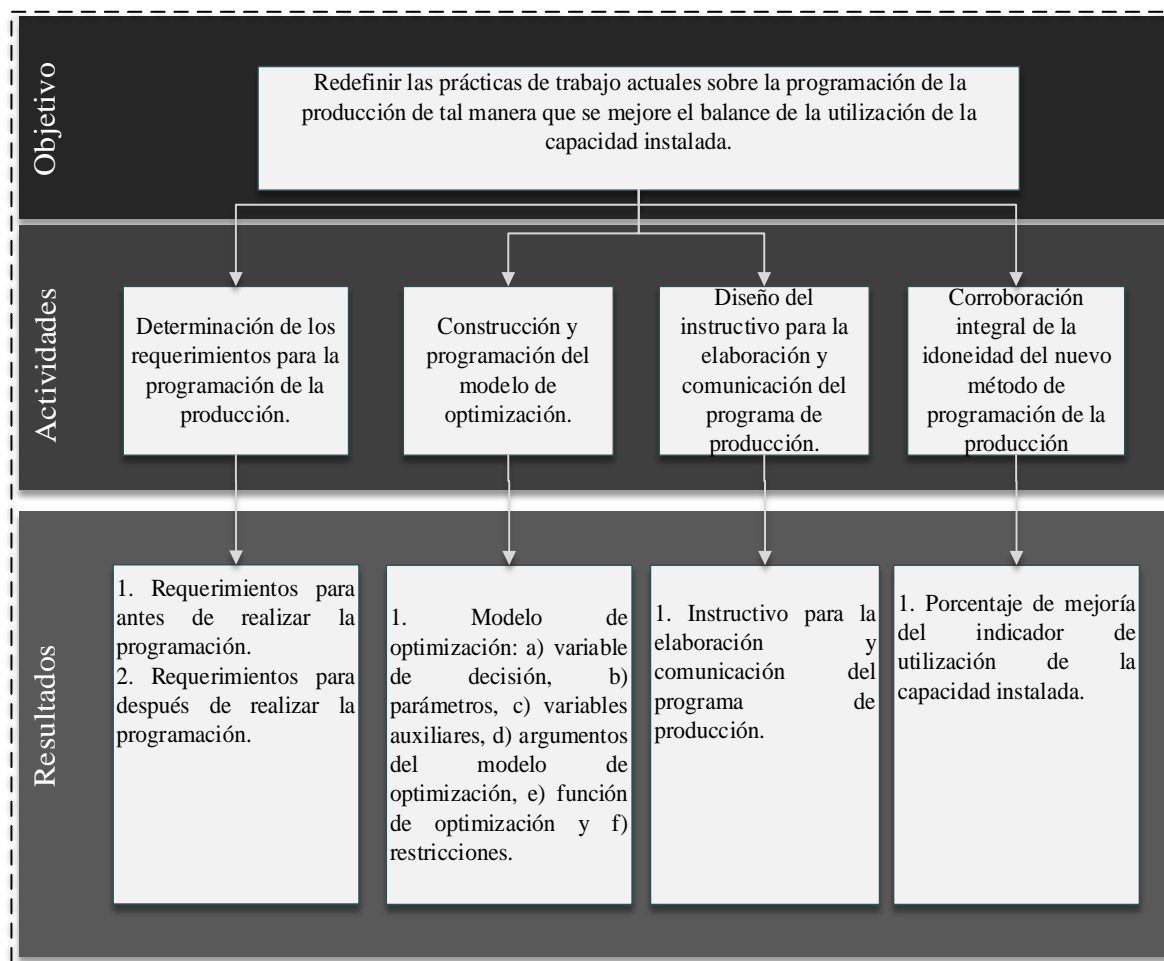
3.2 Rediseño de la programación de la producción

En la segunda etapa del presente capítulo se lleva a cabo el levantamiento de los requerimientos para la programación de la producción, la construcción del modelo de optimización, la elaboración del

instructivo para las actividades de la programación de la producción y la corroboración del diseño mediante un análisis en retrospectiva. Para lograr lo anterior, se utiliza la metodología que se muestra en la siguiente figura.

Figura 33

Rediseño de la programación de la producción



3.2.1 Determinación de los requerimientos para la programación de la producción

La programación de la producción en DCM debe seguir lineamientos especiales que son únicos en la operación de la compañía, los cuales se enumeran en este apartado, basándose en entrevistas previas con el jefe de planta y el gerente de operaciones, así como en observaciones directas efectuadas por los estudiantes.

Se determina que antes de realizar la programación de la producción es necesario que sea posible:

- a. Elegir de forma dinámica el tipo de café que es capaz de producir cada máquina: puro, torrefacto o ambos.
- b. Incluir horas de inactividad por paros programados para cada máquina según el día de la semana.

- c. Modificar el tiempo de ciclo para cada máquina según el tipo de producto.
- d. Establecer si existen productos que no son posibles de producir en alguna máquina en específico.
- e. Asignar una categoría a los productos que los vincule con la cantidad de recurso humano requerido para su producción.
- f. Establecer la cantidad de horas netas disponibles por día operativo, con el fin de anticiparse a cierres programados, feriados, capacitaciones, entre otros.
- g. Incluir la cantidad de recurso humano total por día operativo, con el objetivo de incorporar el efecto de las ausencias justificadas en la capacidad operativa.
- h. Establecer, por día laboral, si una máquina está operativa o completamente fuera de servicio.

Así mismo, se define que posterior a la ejecución del modelo de optimización, es necesario que se:

- a. Se muestre un calendario de producción que incluya el nombre del producto, la secuencia, la distribución por máquina y día, así como las unidades requeridas y el tiempo total estimado de operación por equipo.
- b. Se permitan cambios en el calendario de producción.
- c. Exista un tablero que facilite:
 - Observar de forma dinámica los costos operativos programados, los costos operativos no programados, la variación porcentual y neta en los costos operativos de los cambios realizados en el programa, la utilización promedio de las máquinas, el equipo con mayor utilización estimada y las horas extra programadas.
 - Gráficas de utilización del equipo, volumen de producción programada por producto y kilos según el tipo de café programado.

Estos requerimientos se trasladan a la interfaz gráfica de la herramienta, resultando en dos módulos: a) capacidad y b) programación. Las figuras que ilustran estas secciones de la herramienta pueden ser consultadas en el Apéndice 3.

3.2.2 Construcción y programación del modelo de optimización

Una vez determinados los requerimientos indispensables para la herramienta, se procede a la creación del modelo de optimización basado en las pautas previamente identificadas. El diseño se efectúa utilizando Python como lenguaje de programación y se integra a la herramienta mediante botones y comandos en Visual Basic, que activan el código y lo corren como un proceso en segundo plano, con el fin de aumentar el aprovechamiento de los recursos informáticos disponibles y potenciar la experiencia del usuario.

3.2.2.1 Modelo de optimización

El diseño del modelo está compuesto por seis elementos: a) variable de decisión, b) parámetros, c) variables auxiliares, d) argumentos, e) función de optimización y f) restricciones.

3.2.2.1.1 Variable de decisión

La variable de decisión para el modelo es la cantidad de unidades requeridas que se deben producir para cada uno de los productos según el día de la semana y la máquina. La siguiente tabla define cada de los elementos que la conforman.

Tabla 13*Variable de decisión para el modelo de optimización*

Descripción	Variable		
Unidades por producir.	$X_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.

3.2.2.1.2 Parámetros

Los parámetros establecidos para el modelo se basan en los requerimientos estipulados en la primera actividad de esta etapa. Estos varían según las necesidades operativas, y le brindan al sistema las instrucciones necesarias para determinar las condiciones bajo las que se debe optimizar la producción y generar las distribuciones de las unidades por producto, día de la semana y máquina. La tabla que sigue a continuación resume los elementos que conforman cada uno de los parámetros.

Tabla 14*Parámetros para el modelo de optimización*

Descripción	Variable		
Demanda semanal de producto.	D_p	$p = 1,2,\dots,P$	P: Producto.
Demanda diaria de producto.	G_p	$p = 1,2,\dots,P$	P: Producto.
Tiempo de ciclo.	T_m	$m = 1,2,\dots,M$	M: Máquina.
Unidades mínimas asignables.	M_p	$p = 1,2,\dots,P$	P: Producto.
Costos operativos ordinarios.	C_p	$p = 1,2,\dots,P$	P: Producto.
Costos operativos extra.	B_p	$p = 1,2,\dots,P$	P: Producto.
Horas operativas disponibles.	$H_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Tiempo neto disponible.	N_t	$t = 1,2,\dots,T$	T: Día de la semana.
Disponibilidad operativa.	$E_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Recurso humano disponible.	R_t	$t = 1,2,\dots,T$	T: Día de la semana.
Categoría de personal.	V_t	$t = 1,2,\dots,T$	T: Día de la semana.

Descripción	Variable		
Tipo de formador A.	$A_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Tipo de formador B.	$B_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Tipo de formador C.	$C_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Tipo de formador D.	$D_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Tiempo de set up.	$S_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Utilización de máquinas.	$U_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.

3.2.2.1.3 Variables auxiliares

Las variables auxiliares cumplen un rol de asistencia a la programación, y generalmente son binarias. La siguiente tabla muestra un resumen de las que se utilizan en el modelo de optimización diseñado.

Tabla 15

Variables auxiliares para el modelo de optimización

Descripción	Variable		
Producir en tiempo extra.	$Y_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Estado operativo de la máquina.	$O_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Café puro.	n_j	$j = 1,2,\dots,J$	J: Productos de café puro.
Café torrefacto.	q_k	$k = 1,2,\dots,K$	K: Productos de café torrefacto.

3.2.2.1.4 Argumentos del modelo de optimización

Posterior a definir la variable de decisión, los parámetros y las auxiliares, se procede a determinar los argumentos de la función por optimizar. En la siguiente tabla, se detalla cada uno de ellos y se muestran los principales componentes que los conforman.

Tabla 16

Argumentos de la función de optimización

Descripción	Argumento
Costo operativo ordinario (α).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P X_{t,m} \cdot C_p$
Costo operativo extra (δ).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P X_{t,m} \cdot B_p \cdot Y_{t,m}$
Variabilidad de la utilización de máquinas (β).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sigma_{t,m}$
Tiempo extra (μ).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M X_{t,m} \cdot Y_{t,m}$
Cambios de formador (γ).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M A_{t,m} + B_{t,m} + C_{t,m} + D_{t,m}$
Tiempo de set up (ρ).	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_{t,m} \cdot O_{t,m}$

3.2.2.1.5 Función de optimización

La ecuación del modelo es la suma de todos los argumentos presentados en la tabla anterior. En términos generales, se busca minimizar el resultado, ya que para DCM es indispensable que los costos de producción sean los más bajos posibles, la utilización de las máquinas se nivele, el tiempo extra requerido sea solamente el estrictamente necesario, los cambios de formador sean los menos posibles debido al esfuerzo que conlleva ejecutar cada uno de ellos y que los tiempos de set up sean solamente los requeridos. De esta manera, se plantea la siguiente fórmula.

Ecuación 5

Ecuación de optimización

Minimizar $Z = \alpha + \delta + \beta + \mu + \gamma + \rho$

3.2.2.1.6 Restricciones

La función anterior está sujeta a una serie de restricciones lógicas y a otras que responden a las necesidades operativas de la planta. El detalle sobre cada una puede ser consultado en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 17

Restricciones del modelo para la programación de la producción

Descripción	Restricción		
Relación estado operativo y disponibilidad.	$O_{t,m} = E_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Relación tiempo de producción y disponible.	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M X_{t,m} \cdot T_m \leq (H_{t,m} - S_{t,m}) \cdot O_{t,m}$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible.
Relación unidades asignadas y demanda diaria.	$X_{t,m} \leq G_p$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$ $p = 1,2,\dots,P$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible. P: Producto.
Relación unidades asignadas y demanda semanal.	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M X_{t,m} \leq D_p$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$ $p = 1,2,\dots,P$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible. P: Producto.
Requerimiento de utilización.	$U_{t,m} \leq 0.90$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$ $p = 1,2,\dots,P$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible. P: Producto.
Personal disponible.	$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M X_{t,m} \cdot T_m \cdot V_p \leq R_t \cdot N_t$	$t = 1,2,\dots,T$ $m = 1,2,\dots,M$ $p = 1,2,\dots,P$	T: Día de la semana. M: Máquina disponible. P: Producto.

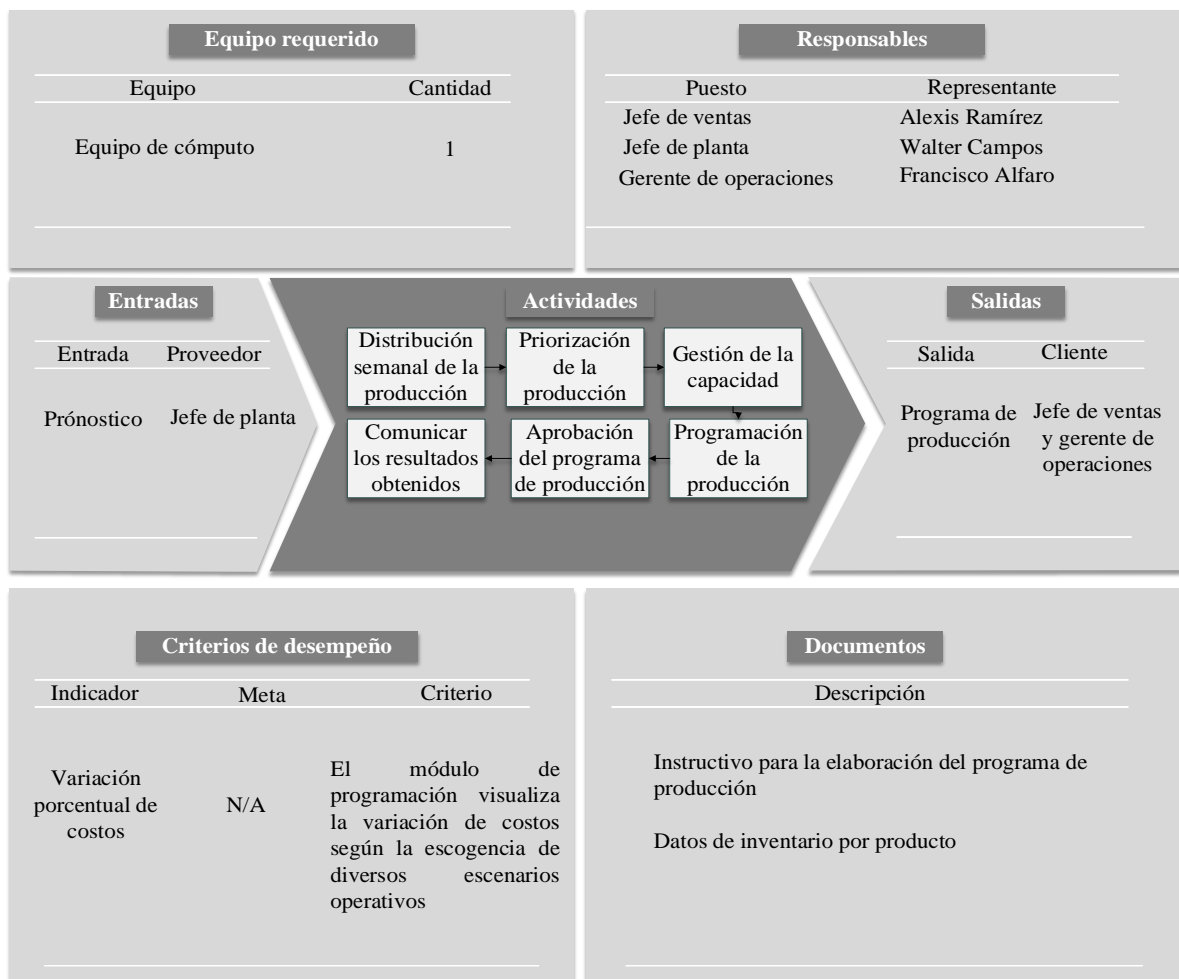
Descripción	Restricción		
Mínimo asignable a cada máquina.	$X_m \geq M_p$	$m = 1, 2, \dots, M$ $p = 1, 2, \dots, P$	M: Máquina disponible. P: Producto.

3.2.3 Diseño del instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción

Las nuevas prácticas de trabajo requieren de un documento que marque las pautas de las actividades propuestas y que permita estandarizar las acciones que se tomen. Es por esto por lo que se crea el instructivo para la elaboración y comunicación del programa de producción, el cual se presenta detalladamente en el Apéndice 10. La información se resume en el diagrama de tortuga que se muestra a continuación.

Figura 34

Elaboración y comunicación del programa de producción



3.2.4 Corroboración de la idoneidad del método de programación de la producción

En esta sección, se evalúa el nuevo método de programación de producción a través de un análisis de escenarios en retrospectiva para cuatro semanas del año 2021 que cuenten con información disponible al momento de ejecutar el estudio, con el fin de determinar preliminarmente si la propuesta permite mejorar las condiciones actuales que se presentan en DCM en términos de utilización del equipo. Además, como corroboración cualitativa, se le presentan y demuestran las funcionalidades del módulo al gerente de operaciones mediante una reunión, quien afirma que es eficaz y que satisface las necesidades operativas de la empresa (F. Alfaro, comunicación personal, 23 de noviembre de 2021).

Los resultados obtenidos muestran que en promedio la utilización de las máquinas “uno” y “dos” pasan del $(74.79 \pm 10.26) \%$ y del $(89.54 \pm 5.00) \%$ a $(66.85 \pm 5.95) \%$ y al $(38.67 \pm 14.83) \%$, respectivamente. Es importante notar que la teoría recomienda que la utilización debe mantenerse por debajo del 80 %, por lo que este resultado es satisfactorio especialmente para el equipo “dos”, y le da mayor margen de acción a la planta en caso de que ingresen pedidos no planificados de café torrefacto, porque cabe recordar que, debido a limitaciones técnicas, esta máquina solo es capaz de producir ese tipo de producto. Por otro lado, para las máquinas “tres” y “cuatro”, el indicador pasa del $(26.57 \pm 10.29) \%$ y del $(51.29 \pm 8.41) \%$ al $(59.07 \pm 1.68) \%$ y al $(58.2 \pm 1.32) \%$.

Posterior a analizar los resultados alcanzados, se determina que lo más adecuado es utilizar el rango como medida de dispersión. Los datos sugieren una disminución generalizada de hasta 31.03 p.p. de la variación en la utilización del equipo para las semanas analizadas, ya que el rango pasa del 78.93 % al 47.90 % lo que apunta a que la operación se acerca a nivelar la utilización de las máquinas. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos durante la evaluación.

Tabla 18

Resultados de la utilización por máquina en el análisis en retrospectiva del módulo de programación de la producción

Semana	Utilización en el escenario real (%)					Utilización en el escenario propuesto (%)				
	M1	M2	M3	M4	Rango	M1	M2	M3	M4	Rango
40	79.89	84.51	17.48	51.12	78.93	63.90	24.40	60.80	56.80	47.90
42	64.84	89.36	30.38	45.17		59.90	40.20	59.90	59.90	
43	67.75	87.91	19.04	63.26		71.30	31.40	56.90	57.60	
44	86.69	96.41	39.38	45.64		72.30	58.70	58.70	58.50	

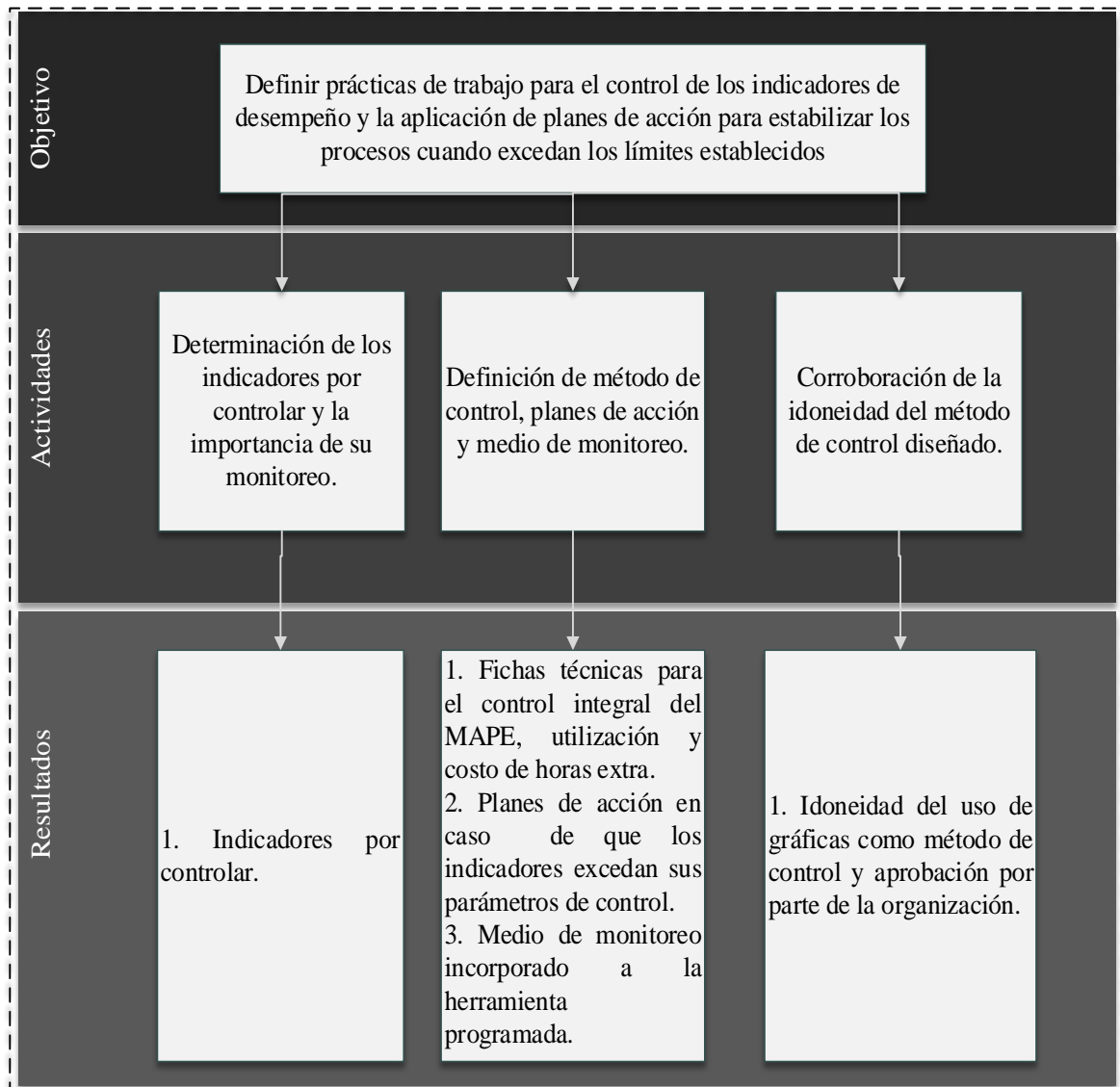
Nota: M1, M2, M3, M4 corresponden a las máquinas “uno”, “dos”, “tres” y “cuatro”; respectivamente.

3.3 Diseño del control de indicadores y planes de seguimiento

En la tercera etapa se lleva a cabo la determinación de los indicadores que deben ser monitoreados y sus metas de desempeño: a) MAPE, b) utilización de la capacidad instalada y c) costos por horas extra. Además, se establecen los planes de acción por ejecutar en caso de que sus valores excedan los parámetros de control. Para lograr lo anterior, se utiliza la metodología que se muestra en la siguiente figura.

Figura 35

Diseño del control de indicadores y planes de seguimiento



3.3.1 Determinación de los indicadores por controlar y la importancia de su monitoreo

Las variables clave para los temas que conciernen a este proyecto y que resultan significativas para la organización son: a) error de pronóstico, b) utilización de la capacidad instalada y c) costos operativos extra. Por lo tanto, se definen los siguientes indicadores para su control en la herramienta programada: a) MAPE, b) utilización del equipo y c) costo de horas extra. A continuación, se detalla el área de aplicación, la importancia del monitoreo y el modo de cálculo para cada uno.

3.3.1.1 Indicador MAPE

El error porcentual absoluto medio (MAPE) es un indicador de desempeño del pronóstico de la demanda y brinda las bases para el monitoreo de la precisión del método con que se estiman las unidades que es probable vender en el periodo en estudio.

- Área de aplicación

Proceso de producción.

- Importancia de monitoreo

Una consecuencia de las prácticas de trabajo actuales son los altos errores de pronóstico, que provocan impactos negativos en los costos de operación ya que se incrementan los costos por acarreo, y se pone en riesgo la promesa de servicio, debido a que se produce inventario que no es requerido, lo que resta capacidad instalada y espacio de almacenamiento. Por lo tanto, se requiere monitorear y controlar el método de pronóstico utilizado por la organización, para obtener información fehaciente como insumo para la programación de la producción y evitar los efectos indeseables presentados anteriormente.

- Modo de cálculo

Ecuación 6

Modo de cálculo del MAPE

$$\text{MAPE (\%)} = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot \sum_{i=1}^T \left| \frac{A_t - P_t}{A_t} \right| \cdot 100$$

Donde;

n: Cantidad de periodo.

A: Ventas reales del periodo (unidades).

P: Pronóstico del periodo (unidades).

3.3.1.2 Indicador de utilización del equipo

La utilización de las máquinas empacadoras responde a las necesidades operativas de la planta de producción. Este indicador permite conocer si los recursos disponibles se están sobrecargando, o bien, si existe algún sesgo al emplear determinados equipos en específico, que pone en riesgo la flexibilidad en DCM.

- Área de aplicación

Subproceso de empaque.

- Importancia de monitoreo

El problema del proyecto está directamente relacionado con la utilización no nivelada de las máquinas. En el diagnóstico se comprueba que lo anterior genera costos adicionales, le resta flexibilidad a la planta y compromete la promesa de servicio, lo que corresponde a efectos indeseables planteados en el problema. Por lo tanto, monitorear la utilización permite tomar acciones para reducir las condiciones negativas mencionadas anteriormente.

- Modo de cálculo

Ecuación 7

Modo de cálculo de la utilización del equipo

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{\sum_i^I X_i \cdot Y_i}{Z+W} \cdot 100$$

Donde,

X_i : Tiempo de ciclo por producto (horas).

Y_i : Cantidad por producto a producir (unidades).

Z: Tiempo semanal disponible (horas).

W: Tiempo extra requerido (horas).

3.3.1.3 Indicador de costos por horas extra

Las horas extra corresponden al tiempo adicional que debe ser destinado para satisfacer las necesidades productivas. En DCM están relacionadas con tener que trabajar los sábados para atender pedidos no planificados, lo que está vinculado con prácticas de trabajo rígidas, en términos de flexibilización de la planta de producción.

- Área de aplicación

Subproceso de empaque.

- Importancia de monitoreo

Las horas extras acumuladas representan un factor importante dentro de los gastos operativos de DCM. Para los años 2018 y 2019 se sobrepasa en un 12.5 % el presupuesto establecido para este fin. Según los hallazgos del diagnóstico, de no hacerse modificaciones a las prácticas de trabajo actuales para los próximos cinco años, el costo por horas extra para el área de empaque aumenta de manera exponencial. Por lo tanto, representa un indicador que se debe monitorear y controlar.

- Modo de cálculo

Ecuación 8

Modo de cálculo de los costos por horas extra

$$CTHE = H \cdot C \cdot P$$

Donde,

CTHE: Costos totales de horas extra

H: Cantidad de horas extra

C: Costos de una hora extra

P: Cantidad de personal

3.3.2 Definición del método de control, los planes de acción que se deben ejecutar en caso de que los indicadores excedan sus parámetros de control y el medio de monitoreo.

Una vez planteados los indicadores que deben ser monitoreados, se procede a efectuar los planes de acción respectivos, para garantizar que las condiciones básicas necesarias se reestablecen cada vez que se requiera. Por lo tanto, se plantean las fichas técnicas pertinentes en las que se incluyen la forma de control, la periodicidad de revisión, el nivel de referencia y la indicación de cuándo activar los planes de acción. Lo anterior se hace respetando los estándares estipulados por la norma UNE 66175: Guía para la implantación de sistemas de indicadores. Además, se integran los gráficos de control a la herramienta y se establece un tablero dinámico como medio de monitoreo.

3.3.2.1 Control integral del MAPE

Tabla 19

Ficha técnica para el control integral del MAPE

Ficha técnica 1. MAPE	
Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
Indicador.	MAPE.
Forma de control.	Gráfica de control: de acuerdo con Minitab (2018), es posible utilizar la gráfica de observaciones individuales para monitorear la variación del proceso cuando se tengan datos continuos que sean observaciones individuales que no están en subgrupos.
Periodicidad de revisión.	Mensual.

Ficha técnica 1. MAPE Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
Límites de control a monitorear.	<ul style="list-style-type: none"> • Límite superior: 30 %, según Ghiani <i>et al.</i> (2004) si el error de pronóstico es mayor que el 30 %, entonces la técnica de pronóstico es pobre y necesita reevaluarse; por tal motivo, se requiere analizar cada fin de mes si la técnica de pronóstico excede o no el 30 %. • Límite inferior: no es necesario monitorear, ya que un MAPE cercano al 0 % es lo ideal para la organización. • Alertas por identificar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Por producto se revisan aquellos patrones de tres puntos consecutivos por encima del límite superior del 30 %. ○ Por producto se revisan las tendencias ascendentes de seis puntos consecutivos o más, con el fin de determinar la existencia de patrones que puedan exceder el límite de control superior.
Nivel de referencia.	Teórico. Se establece el objetivo según revisión bibliográfica y con aprobación de la organización.
¿Cuándo usar el plan de acción?	Cada vez que se identifiquen las alertas mencionadas.
Datos requeridos.	Pronóstico, reporte de ventas mensual / reporte de la demanda mensual.
Limitaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Para el cálculo del pronóstico requiere al menos de 24 meses de datos históricos. • No se puede calcular un pronóstico de productos irregulares o de "temporada" ya que la serie de tiempo es demasiado corta.
Responsable(s) de ejecutar plan de acción y brindar seguimiento del indicador.	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de ventas • Gerente de operaciones
Plan de acción en caso de que el MAPE exceda sus parámetros de control.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe confirmar que se utilicen los archivos adecuados para el cálculo del pronóstico, de tal manera que el usuario de la herramienta se cerciore que está cargando las fechas correctas de ventas con los datos suavizados. Por ejemplo: si se requiere calcular el MAPE de los meses de enero 2022, se sabe que la herramienta tiene cargado el pronóstico para enero de 2022, de tal forma que las ventas reales/demanda deben coincidir con el mes del 2022 que se desea analizar para obtener el MAPE correcto. 2. El jefe de ventas y el gerente de operaciones deben considerar las posibles causas asignables de los meses "pico" (eventos estacionales, ventas cero, promociones, órdenes de alta/baja demanda debido a cambios en el mercado, negociaciones especiales), de tal forma que sea posible realizar un ajuste cualitativo para recalculer el pronóstico de los meses siguientes de forma más precisa. Los pasos propuestos para llevar a cabo esta acción se encuentran en el Apéndice 11. 	

3.3.2.2 Control integral de la utilización del equipo.

Tabla 20

Ficha técnica para el control integral de la utilización del equipo

Ficha técnica 2. Utilización Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
Indicador.	Porcentaje de utilización semanal de máquinas disponibles.
Forma de control.	Gráfica de control: de acuerdo con Minitab (2018), es posible utilizar la gráfica de observaciones individuales para monitorear la variación del proceso, cuando se tengan datos continuos que sean observaciones individuales que no están en subgrupos.
Periodicidad de revisión.	Mensual.
Límites de control a monitorear.	<ul style="list-style-type: none"> • Límite superior: 90 %. Es preferible analizar la efectividad de contar con una utilización por encima del 90 % que podría señalar la creación de productos para el inventario de forma innecesaria (Sipper y Bulfin, 1998, p.42). • Alertas por identificar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Por máquina se revisan aquellos patrones de tres puntos consecutivos por encima del límite superior del 90 %. ○ Por máquina se revisan aquellas tendencias de seis puntos ascendentes consecutivos por encima del límite superior del 90 %.
Nivel de referencia.	Teórico. Se establece el objetivo según revisión bibliográfica y con aprobación de la organización.
¿Cuándo usar el plan de acción?	Cada vez que se identifiquen las alertas mencionadas.
Datos requeridos.	Tiempo de ciclo, producciones, jornada total disponible y tiempo extra requerido.
Limitaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo no registrado debido a pedidos no programados que alteren el resultado de la fórmula. • Tiempo extra requerido que no se haya registrado y que altere el resultado del cálculo.
Responsable(s) de ejecutar plan de acción y seguimiento del indicador.	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de planta.
Plan de acción en caso de que la utilización exceda sus parámetros de control.	

Ficha técnica 2. Utilización Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
1.	Si la utilización de alguna máquina se encuentra fuera de la especificación, se debe comparar entre las demás máquinas disponibles si existe poca nivelación, por lo tanto, se revisa si hubo mantenimientos, paros no programados, inclusión de nuevos productos no estipulados en la herramienta por pedidos extraordinarios o sobrecargo de operaciones en una máquina debido a que alguna otra esté fuera de funcionamiento, de forma que sea posible justificar la alta utilización de los equipos. Los pasos propuestos para realizar esta acción se encuentran en el Apéndice 12.
2.	Se debe verificar que el secuenciamiento de la producción se haya cumplido según el plan de producción establecido por la herramienta programada que cuenta con un algoritmo de optimización. En caso de que se deban incluir productos a mitad de semana por órdenes no programadas, se ejecuta un análisis cualitativo por parte del supervisor de producción, para de esta manera darle un orden y prioridad lógica a la secuencia de productos pendientes de producir. Las instrucciones para ejecutar lo expuesto anteriormente se encuentran en el Apéndice 13.

3.3.2.3 Control integral de los costos operativos por horas extra

Tabla 21

Ficha técnica para el control integral de los costos por horas extra

Ficha técnica 3. Costos de horas extra Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
Indicador.	Costos de hora extra.
Forma de control.	Gráfica de control: de acuerdo con Minitab (2018), es posible utilizar la gráfica de observaciones individuales para monitorear la variación del proceso cuando se tengan datos continuos que sean observaciones individuales que no están en subgrupos.
Periodicidad de revisión.	Mensual.
Límites de control a monitorear.	<ul style="list-style-type: none"> • Límite de control superior: \$557. La cantidad de horas extra debe ser menor al presupuesto promedio mensual de la organización. • Límite de control inferior: no es necesario monitorear, ya que costos por hora extra cercanos a \$0 es lo ideal para la organización. • Alertas por identificar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se revisan aquellos patrones de tres puntos consecutivos por encima del límite superior de los \$557. ○ Se revisan las tendencias ascendentes de seis puntos consecutivos o más, con el fin de determinar la existencia de patrones que puedan exceder el límite de control superior.

Ficha técnica 3. Costos de horas extra Control del indicador mediante el gráfico de observaciones individuales	
Nivel de referencia.	Se establece el objetivo según el interés de la organización de acuerdo con su presupuesto promedio.
¿Cuándo usar el plan de acción?	Cada vez que se identifiquen las alertas mencionadas.
Datos requeridos.	Horas extra requeridas (mensual), cantidad de personal y costo de una hora extra.
Limitaciones.	N/A
Responsable(s) de ejecutar plan de acción y seguimiento del indicador.	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de operaciones. • Jefe de planta.
Plan de acción en caso de que los costos operativos por horas extra excedan sus parámetros de control.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar en consideración si existen operarios bajo entrenamiento en actividades de cuello de botella que ralenticen la operación de forma que sea posible reubicarlos en tareas de menor dificultad cuando existan órdenes en riesgo de no cumplir su fecha de entrega. Por ejemplo: colocar a los operarios más experimentados para realizar el alineamiento de formadores, ya que es una operación de alta duración y a un colaborador de bajo entrenamiento le va a tomar tiempo adicional. Lo anterior se debe aplicar siempre y cuando haya riesgo de no cumplir la demanda. La capacitación es imprescindible, sin embargo, se puede ejecutar en periodos de menor presión en el sistema. 2. Realizar un ajuste al presupuesto de horas extra asignado, de manera que el límite de control cambie su valor y los costos estén bajo control de la organización. Los pasos propuestos para realizar esta acción se encuentran en el Apéndice 14. 3. Realizar auditoría con el objetivo de verificar y tomar acción, cuando: <ul style="list-style-type: none"> -Los horarios de entrada y salida de jornada laboral incumplen el reglamento interno. -Los recesos no corresponden a lo establecido en el reglamento interno. -Existan paros no programados que imposibiliten la producción. El machote y los pasos propuestos para hacer esta auditoría se encuentran en el Apéndice 15. 	

3.3.2.4 Medio de monitoreo

Posterior a la determinación del método de control y de los planes de acción, es importante incluir la forma en que se despliega la información dentro de la herramienta programada. Para lo anterior, se habilitan cuatro módulos: a) formulario para ingreso del MAPE, b) formulario para el registro de horas extra, c) formulario para la inclusión la utilización de las máquinas y d) módulo de control de indicadores. Es posible encontrar ilustraciones de estas secciones en el Apéndice 3, respecto a la interfaz de los módulos. Además, el instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción se halla en el Apéndice 16.

3.3.2.4.1 Formulario para el ingreso del MAPE

Esta sección calcula automáticamente el MAPE a partir de las ventas del último mes que ingresa el usuario de la herramienta. Los datos son registrados en una base de datos, que es consultada posteriormente y de manera automática por las gráficas de control.

3.3.2.4.2 Formulario para el ingreso de la utilización del equipo

En este módulo es posible registrar las utilizaciones de los equipos de forma semanal. Los datos son ingresados por el usuario y se almacenan en la base de datos respectiva que es eventualmente consultada por las gráficas de control.

3.3.2.4.3 Formulario para el ingreso de las horas extra

En este apartado, el usuario incluye el tiempo extra trabajado durante el periodo en estudio. La herramienta calcula automáticamente el costo asociado en dólares y lo almacena en la respectiva base de datos.

3.3.2.4.4 Tablero de control de indicadores

El tablero presenta los datos de las bases de datos de MAPE, utilización del equipo y horas extra. Es dinámico, se actualiza cada vez que se agregan datos y permite navegar entre productos y máquinas, mostrándole al usuario las líneas de los límites de control para que este pueda tomar decisiones.

3.3.3 Corroboración de la idoneidad del método de control diseñado

El jefe de planta indica que considerar gráficas de control como método de revisión del comportamiento para los indicadores del MAPE, la utilización y las horas extra no implica una carga administrativa adicional significativa, ya que con el nuevo método planteado solo es necesario determinar si algún indicador se encuentra fuera de los límites de control para posteriormente definir y aplicar las acciones que ya se encuentran estipuladas en los instructivos propuestos, lo que es posible llevar a cabo en las reuniones mensuales que ya se ejecutan actualmente para la coordinación de otros temas. Asimismo, indica que el control planteado es de gran beneficio ya que posteriormente permitiría mejorar la ejecución de la programación de la producción (W. Campos, comunicación personal, 10 de febrero de 2021).

Además, las gráficas de control representan un método adecuado para estos efectos ya que representan una herramienta visual que aporta información en cuanto a la evolución de los procesos en el tiempo, lo que permite detectar tendencias y actuar de manera proactiva para anticiparse a problemas potenciales y contrarrestar los riesgos operativos en estudio que se presentan en la organización pero que actualmente no se visibilizan.

Conclusiones del diseño

Las nuevas prácticas de trabajo planteadas, que se vinculan con el subproceso de empaque, permiten aumentar la flexibilidad, ya que se disminuiría la variación en la utilización de las máquinas en hasta 31.03 p.p., lo que da mayor margen de acción para satisfacer la entrada de pedidos extraordinarios y no incurrir en costos de tercerización o tiempo extra. Además, permiten mantener la promesa de servicio a un menor costo, debido a que se reducirían los costos de inventario en hasta un 62.3 % y se incrementaría el CCE en hasta un 37.3 % para el periodo en estudio. Lo anterior garantiza el cumplimiento del objetivo general de diseño.

Por otra parte, el nuevo método de pronóstico programado en R e integrado a la herramienta acerca a la organización a conciliar el flujo de la producción con la demanda, ya que se lograría una reducción preliminar promedio de hasta (139 ± 78) p.p. en el error de pronóstico para los productos representativos en los periodos analizados. Así mismo, el modelo es validado por el gerente de operaciones quien da fe de que las funciones presentadas se ajustan a las necesidades del negocio.

Por otro lado, el modelo de optimización diseñado en Python e incorporado a la herramienta propuesta, permite aproximar a la empresa a niveles de utilización más balanceados, lo que resulta en mayor flexibilidad para la planta. Lo anterior es de acuerdo con los resultados obtenidos de la corroboración inicial del método y la aprobación de la funcionalidad del modelo por parte del gerente de operaciones.

Además, los planes de acción y las fichas técnicas planteadas para el monitoreo de los indicadores facilitan un control constante del desempeño de la herramienta y la operación en el subproceso de empaque. Esto permite a la empresa aplicar operaciones de mejora continua cada vez que sea necesario y les da visibilidad, a los tomadores de decisiones, para que actúen de manera proactiva ante eventuales cambios en las condiciones básicas de las operaciones.

Capítulo 4. Validación

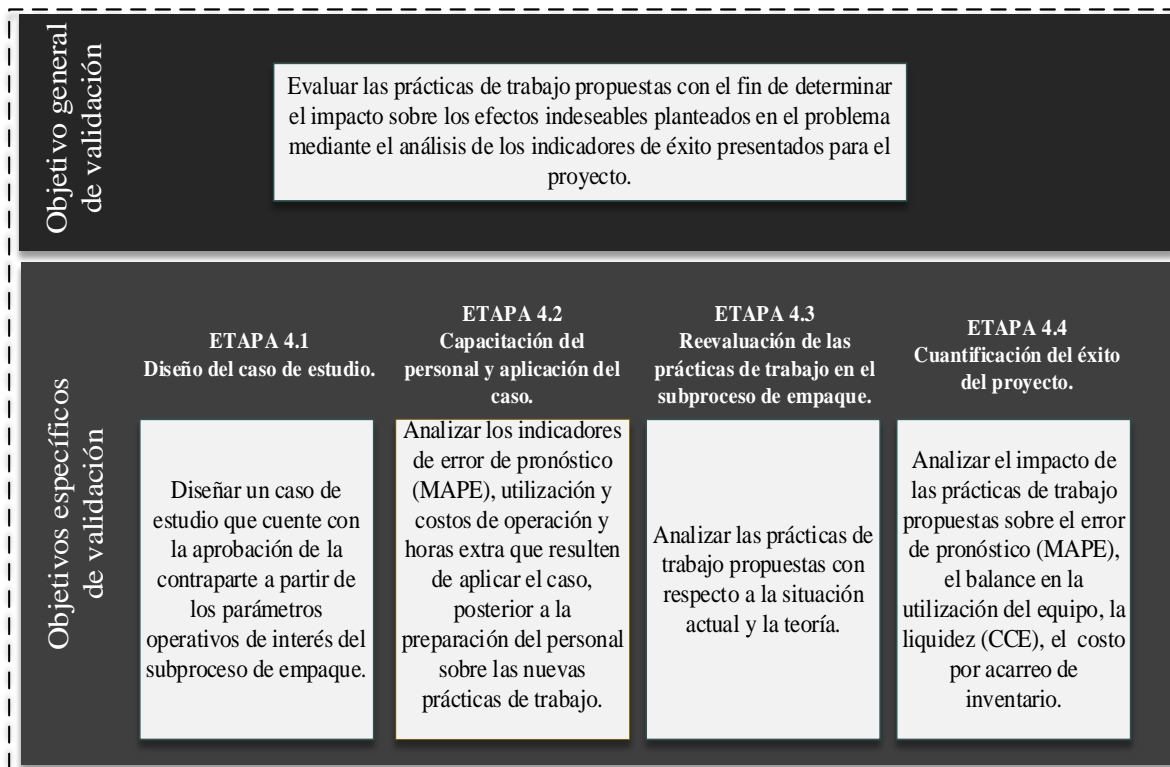
A partir de los hallazgos presentados como derivación del diagnóstico se plantea una serie de nuevas prácticas de trabajo para el subproceso de empaque, lo que resulta en el desarrollo expuesto en el capítulo de diseño sobre la herramienta programada y sus instructivos asociados. Sin embargo, es pertinente garantizar que la propuesta es validada en consonancia con los indicadores de éxito del proyecto y se evidencia la mitigación del problema.

Por lo tanto, en este apartado se plantea la construcción de un caso de estudio y su aplicación por parte de las personas clave involucradas, que tome en cuenta situaciones tanto cotidianas como de presión al sistema de producción con el objetivo de obtener los resultados necesarios para ilustrar el impacto de las nuevas prácticas de trabajo desarrolladas para el subproceso de empaque sobre los efectos indeseables señalados en el problema. Además, se presenta un análisis de cumplimiento de las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las buenas prácticas teóricas y el cambio logrado sobre los indicadores de éxito: a) MAPE, b) utilización, c) CCE y d) costos de acarreo de inventario. Lo anterior tiene como fin último analizar si el problema ha sido atenuado.

El abordaje de este capítulo se plantea a partir de cuatro etapas: a) diseño del caso de estudio, b) capacitación del personal y aplicación del caso, c) reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque, y d) cuantificación del éxito del proyecto. La estructura de esta sección se resume en la siguiente figura.

Figura 36

Objetivos de validación



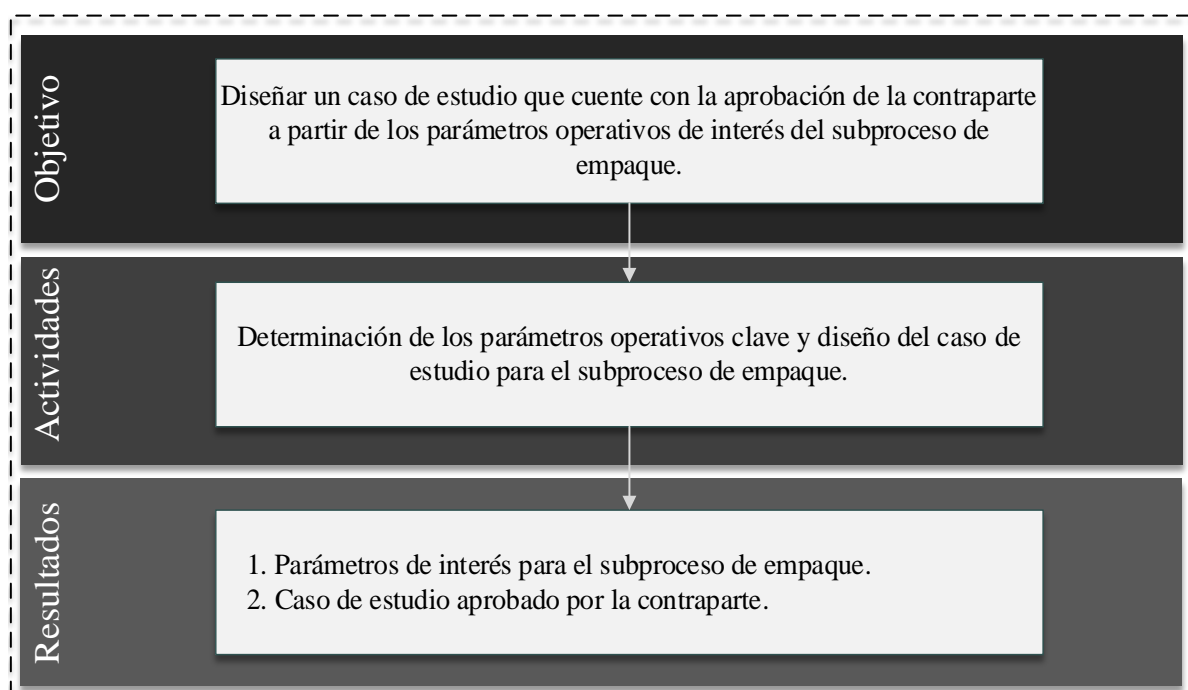
Con la finalidad de lograr lo planteado, se aprovechan herramientas como la entrevista, la reunión con el personal de DCM, las presentaciones didácticas, el caso de estudio, la herramienta programada y el análisis estadístico.

4.1 Diseño del caso de estudio

En la primera etapa de este capítulo se diseña un caso de estudio de aplicación, partiendo de los parámetros operativos del subproceso de empaque que son pertinentes para el proyecto y la empresa, y que se determinan en conjunto con el jefe de planta (W. Campos, comunicación personal, 16 de diciembre de 2021), con el objetivo de definir las variables de interés que permitan representar la realidad que se pretende simular. Además, se solicita la aprobación del documento a la contraparte. La siguiente figura muestra la estructura con la que se aborda esta sección.

Figura 37

Diseño del caso de estudio



4.1.1 Determinación de los parámetros operativos de interés del subproceso de empaque para la elaboración del caso de estudio

Es oportuno elaborar un caso de estudio, ya que permite brindar la información requerida para la aplicación de las nuevas prácticas de trabajo propuestas, bajo escenarios que consideren situaciones cotidianas y contextos en los que se pone bajo presión al sistema productivo, que de otra forma serían difíciles de captar debido a la aleatoriedad con la que se presentan. Estas condiciones se pueden construir mediante la definición de parámetros operativos claves, que las simulen y que sean de interés para la organización.

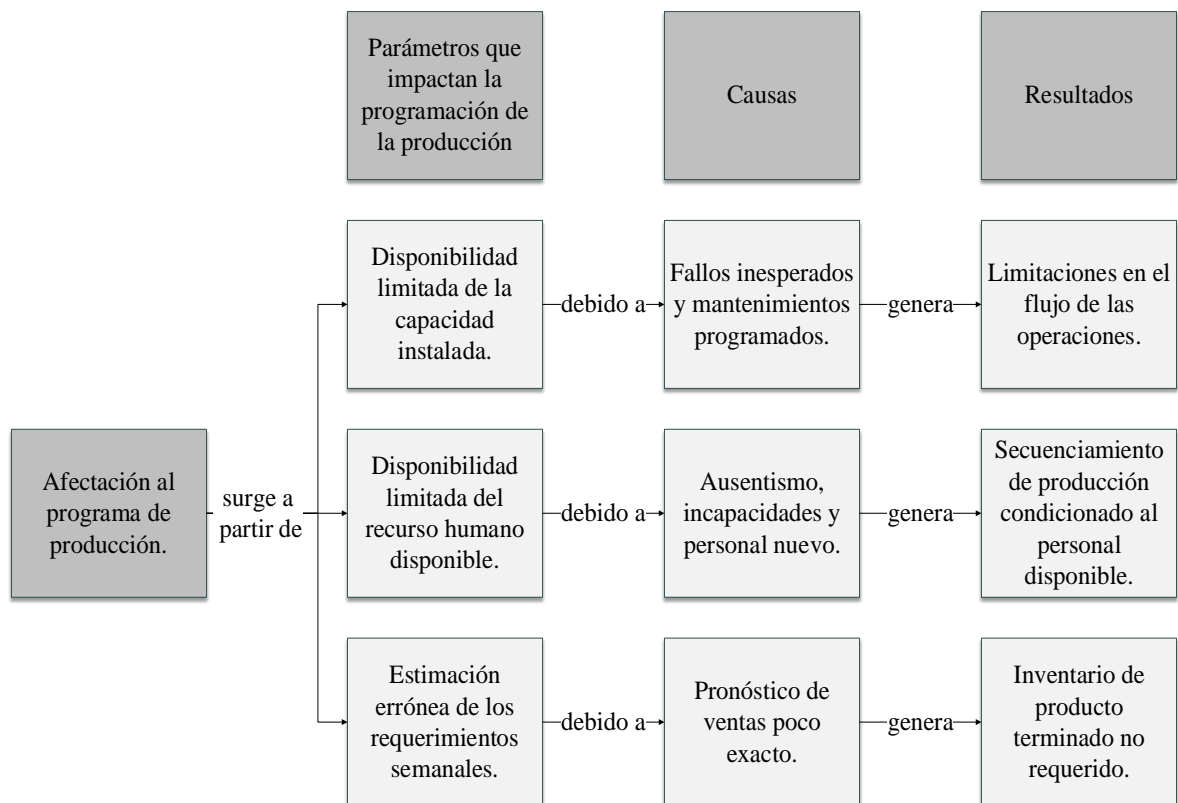
Por lo tanto, para el desarrollo del caso de estudio, se toman en cuenta diversos parámetros operativos convenidos con el jefe de planta para alinear los contextos y escenarios a la realidad del proceso y a situaciones conocidas que suponen estrés en el sistema. En el siguiente apartado se detallan los parámetros de interés para la evaluación de las nuevas prácticas de trabajo en el subproceso de empaque.

4.1.1.1 Parámetros de interés en el subproceso de empaque

Producto de las conversaciones sostenidas con el jefe de planta y el análisis propio efectuado a partir de la información recopilada hasta el momento, como resultado de los hallazgos efectuados en el capítulo de diagnóstico, se determina que la programación de la producción se ve afectada a raíz de tres parámetros principales de interés: a) la disponibilidad limitada de la capacidad instalada, b) la disponibilidad limitada del recurso humano disponible, y c) la estimación errónea de los requerimientos semanales. Por lo tanto, las condiciones que se presenten, en el caso de estudio, deben incorporar la mezcla de estas variables en los distintos escenarios, con el fin de reflejar los contextos que se pretenden simular. El siguiente diagrama muestra la lógica empleada para la definición de los parámetros.

Figura 38

Parámetros de interés para el subproceso de empaque



4.1.2 Diseño del caso de estudio para la evaluación de las nuevas prácticas de trabajo en subproceso de empaque

Una vez determinadas las variables de interés, es posible diseñar el caso de estudio de aprobación, ya que estas representan el principal insumo requerido para su construcción. Asimismo, se consideran para su elaboración situaciones complejas que, en conjunto con la variación de los parámetros convenidos con el jefe de planta, suponen elementos de estrés en el sistema, como, por ejemplo, pedidos inesperados que en ocasiones ingresan posterior a la elaboración del programa de producción.

El caso está constituido por cuatro secciones: a) contexto organizacional, b) estimación de las ventas mensuales, c) programación de la producción, y d) control de los resultados. La primera hace referencia a las generalidades operativas de DCM. La segunda tiene como objetivo evaluar las nuevas prácticas de trabajo en torno al pronóstico de las ventas, al solicitarle al jefe de ventas que efectúe la estimación utilizando el método actual y el propuesto. La tercera consta de cuatro escenarios, que debe resolver el jefe de planta, empleando el método existente y el planteado, en los que se varían los parámetros de interés previamente definidos. Además, se presentan situaciones comunes e inusuales pero conocidas, que en conjunto presionan al sistema operativo y obligan a la toma de acciones correctivas rápidas. Finalmente, la cuarta incluye gráficas con el fin de que el jefe de planta sea capaz de analizarlas, y determinar el curso de acción pertinente según lo observado, para satisfacer las disposiciones de las nuevas prácticas de trabajo diseñadas. El caso puede ser consultado en el Apéndice 17.

4.1.3 Aprobación del caso de estudio para la evaluación de las nuevas prácticas de trabajo en el subproceso de empaque

Una vez concluido el documento, se envía a la contraparte para su revisión, la cual está representada por el gerente de proyectos, quien brinda su aval e insta, tan pronto como se aclaran algunas dudas planteadas, a proceder con su aplicación (G. Chaves, comunicación personal, 19 de diciembre de 2021).

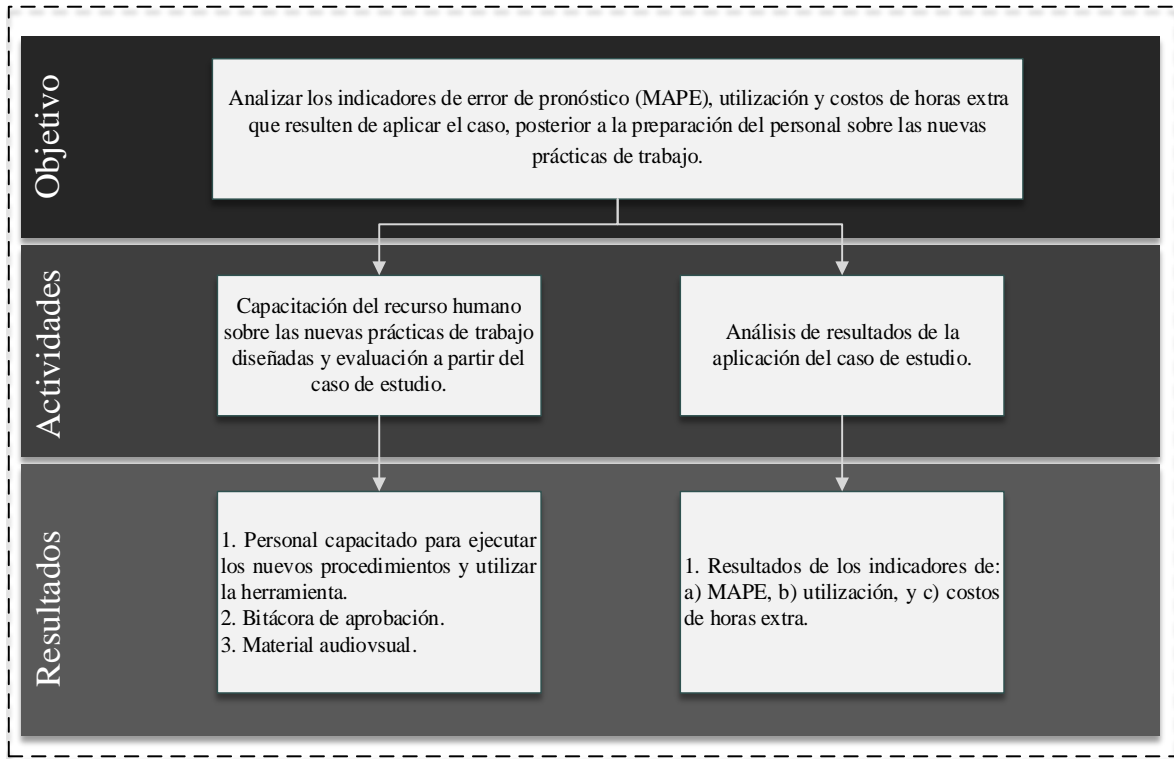
4.2 Capacitación del personal y aplicación del caso

La segunda etapa de este capítulo está conformada por tres componentes principales: 1) la capacitación del recurso humano sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas para el subproceso de empaque, 2) la aplicación del caso de estudio de estudio aprobado en la sección anterior, y 3) el análisis de los principales indicadores en relación con el problema del proyecto, calculados a partir de los resultados obtenidos posterior a la ejecución del caso.

Para lograr lo expuesto en el párrafo previo, se plantea el abordaje estructurado según lo que se muestra en la siguiente figura.

Figura 39

Capacitación del personal y aplicación del caso



4.2.1 Capacitación del recurso humano sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas y evaluación a partir del caso de estudio

La metodología para el desarrollo del entrenamiento se determina a partir de una revisión bibliográfica con el fin de que se satisfagan los criterios básicos convenidos para este efecto. Por consiguiente, para la elaboración del plan de capacitación, se siguen las pautas planteadas por José Manuel García López (2011) en su artículo “El proceso de capacitación, sus etapas e implementación para mejorar el desempeño del recurso humano en las organizaciones” (p.6). En términos generales, García (2011) propone que el abordaje se debe dar en cuatro etapas principales: 1) analizar, 2) planear, 3) hacer y 4) evaluar.

En la primera etapa, se efectúa un análisis sobre las nuevas prácticas de trabajo diseñadas para el subproceso de empaque, y se determinan las necesidades de capacitación existentes, lo que permite establecer el objetivo del entrenamiento y los contenidos específicos que se deben incluir. La segunda etapa está constituida por el cronograma de ejecución, en el que se presentan los temas que se exponen y su duración. La tercera etapa corresponde a la ejecución del plan. Se imparte la capacitación al jefe de planta el 23 de diciembre de 2021 de forma presencial, mientras se acuerda una exposición de manera virtual con el auxiliar de inteligencia de negocios para el 6 de enero de 2022. Como parte de

la cuarta etapa, se resuelven dudas y se corrigen fallos de interpretación, para posteriormente evaluar los conocimientos adquiridos mediante el caso de estudio. Los participantes aplican las nuevas prácticas de trabajo de manera adecuada, ya que ejecutan las instrucciones del caso satisfactoriamente, por lo que se procede a firmar las bitácoras de conformidad y habilitación para el uso de las herramientas y prácticas propuestas.

En resumen, el plan de capacitación se conforma por seis partes: 1) necesidades de capacitación detectadas, 2) objetivo, 3) contenidos, 4) ejecución, 5) evaluación y 6) bitácora de aprobación. Es posible consultar con mayor detalle el plan en el Apéndice 18.

Por otro lado, las personas que ocupan los puestos de jefe de planta y auxiliar de inteligencia de negocios son las que requieren del entrenamiento, ya que representan los principales ejecutores de las actividades que conforman las prácticas de trabajo que son objeto de estudio de esta tesis y, además, cuentan con la disponibilidad requerida para recibir la capacitación. Cualquier otra persona que desee profundizar en las nuevas prácticas de trabajo, puede hacerlo al consultar el material audiovisual de respaldo que se le facilita a la empresa.

Estos recursos corresponden a una grabación, donde se presentan los contenidos del plan de capacitación acerca de sobre las prácticas de trabajo propuestas para el subproceso de empaque. Del mismo modo, se elabora un video de demostración sobre el uso de la herramienta programada, que incluye un recorrido detallado entre los módulos y sus funcionalidades. Este material, en conjunto con las instrucciones de instalación, los instructivos, la herramienta y los machotes para subir las ventas e inventario, se envía por correo electrónico como respaldo para la organización.

Se debe mencionar que tras socializar esta nueva práctica de trabajo y mediante la firma de la bitácora de conformidad, se evidencia que los responsables asignados al análisis del método de control mediante gráficas y a la aplicación de los planes de acción en caso de que se excedan los límites establecidos para los indicadores del MAPE, la utilización y las horas extra, se encuentran de acuerdo con los instructivos y comprenden las acciones por tomar con el fin de evitar riesgos operativos para DCM.

4.2.2 Análisis de los resultados de la aplicación del caso de estudio

En esta sección se presentan los resultados, para los indicadores de MAPE, de la utilización y del costo de operación y horas extra, utilizando como insumos los datos resultantes de la aplicación del caso posterior a la ejecución del plan de entrenamiento, con el fin de determinar, mediante un análisis conjunto, el impacto de las nuevas prácticas de trabajo sobre los efectos indeseables planteados en el problema.

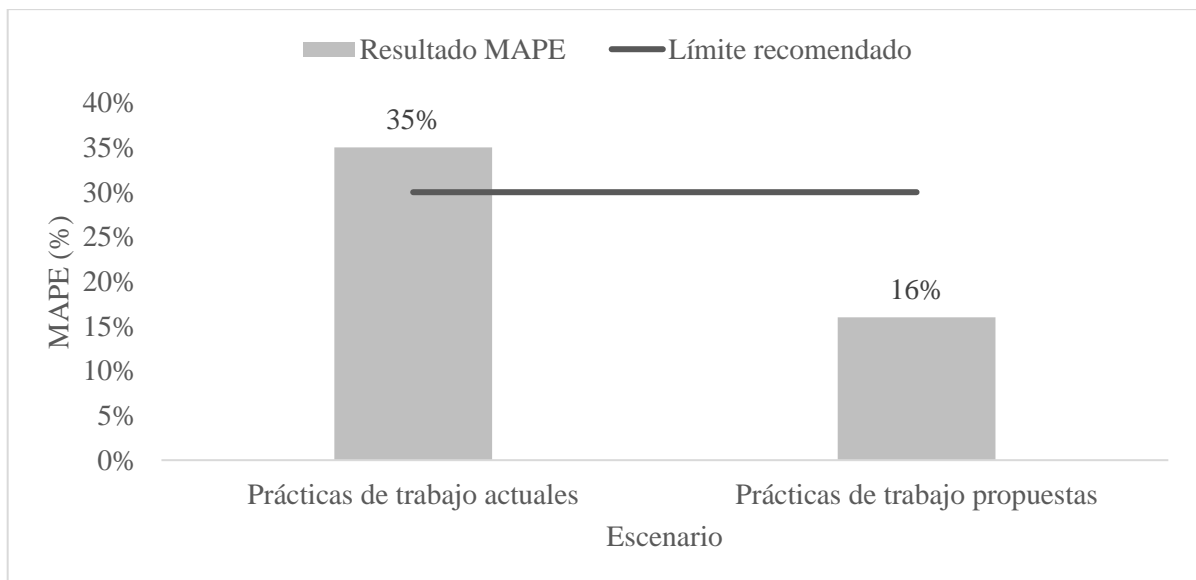
Por lo tanto, la estructura empleada se compone de cuatro partes: 1) MAPE, 2) utilización, 3) costos de operación y horas extra, y 4) análisis conjunto de los resultados del caso estudio de aplicación. La estimación de estos indicadores se efectúa a partir de los datos resultantes de la aplicación de dos escenarios: 1) utilizando las prácticas de trabajo actuales, y 2) empleando las prácticas de trabajo propuestas.

4.2.2.1 MAPE

Al ejecutar las prácticas de trabajo propuestas y promediar los resultados de todos los productos en análisis, se estima un error de pronóstico del $(16.0 \pm 5.73) \%$, mientras que, al emplear el método actual, el MAPE se calcula en un $(35.0 \pm 35.1) \%$. Lo anterior supone que, con lo planteado en este proyecto, existe una mejora de hasta 19 p.p. en el indicador analizado y se reduce la variabilidad debido a que se disminuye el rango que pasa del 150 % de aplicar las prácticas de trabajo actuales al 22 % si se emplean las propuestas. Es importante notar que, si se analizan las observaciones individuales, el resultado del MAPE para todos los productos después de aplicar las prácticas de trabajo diseñadas, fue menor al 30 % recomendado por la teoría, mientras que, si se utiliza el procedimiento actual, solo el 54 % de los artículos presentan un error menor al límite deseable. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica que sigue a continuación.

Figura 40

Promedio del MAPE para todos los productos obtenido como resultado de la ejecución del caso de estudio



4.2.2.2 Utilización

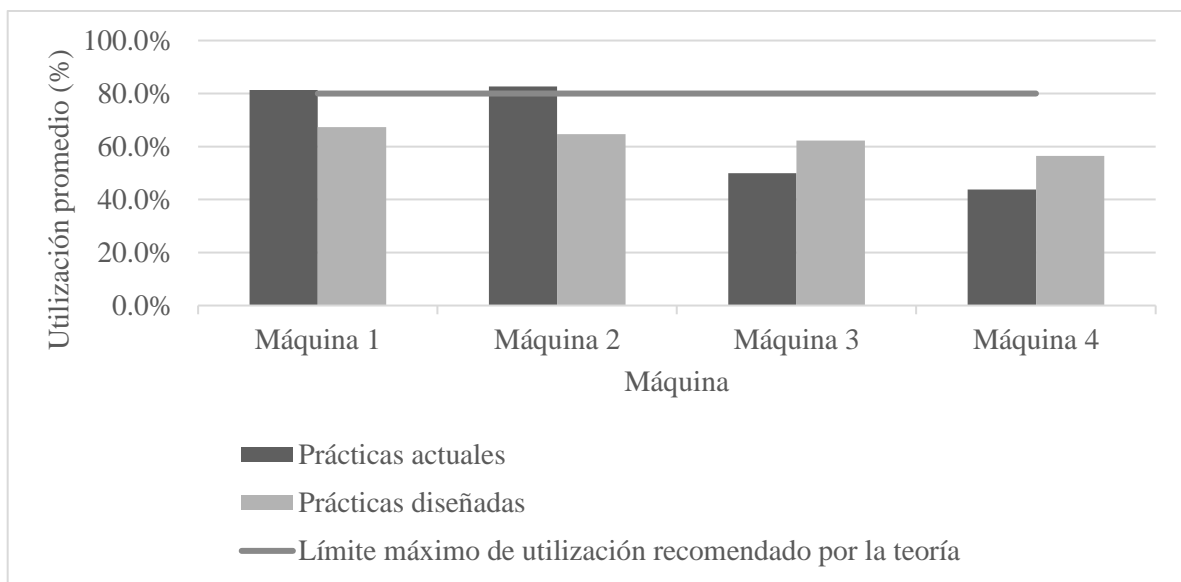
Uno de los objetivos que se procura alcanzar con las prácticas de trabajo diseñadas, es la nivelación de la utilización de las máquinas, con el fin de disminuir la irregularidad (mura) que Lean tipifica como una fuente de desperdicio. Debido a las características de los datos obtenidos, se considera para este análisis el estudio del rango como medida de dispersión.

Los resultados de aplicar las prácticas de trabajo actuales apuntan a que continúa existiendo una sobreutilización de las máquinas “uno” y “dos” con respecto a la “tres” y “cuatro”, porque el promedio para estos equipos es de $(81.3 \pm 21.6) \%$, $(82.7 \pm 11.7) \%$, $(50.0 \pm 21.9) \%$ y $(43.8 \pm 13.5) \%$, respectivamente. Lo anterior es relevante ya que se debe mantener presente lo indicado por la teoría, donde se establece que utilizations superiores al 80 % pueden resultar contraproducentes. Además, el rango de utilización resultante es del 67.7 %.

Por otro lado, al emplear las prácticas propuestas se obtiene una utilización del $(67.3 \pm 2.7) \%$, $(64.7 \pm 7.7) \%$, $(62.2 \pm 7.9) \%$ y $(56.5 \pm 3.7) \%$ para las máquinas “uno”, “dos”, “tres” y “cuatro”; en ese orden. Los resultados anteriores suponen que ya no existirían utilizaciones frecuentes que superen el límite recomendado del 80 %. Asimismo, el rango de utilización reportado bajo este escenario es del 23.9 %, lo que es 43.8 p.p. menor que el obtenido al aplicar las prácticas de trabajo actuales, esto indica que con la propuesta se lograría una mejor nivelación en el uso de los equipos debido a la reducción en la variabilidad. La siguiente figura muestra gráficamente las mejoras reportadas.

Figura 41

Promedio de la utilización de los equipos como resultado de la ejecución del caso de estudio



Resulta conveniente notar que la aplicación de las prácticas de trabajo actuales permite, como consecuencia, que se produzcan unidades de más para algunos productos que no son requeridos en ese momento, y que resulta en un exceso de 64 422 artículos no solicitados, que eventualmente se deben almacenar a la espera de que se cree demanda, y generan un impacto en la utilización de las máquinas. En la actualidad, esta práctica provoca un incremento en los costos de acarreo, e implica que se den necesidades de producción insatisfechas. En el caso de estudio, se observa que, por producir las unidades adicionales, se deja de lado la manufactura de 15 991 productos que en ese momento sí son indispensables. La situación anterior resta flexibilidad a la planta, y tiene un efecto negativo sobre la principal meta y promesa de servicio: entregas a tiempo y en cantidad. Lo previamente expuesto no se presenta con las nuevas prácticas de trabajo ya que, según lo planteado, con la propuesta se produce lo necesario y se nivela la utilización.

4.2.2.3 Costos de operación y horas extra

Resolver el caso de estudio con las prácticas de trabajo diseñadas, generan costos de operación que son 15.2 % inferiores, si se comparan con los resultados al aplicar los métodos actuales. Además, en términos de horas extra, hay una mejora del 97.2 %, lo que es satisfactorio, ya que en el diagnóstico se determina que el tiempo que se paga por operaciones fuera de la jornada regular está en el 12.5 %

por encima de la meta. Lo planteado anteriormente permite estimar que, con las prácticas de trabajo propuestas, se hacen más eficientes las operaciones.

4.2.2.4 Análisis conjunto de los resultados del caso de estudio de aplicación

Según los resultados del caso de estudio, las nuevas prácticas de trabajo diseñadas para el subproceso de empaque permiten que la planta opere con niveles de flexibilidad mayor. Esto se evidencia debido a que se logra una utilización de los equipos más balanceada, lo que permite que exista mayor holgura para satisfacer los flujos de demanda que se presentan de manera imprevista. Además, debido a que existe una reducción sustancial en el requerimiento de horas extra, es posible establecer que las prácticas propuestas contribuyen al cumplimiento de las metas establecidas por la organización para este rubro. Del mismo modo, los costos de operación son menores, lo que, en conjunto con errores de pronóstico por debajo del límite recomendado y las nuevas políticas de control, permite garantizar que se tenga el inventario en la cantidad adecuada en el momento exacto para satisfacer las necesidades de los clientes, pero a un costo menor con respecto a las prácticas de trabajo actuales.

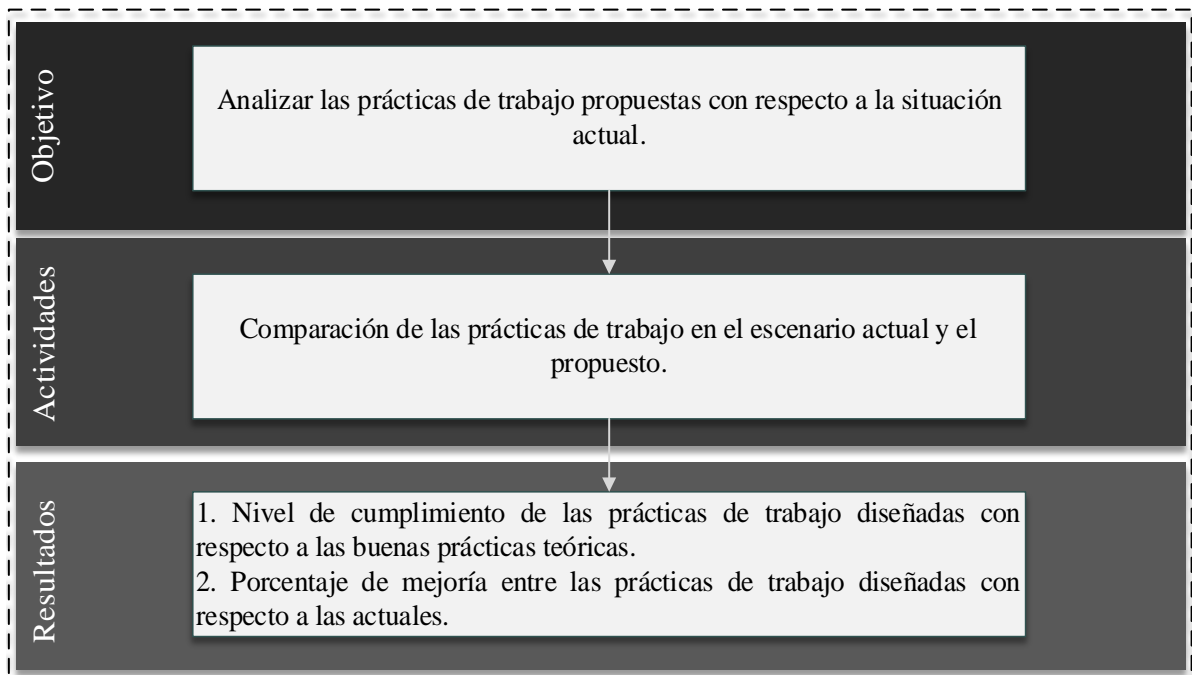
Por consiguiente, las nuevas prácticas de trabajo permiten sostener la principal meta y promesa de servicio a un menor costo y reducen los efectos indeseables en estudio, por lo que es posible afirmar que como resultado se actúa sobre la condición generadora del problema. Con el fin de robustecer este argumento, se efectúa una evaluación cualitativa de las prácticas de trabajo diseñadas y, además, se complementan los resultados cuantitativos del caso de estudio de aplicación con un análisis en retrospectiva para el cálculo de los indicadores de éxito del proyecto.

4.3 Reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque

En la tercera etapa se desarrolla la comparación de las prácticas de trabajo entre el escenario actual y el propuesto, utilizando como herramientas la lista de chequeo teórica de las buenas prácticas de trabajo y un cuadro comparativo, para cuantificar la mejoría tras el uso de la herramienta programada y los instructivos diseñados. La estructura para el abordaje de esta etapa se plantea en la siguiente figura.

Figura 42

Reevaluación de las prácticas de trabajo en el subproceso de empaque



4.3.1 Comparación de las prácticas de trabajo en el escenario actual y propuesto

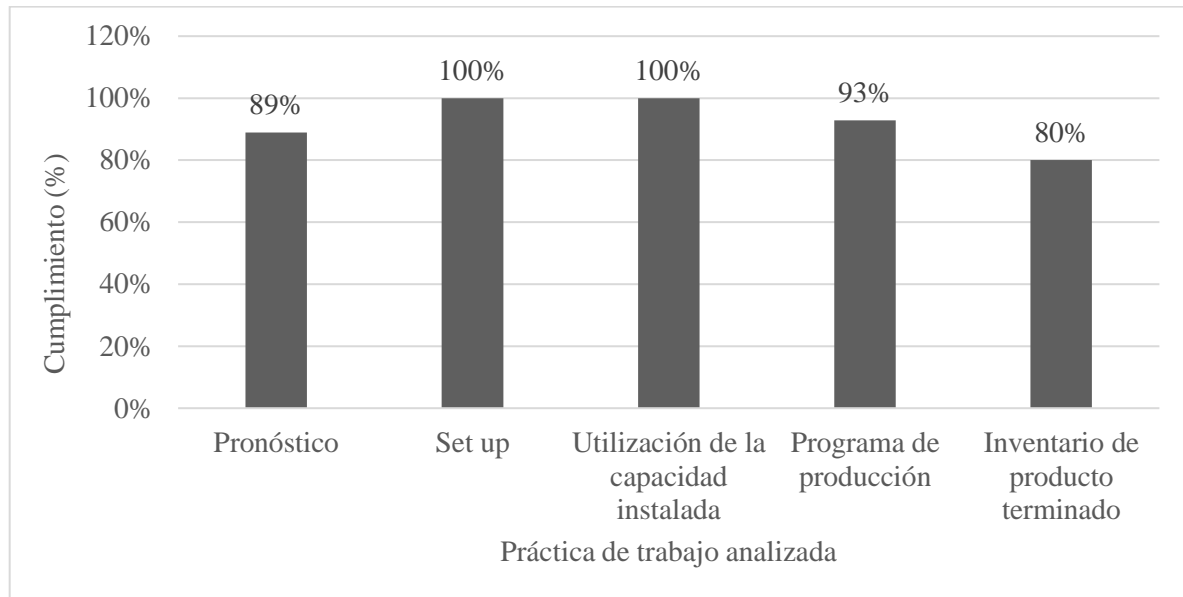
En esta sección se estima el nivel de cumplimiento de las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las buenas prácticas teóricas, y se establece el nivel de mejoría entre el antes y después de la incorporación de la propuesta de diseño.

4.3.1.1 Nivel de cumplimiento de las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las buenas prácticas teóricas

Al evaluar las nuevas prácticas de trabajo con respecto a la teoría, utilizando como referencia los sumarios planteados en el Apéndice 2, se obtiene que, para los métodos propuestos de estimación del pronóstico de ventas, las configuraciones del set up, la utilización de la capacidad instalada, la construcción del programa de producción y el control del inventario de producto terminado, se presentan los siguientes porcentajes de cumplimiento: 89 %, 100 %, 100 %, 93 % y 80 %, respectivamente. Las listas de chequeo empleadas para la evaluación se presentan en el Apéndice 19. La siguiente figura ilustra la situación expuesta anteriormente.

Figura 43

Porcentaje de cumplimiento del sumario de buenas prácticas al incorporar la propuesta de diseño



En el caso de las prácticas de trabajo relacionadas con la estimación del pronóstico de ventas, el único apartado en el que no se cumple de la lista de chequeo, es el de incorporar la señal de rastreo en las proyecciones de ventas de los productos, debido a que después de analizar el indicador, se determina que es una técnica poco clara y que puede resultar ajena para la organización. El objetivo de la señal de rastreo es el de controlar el error de pronóstico, por lo que, para mitigar su ausencia en la herramienta, se incluye en el módulo de control el gráfico de observaciones individuales para el MAPE, y se desarrolla un instructivo que especifica las acciones por tomar en caso de que el error esté fuera de control.

En cuanto al programa de producción, el rubro que no se satisface corresponde al de incluir la estimación de los niveles de inventario directamente en la herramienta programada; esto se debe a que por la complejidad del sistema informático de DCM, efectuar la incorporación de este rubro implicaría llevar a cabo cambios que desatarían una reacción en cadena, lo cual afectaría a procesos que se encuentran fuera del alcance de este proyecto. Lo mismo acontece para los apartados no conformes, en relación con las prácticas de trabajo para el inventario de producto terminado.

Por lo tanto, aunque algunas prácticas de trabajo planteadas no satisfacen en su totalidad las recomendaciones de la teoría, esto no pone en riesgo la mitigación de los efectos indeseables planteados en el problema, ya que, como se demuestra con los resultados del caso de estudio de aplicación, los nuevos métodos propuestos son robustos. Además, si se compara con el contexto actual, existe un porcentaje de mejora superior a 20 p.p. para la mayoría de las prácticas de trabajo analizadas.

4.3.1.2 Porcentaje de mejoría entre las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las actuales

Al comparar el cumplimiento de las buenas prácticas teóricas con respecto a las actuales y a las propuestas, se obtiene un porcentaje de mejora promedio del (33.5 ± 16.4) p.p., siendo el apartado

sobre la utilización de la capacidad instalada el que obtiene una mejora más sustancial. Lo anterior permite evidenciar que, desde una perspectiva cualitativa, las prácticas de trabajo diseñadas acercan a DCM a los estándares teóricos establecidos, por lo que la mejora no se limita a un aspecto meramente cuantitativo. La siguiente tabla permite ilustrar el cambio desde la situación actual a la planteada.

Tabla 22

Porcentaje de mejoría entre las prácticas de trabajo diseñadas con respecto a las actuales

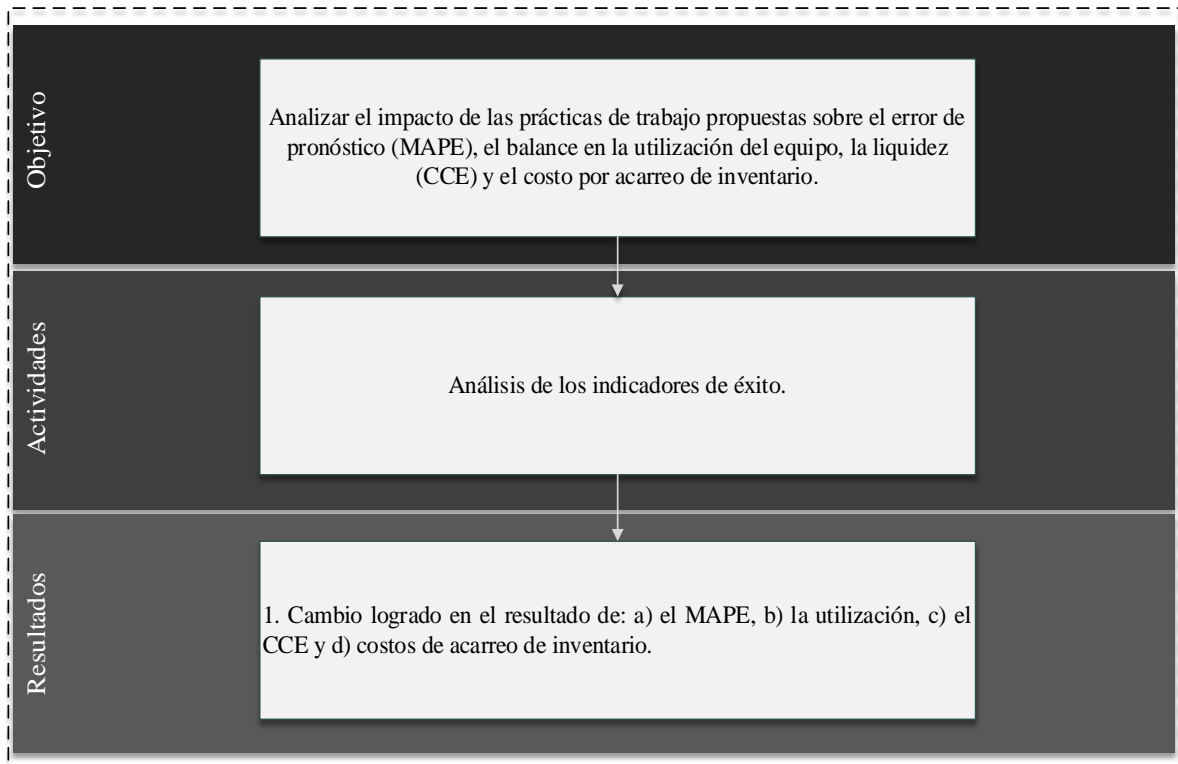
Prácticas de trabajo	Prácticas de trabajo actuales (%)	Prácticas de trabajo propuestas (%)	Porcentaje de mejoría (p.p.)
Pronóstico	66	89	23
Set up	100	100	No aplica.
Utilización de la capacidad instalada	38	100	62
Programa de producción	64	93	29
Inventario de producto terminado	60	80	20

4.4 Cuantificación del éxito del proyecto

La cuarta etapa está conformada por la elaboración de un análisis retrospectivo para los meses de 2021 que cuentan con información disponible al momento de efectuar la evaluación, con el fin de calcular los resultados de los indicadores de éxito al aplicar las nuevas prácticas de trabajo. Se espera que este estudio funja como complemento a los hallazgos efectuados posterior a la ejecución del caso de estudio que se presenta en la etapa dos del presente capítulo, en torno a los efectos indeseables del problema, y permita hacer una comparación equivalente con respecto a las condiciones iniciales planteadas en el anteproyecto y en el diagnóstico, con el propósito de determinar el cambio logrado mediante la propuesta planteada. El abordaje de esta etapa se estructura de acuerdo con lo mostrado en la siguiente figura.

Figura 44

Cuantificación del éxito del proyecto



4.4.1 Análisis de los indicadores de éxito

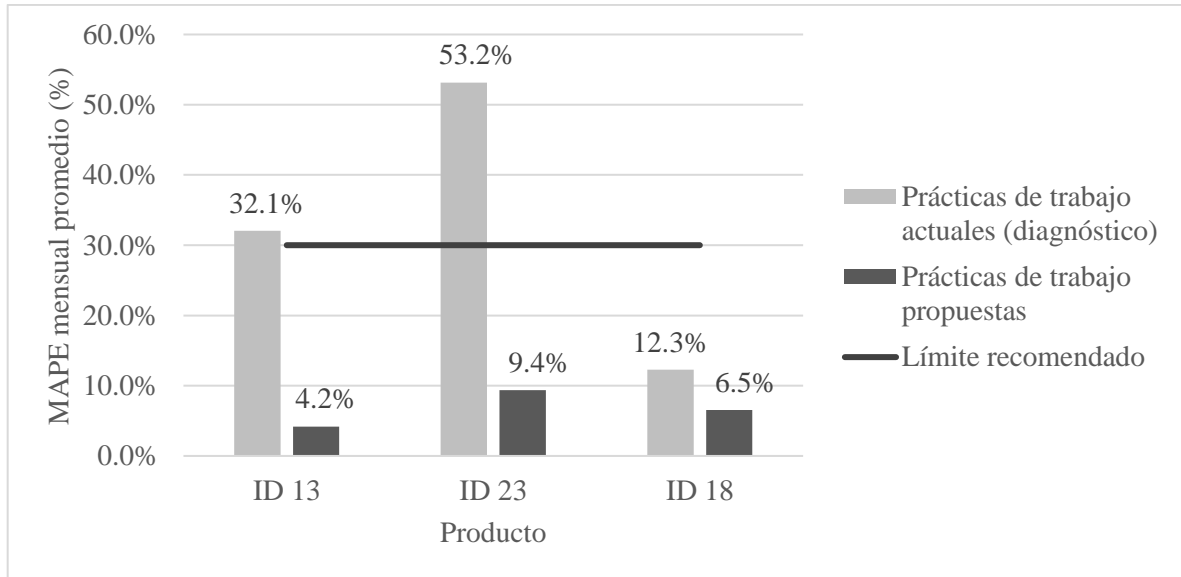
El éxito del proyecto se mide bajo dos aspectos principales: 1) el cambio logrado en los indicadores y 2) el efecto de este cambio sobre las condiciones indeseables presentadas en el problema. Por lo tanto, en esta actividad, el análisis se lleva a cabo interrelacionando ambos elementos y buscando fortalecer el argumento sostenido, como resultado de los hallazgos obtenidos a partir del caso de estudio presentado en la etapa dos.

4.4.1.1 MAPE

Al efectuar un análisis en retrospectiva empleando los datos para el 2021, el error de pronóstico promedio obtenido para todas las familias de productos utilizando las prácticas de trabajo actuales se sitúa en $(41.9 \pm 63.5) \%$, mientras que se estima en $(15.2 \pm 5.8) \%$ al utilizar el diseño propuesto. Lo anterior supone una mejora porcentual de hasta el 26.7 p.p. y una reducción sustancial en la variabilidad, ya que el rango pasa del 112 % al 24 %. Además, al comparar los hallazgos del diagnóstico para los productos representativos con las nuevas estimaciones, utilizando datos recientes y empleando las nuevas prácticas de trabajo, se observa una mejora notable en las condiciones iniciales, según se ilustra en la siguiente gráfica.

Figura 45

Cambio del MAPE mensual promedio entre los resultados del diagnóstico y al aplicar las nuevas prácticas de trabajo diseñadas



Según se deduce de los hallazgos en la etapa de diagnóstico, errores de pronóstico altos impactan la cantidad de cambios que se aplican al plan de producción, aumentan el inventario de producto terminado y sus costos de mantenimiento, reducen la capacidad para mantener el nivel de servicio deseado, y aumentan injustificadamente la utilización de las máquinas. Por lo tanto, la mejora exhibida anteriormente supone que las nuevas prácticas de trabajo, acerca de sobre la estimación de ventas, actúan directamente sobre los efectos indeseables planteados en el problema y contribuyen, específicamente, a controlar los costos, pero sin sacrificar el nivel de servicio, por lo que facilitan el objetivo de mantener sostenidamente la principal meta y promesa al cliente a un menor costo.

4.4.1.2 Utilización

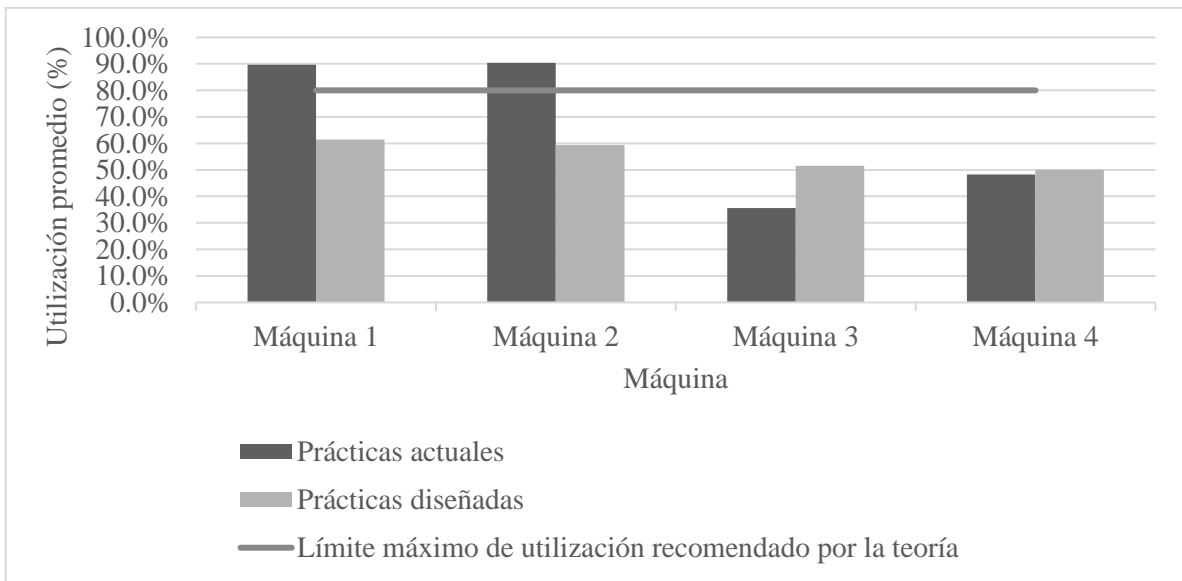
Según lo planteado en el capítulo del anteproyecto, para el 2019 las prácticas de trabajo propician la sobreutilización de la capacidad instalada de las máquinas “uno” y “dos”, mientras que la “tres” y “cuatro” son subutilizadas, creando condiciones que comprometen la flexibilidad de la planta. De acuerdo con el análisis en retrospectiva con datos del 2021, se obtienen utilidades del (89.6 ± 10.8) % y (90.4 ± 8.5) % para las máquinas “uno” y “dos”, mientras que los equipos “tres” y “cuatro” presentan resultados del (35.6 ± 17.0) % y (48.3 ± 12.8) %, en ese orden. Estos datos apuntan a que las condiciones observadas en el 2019 se mantienen. Por otra parte, emplear la propuesta implicaría utilidades del (61.4 ± 3.8) %, (59.3 ± 6.6) %, (51.5 ± 3.5) % y (50.0 ± 4.6) % para las máquinas “uno”, “dos”, “tres” y “cuatro”; respectivamente.

Debido a las características de los datos, se determina que es más conveniente analizar la variabilidad utilizando el rango como medida de dispersión. Conforme a las estimaciones efectuadas, para el 2021 al emplear las prácticas de trabajo actuales se obtiene un rango de utilización del 94.53 %. Por otro lado, al aplicar la propuesta, esta medición es del 31.5 %, lo que apunta a se genera una disminución

en la variabilidad de hasta un 63.03 p.p., lo que implicaría un mejor balance en la distribución de cargas en los equipos, contribuyendo a disminuir el efecto de la sobre y subutilización de la maquinaria y a la flexibilización de la planta. La siguiente figura ilustra lo planteado previamente.

Figura 46

Cambio de la utilización semanal promedio entre las prácticas actuales (2021) y al aplicar las nuevas prácticas de trabajo diseñadas



Es valioso recordar que las buenas prácticas teóricas recomiendan mantener este indicador por debajo del 80 %, procurar la nivelación y reducir la inconsistencia (variabilidad), características que se logran si se emplea el diseño propuesto, y son evidenciadas tanto al analizar los resultados del caso de estudio de aplicación como mediante el análisis en retrospectiva. Es por esto por lo que se considera que las nuevas prácticas de trabajo no comprometen la flexibilidad de la planta, permiten hacer mejor uso de los recursos y reducen el esfuerzo del jefe de planta en torno a la programación de la producción, lo que contribuye a la entrega de los pedidos en tiempo y cantidad, que constituye una parte importante de la principal meta y promesa de servicio en DCM.

4.4.1.3 Ciclo de conversión de efectivo (CCE)

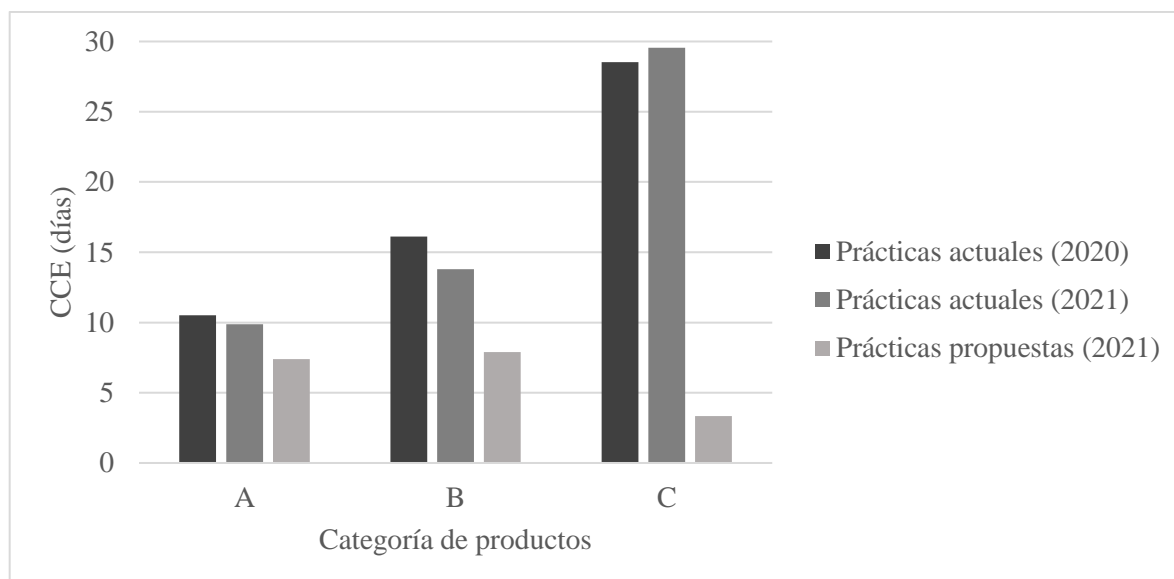
Debido a la realidad compleja en la que se ve inmersa DCM en torno al movimiento de sus inventarios, resulta más conveniente estudiar el indicador de liquidez mediante un análisis en retrospectiva, en lugar de incluirlo en el caso de estudio de aplicación. Por lo tanto, se emplean los datos del 2021 para la estimación del CCE y su respectiva comparación con las condiciones iniciales.

Durante la etapa de diagnóstico, se determina que el promedio del CCE para los productos categorías A, B y C es de (18.38 ± 9.21) días. Este indicador permanece aproximadamente constante en el 2021, siendo que el resultado para ese año es en promedio (17.74 ± 10.41) días. No obstante, al aplicar las nuevas prácticas de trabajo, el resultado es de (6.21 ± 2.5) días. Lo anterior sugiere una mejora de hasta 12.17 días con respecto a las condiciones iniciales y 11.53 días en relación con el 2021. La

siguiente figura muestra el CCE por categoría de productos para los escenarios exhibidos anteriormente.

Figura 47

Cambio del ciclo de conversión de efectivo para los productos categoría A, B y C debido a la aplicación de las nuevas prácticas de trabajo en relación con las condiciones iniciales (2020) y el escenario del año 2021



En términos generales, se lograría una reducción de hasta un 67 % en el ciclo de conversión del efectivo, siendo los productos de categoría C que en la actualidad mantienen niveles de inventario preocupantes según el jefe administrativo, los que presentarían la principal mejora. Lo anterior implicaría un aumento en la liquidez, lo que eventualmente se vería traducido en mejores condiciones de costos operativos y, por ende, un incremento en las condiciones favorables, que le permiten a la organización ofrecer precios competitivos, lo que forma parte importante de su principal meta y promesa de servicio.

4.4.1.4 Costos de acarreo de inventario

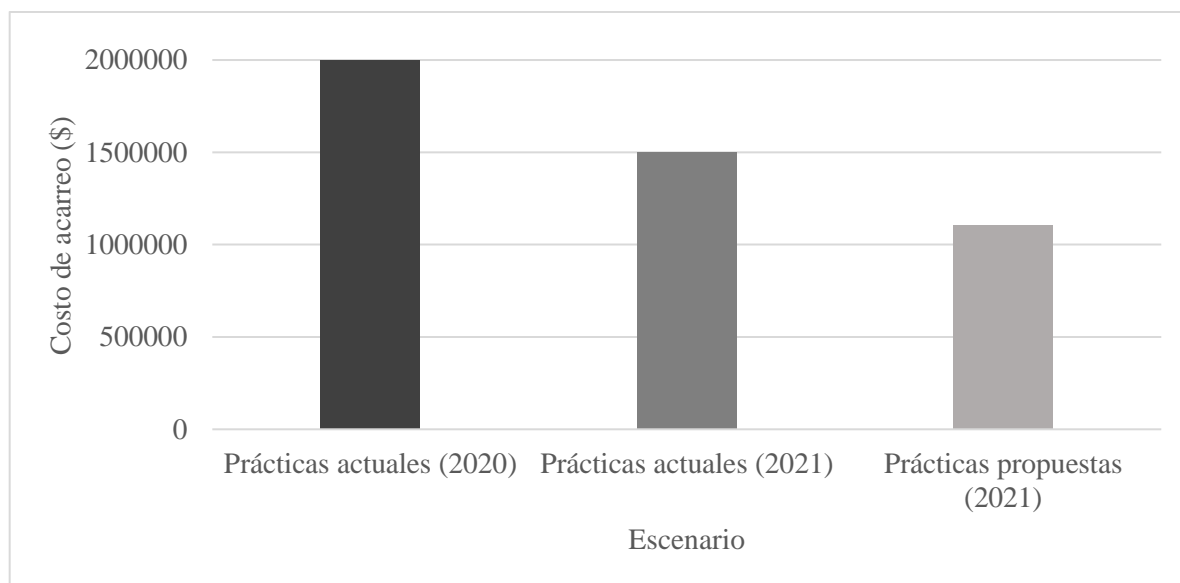
Al igual que en el caso del CCE, es más provechoso estudiar los costos de acarreo de inventario mediante un análisis en retrospectiva de acuerdo con lo acontecido en el 2021, en vez de incorporarlo como parte del caso de estudio. Es por esto por lo que se utilizan los datos de ese periodo, para determinar el cambio ocurrido en el indicador, al utilizar las nuevas prácticas de trabajo en relación con las condiciones inicialmente encontradas y con lo sucedido durante el 2021.

En el capítulo de diagnóstico se determina que para el 2020 los costos por acarreo de inventario representan aproximadamente \$ 2 000 000, lo que es el 22 % del costo de ventas totales. En el 2021, mantener el inventario no vendido en el periodo en que se produjo le cuesta a DCM es de alrededor de \$ 1 500 000, lo que es el 16 % de los costos de ventas para ese año. Al aplicarse las nuevas prácticas de trabajo, se estiman \$ 1 102 732 por concepto de acarreo de existencias, lo que es un 11.9 % del

costo de ventas. Lo anterior indica que las nuevas prácticas de trabajo potenciarían una reducción de costos de hasta un 45 % y un 26 %, lo que significan \$ 897 268 y \$ 397 268 para los años 2020 y 2021, respectivamente. La siguiente figura ilustra lo expuesto anteriormente.

Figura 48

Cambio en los costos de acarreo debido a la aplicación de las nuevas prácticas de trabajo en relación con las condiciones iniciales (2020) y el escenario del año 2021



La reducción en los costos de acarreo contribuye a mejorar las condiciones que garantizan el mantenimiento, en el tiempo, de los precios, sin sacrificar el margen de utilidad, y aunque no está escrito en papel, a partir de conversaciones con el jefe administrativo, se intuye que la búsqueda por mejorar este indicador es una meta organizacional. Por consiguiente, lo planteado en esta sección es evidencia de que las nuevas prácticas de trabajo favorecen al cumplimiento de metas y a la disminución de los costos operativos.

Conclusiones de validación

Existen situaciones operativas conocidas que impactan los sistemas operativos, pero que son difíciles de captar en la operación cotidiana. El diseño y construcción del caso de estudio en este capítulo permite probar contextos en los que se incluyen circunstancias relevantes por experimentar pero que, por su naturaleza aleatoria, no son fáciles de hacer coincidir con el momento de la evaluación. Lo anterior contribuye a que el documento sea aprobado sin contratiempos por la contraparte.

La ejecución del plan de entrenamiento y posterior aplicación del caso de estudio en el que se ponen a prueba las nuevas prácticas de trabajo por parte del personal de DCM, permite calcular las mejoras para los indicadores de MAPE, utilización, horas extra y costos de operación, estimados en hasta 19 p.p., 43.8 p.p., 97.2 % y 15.2 %, respectivamente. Por otra parte, existe una mejora cualitativa con respecto a la situación actual, ya que la aplicación de buenas prácticas teóricas para los elementos analizados aumenta en promedio el (33.5 ± 16.4) p.p. En conjunto, estos mejores rendimientos tienen un impacto positivo sobre los efectos indeseables planteados en el problema en torno a la flexibilidad, los costos y la principal meta y promesa de servicio. Por lo tanto, es natural argumentar que, desde una perspectiva práctica, y mediante la aplicación de la propuesta planteada en este proyecto por parte de las personas responsables en DCM, se actúa sobre la condición generadora del problema y se resuelve.

Aplicar lineamientos teóricos para la evaluación cualitativa de las prácticas de trabajo, permite obtener un resultado sobre la reducción de brechas en las buenas prácticas, y evidencia la necesidad de mantener la interacción integral entre los departamentos de ventas, mercadeo y producción, con el objetivo de afinar la toma de decisiones.

Finalmente, existen indicadores que resultan más convenientes de estudiar a partir de un análisis en retrospectiva: 1) CCE y 2) costo de acarreo de inventario. La mejora potencial, como resultado de aplicar las nuevas prácticas de trabajo, resulta en hasta un 67 % y un 45 %, respectivamente. Además, utilizando el mismo método de análisis, se obtienen para el MAPE y la utilización, mejoras de hasta 26.7 p.p. y 63.03 p.p., en ese orden. Estas cifras fortalecen el argumento de que lo planteado como solución mitiga los efectos indeseables exhibidos en el problema y contribuye a solucionarlo, según los planteamientos efectuados en el desarrollo del capítulo. Además, los resultados obtenidos a partir del cálculo de los indicadores de éxito permiten establecer que el proyecto es satisfactorio.

Conclusiones

Las prácticas de trabajo actuales vinculadas al subproceso de empaque generan efectos indeseables de corte económico y operativo: 1) pago de horas extra del 161 % por encima de la meta organizacional, 2) uso restringido de la capacidad instalada, ocasionando una reducción en la flexibilidad de la planta y una sobrecarga de las máquinas “uno” y “dos”, por encima del porcentaje de utilización recomendado por la teoría, 3) costos por acarreo de inventario de hasta \$2 000 000 anuales que reducen la liquidez de la organización y aumentan el riesgo de perder ventas, impactando la satisfacción del cliente, y 4) sobre pronósticos de hasta el 30% para los productos analizados, lo que contribuye al desfase entre el flujo de producción y las necesidades de los clientes. En conjunto, lo anterior provoca que se ponga en riesgo la principal meta y promesa de servicio: pedidos a tiempo y en la cantidad correcta.

Esta situación amerita un rediseño integral de las prácticas de trabajo, que actúe sobre las condiciones generadoras de la problemática, para lograr el cumplimiento de la principal meta y promesa de servicio a un menor costo, garantizando la flexibilidad de la planta de producción. El diseño propuesto disminuiría la cantidad de horas extra requeridas en hasta un 97.2 %, colocando al indicador en cifras por debajo de la meta organizacional, reduciría los costos operativos en hasta un 15.2 %, nivelaría la utilización de los equipos, mejorando su balance en hasta 63.03 p.p. y, por ende, flexibilizaría la planta sin efectos colaterales significativos, lo que reduciría indirectamente el riesgo de ventas perdidas y, por consiguiente, de un impacto negativo en la satisfacción del cliente. Además, mejoraría la gestión y control de inventarios, ya que el error de pronóstico de las ventas se reduciría en hasta 26.7 p.p., lo que a su vez mejoraría los costos de acarreo de inventario en un 45 % y aumentaría la liquidez de la empresa, al mejorar el CCE en hasta un 67 %.

Debido a lo planteado anteriormente, se determina que, al alcanzar un balance en la distribución de la carga asignada a las máquinas empacadoras, mediante la adopción de las prácticas de trabajo diseñadas, se impacta positivamente la flexibilidad de la planta, ya que existiría una mayor holgura para satisfacer los flujos e incrementos de demanda inesperados, permitiéndole a DCM suavizar la presión que genera sobre el sistema productivo el realizar cambios repentinos en la programación debido a situaciones externas, como la entrada de pedidos no programados, facilitando una reducción potencial en los costos operativos.

Además, se evidencia que la integración de prácticas de trabajo adecuadas sobre el pronóstico de la demanda según el comportamiento histórico para cada producto también contribuye a disminuir la presión sobre el sistema de producción. Lo anterior mediante estimaciones más exactas que favorecen la obtención de sobre o subestimaciones reducidas, lo que genera un impacto positivo en la gestión del inventario, los costos de acarreo y, por consecuencia, sobre la liquidez de la empresa.

Como se ha planteado, la propuesta permite nivelar la producción y reducir la variabilidad en los indicadores analizados y además estandarizar el trabajo a través de los instructivos diseñados. El enfoque Lean establece que esto reduciría la carga en el sistema y el desperdicio, así como daría paso a un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, lo que generaría mayor disponibilidad para lidiar con problemas operativos, más flexibilidad, mejor flujo de productos, menos inventario, menos desperdicio y también, menos defectos. La mayoría de estos beneficios se han cuantificado, sin embargo, se conoce gracias a los planteamientos teóricos que la propuesta de este trabajo permite,

además, que existan impactos positivos adicionales sobre el desperdicio, los defectos y el flujo de la producción.

Por otro lado, las nuevas prácticas de trabajo permiten que exista un mayor control sobre lo que se produce. Lo anterior responde a que parte fundamental del rediseño es la incorporación de elementos de gestión visual fundamentados en estadísticas que facilitan la toma de decisiones tácticas a partir de datos. Además, los modelos desarrollados aprenden de los comportamientos históricos de los clientes, por lo que las recomendaciones que se efectúan son una combinación entre las necesidades estimadas de los consumidores y las capacidades técnicas de la organización, lo que permite controlar que lo producido son cantidades que acercan a la empresa a satisfacer de forma más exacta lo requerido por la demanda, y por ende se disminuyen los desperdicios por exceso de producción, de inventario y de procesamiento.

Del mismo modo, la incorporación de la estrategia de medición y control diseñada para el subproceso de empaque con el fin de evaluar mensualmente el comportamiento del MAPE, los costos por horas extra y la utilización, le permite a la empresa detectar tempranamente problemas operativos que eventualmente pueden implicar costos adicionales, lo que potencia la generación de decisiones oportunas que permiten gestionar riesgos operativos de una manera proactiva.

Conjuntamente, las nuevas prácticas de trabajo eliminan los obstáculos representados por trabajos manuales arduos que existen en la actualidad, principalmente en términos de la programación de la producción, actividad que puede llegar a tardar hasta una hora. La automatización planteada garantiza que los programas sean fáciles de crear, compartir y modificar; todo en cuestión de segundos. Un respaldo de lo anterior es el hecho de que, según lo diseñado, determinar las necesidades de producción semanales de forma automática, reduciría el tiempo destinado a esta actividad que no agrega valor, pero que es indispensable para el negocio, en hasta un 98.3 %, lo que disminuye el esfuerzo que el jefe de planta debe realizar para ejecutar actividades sin valor añadido como la preparación de documentos y le permite concentrarse en labores de alto impacto positivo para la operación.

Asimismo, el incremento en la flexibilidad de la planta debido al aumento que se lograría en la holgura de la capacidad instalada para las máquinas permitiría disminuir el riesgo de no ser capaz de producir las cantidades de producto necesarias para satisfacer las necesidades de la demanda y la meta organizacional de crecimiento, lo que de acuerdo con la simulación llevada a cabo durante el capítulo de diagnóstico, representaría un costo de oportunidad anual de hasta \$300 000 para el quinto año simulado. Lo anterior tomando en cuenta que en ese mismo capítulo se determina que un incremento en las utilidades por encima de los niveles recomendados aumenta la posibilidad de no satisfacer al cliente, por lo que conseguir un balance en la utilización de los equipos, disminuiría este riesgo.

Por otra parte, la solución integrada de la herramienta no representa un costo adicional significativo para DCM, ya que, según lo planteado en el capítulo de diseño, se utilizan lenguajes de programación de descarga y uso libre para su desarrollo. El diseño simple, con sistemas poka-yoke, intuitivo, ejecutado a través de botones y empleando Excel como interfaz gráfica, permite garantizar que los principales usuarios no deban adquirir nuevas destrezas que toman tiempo en desarrollarse, lo que contribuiría a superar la curva de aprendizaje más rápidamente. Por lo tanto, los recursos destinados al entrenamiento corresponden únicamente a dos horas laborales, que en términos monetarios se

estiman en \$ 20, mientras que los requerimientos tecnológicos ya existen en la organización y por ende no suponen una inversión adicional para la implementación de la herramienta. Tomando en cuenta que existen softwares similares en el mercado que rondan los \$ 10 000 por un usuario, es posible pensar que la propuesta contribuye a la disminución de costos mientras se potencia la eficiencia de la operación.

La toma de decisiones basada en datos es indispensable para garantizar la excelencia operacional en organizaciones como DCM. Las soluciones desarrolladas en este trabajo brindan los insumos para que los usuarios creen estrategias y fundamenten sus argumentos basados en números y los complementen con la experiencia. Un ejemplo de lo anterior es la opción para ejecutar análisis de sensibilidad en términos de costos operativos y horas extra que se incluye en el tablero de visualización de las características de la programación. De esta manera, es posible gestionar la producción a partir de datos y establecer las implicaciones de los cambios que requieran otras áreas organizativas de la empresa, lo que es de alto valor agregado para departamentos como el de ventas, ya que les permitiría determinar en un tiempo corto el costo-beneficio de efectuar solicitudes de producción adicionales para satisfacer el requerimiento por ventas no contempladas. Lo que, en el mediano plazo, contribuye a afinar estrategias de mercadeo basadas en el entendimiento de la capacidad instalada de la planta y potencialmente mejorar la satisfacción con el servicio que se le brinda al cliente.

Por otra parte, el proyecto plantea una reconceptualización y refrescamiento de la forma en que se concibe el sistema productivo en DCM, principalmente en términos del macroproceso de gestión de la producción y específicamente sobre el proceso de producción, ya que bajo el nuevo concepto se concibe el recibo, el tostado, el molido y el empaque como subprocesos, con lo que se logra un mejor alineamiento con las principales pautas estipuladas por el enfoque de gestión basada en procesos, lo que representa una filosofía de alto valor para la empresa.

De esta manera, es natural concluir que el rediseño propuesto para las prácticas de trabajo vinculadas al subproceso de empaque, y utilizadas particularmente para la programación de la producción en DCM, no comprometen la flexibilidad de la planta, nivelan la utilización de la capacidad instalada, permiten obtener estimaciones de la demanda más exactas, establecer políticas de inventario según las características propias de cada producto, contribuir a la disminución de los cambios en el programa de producción así como liberar capacidad instalada, lo que permitiría reducir las necesidades de subcontratar servicios de empaque, contar con mayor margen de acción para atender posibles variaciones en el takt time, conciliar el flujo de producción con la demanda, mejorar la liquidez de la organización, gestionar riesgos de mejor manera, eliminar obstáculos y a la reducción potencial de costos. Lo anterior garantiza un mejor cumplimiento de las metas organizacionales y el mantenimiento sostenido de la promesa de servicio, por lo que se satisface el objetivo general del proyecto.

Recomendaciones

El objeto de estudio de este trabajo se circunscribe a las prácticas de trabajo que se ejecutan en el subproceso de empaque, ya que al momento de efectuar las evaluaciones pertinentes se determina que es donde se encuentran las oportunidades de mejora más significativas. No obstante, el sistema productivo de DCM es amplio y complejo, por lo que se recomienda efectuar un análisis similar a las prácticas de trabajo relacionadas a los otros elementos dentro del proceso de producción: 1) subproceso de recibo, 2) subproceso de tostado y 3) subproceso de molido.

En esfuerzos futuros de integración informática, se recomienda considerar la herramienta para su incorporación al sistema actual de la empresa, tomando en cuenta el diseño conceptual y funcional planteado en este documento y agregando, de ser posible, dos características importantes que robustecerían el instrumento y simplificarían su uso: 1) la actualización en tiempo real del inventario en bodega y 2) las ventas del periodo. Lo anterior daría paso a la posibilidad de emplear políticas de inventario continuas, las cuales podrían ofrecer beneficios adicionales en términos de control de costos.

La comunicación del desempeño del subproceso a todos los niveles jerárquicos es una buena práctica desde la perspectiva de la filosofía de manufactura Lean ya que permite coordinar esfuerzos para garantizar el cumplimiento de metas organizacionales. Por lo tanto, se recomienda la ejecución de proyectos de control visual que permitan a los operarios estar actualizados sobre los resultados de los principales indicadores de desempeño planteados en este proyecto en conjunto con algunos otros que posteriormente se consideren críticos para la operación, lo anterior con el objetivo de que, una vez recibidos los programas de capacitación necesarios, los colaboradores sean capaces de gestionar sus propias actividades de mejora continua.

Este proyecto no contempla la revisión y análisis de la idoneidad de las metas organizacionales por considerarse que es un aspecto que se relaciona de forma intrínseca con la planificación estratégica de la empresa. Por lo tanto, se recomienda la revisión de los objetivos operativos desde una perspectiva táctica con el fin de establecer si los valores estipulados corresponden a las necesidades operativas reales de DCM, para lo que se aconseja emplear la metodología SMART como punto inicial de evaluación. Lo anterior se sugiere principalmente para la meta de horas extra.

Los instructivos generados en este proyecto se diseñaron procurando que sigan el estándar planteado para el sistema de gestión de calidad (SGC) de DCM. Es por esto por lo que se recomienda que se incluyan como parte de los recursos que forman parte del SGC, con el fin de mantenerlos como elementos estandarizados y de fácil acceso para las partes interesadas, y que al mismo tiempo se sometan a los procesos de mejora continua y actualización oportunos.

En esencia, el jefe de planta debería destinar sus esfuerzos principalmente a la coordinación de las actividades productivas en el subproceso de empaque y a buscar estrategias que le permitan satisfacer las necesidades de los clientes, ya que esto es realmente lo que agrega valor desde un punto de vista Lean. Por este motivo, se recomienda que se continúen analizando más detalladamente las tareas que efectúa actualmente con el fin de determinar cuáles otras tienen potencial de automatización y de esta manera liberar tiempo para que le sea posible dedicarlo a aspectos de carácter tácticos y de valor agregado, en vez de a labores manuales de preparación de archivos.

Finalmente, es posible que nuevas personas con responsabilidades vinculadas a las prácticas de trabajo tratadas en este proyecto se incorporen a los departamentos de ventas y producción en el futuro. Por lo tanto, se recomienda incluir los instructivos desarrollados en este trabajo en los planes de entrenamiento de la organización, con el fin de que se emplee la documentación y el material audiovisual facilitado para asegurar la ejecución adecuada por parte de los usuarios de la herramienta programada, así como el uso de los instructivos para la elaboración de pronósticos, programación de la producción y la gestión de las alertas del módulo de control bajo la estandarización procedimental propuesta.

Referencias bibliográficas

- Acosta, V. (2017) *Una metodología de rediseño de procesos de negocios basada en la teoría de la estructuración de las organizaciones* [Tesis de maestría]. Repositorio institucional Universidad de Chile. <https://bit.ly/3gmxFRn>
- AENOR. (2003). *Sistema de gestión de la calidad: guía para la implantación de sistemas de indicadores*.
- Altay, N., y Litteral, L. (2011) *Service parts management: Demand forecasting and inventory control*. Springer.
- Anaya, J. (2016). *Organización de la producción industrial*. ESIC Editorial.
- Botero, J. N., y Álvarez, L. (2013). *Caracterización de la gestión de pronósticos de demanda empresarial*. [Tesis de grado]. Universidad del Rosario, Bogotá.
- Cachon, G. y Terwiesch, C. (2013). *Matching supply with demand: an Introduction to operations management*. McGraw-Hill.
- Cañedo, M. (2015) *Programación de la producción en industrias de proceso*. Elearning S.L.
- Castro, C. (2008). *Planeación de la producción*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson Educación de México.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009) *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill.
- García, J. (2011). *El proceso de capacitación, sus etapas e implementación para mejorar el desempeño del recurso humano en las organizaciones*. (p.6).
- Ghiani, G., Laporte, G. y Musmanno, R. (2004) *Introduction to logistics systems planning and control*. John Wiley and Sons, Ltd.
- González, F. (2007). *Manufactura esbelta*. *Revista Panorama Administrativo*.
- Heizer, J., y Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Education.
- Hernández, P. (2015) *Sistema de control y gestión de la eficiencia de una recanteadora en una línea de producción*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Hopp, W., y Spearman, M. (2001). *Factory Physics*. McGraw-Hill.
- Jacobs, R. y Chase, R. (2017). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill.
- Krajewski, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. Pearson Education.
- Liker, J., y Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.

- MIDEPLAN Costa Rica. (2009). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*.
- Monsalve, G. (2018). *Planificación de operaciones de manufactura y servicios*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Ott, H. (2020). *TUMx QPLS3x: Lean Production*. Technische Universität München edX.
- Pyla, P. y Hartson, R. (2012). *The UX book: process and guidelines for ensuring a quality user experience*. Elsevier.
- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Díaz de Santos.
- Schellenberg, G. (2018). *Value Stream Analysis. TUMx QPLS3x: Lean Production*. Technische Universität München edX
- Schroeder, R., Meyer, S., y Rungtusanatham, J. (2011). *Administración de operaciones*. The McGraw-Hill, México.
- Sipper, D., y Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción*. McGraw Hill.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., y Johnston, R. (2013). *Operations management*. Pearson Education.
- Stellwagen, E., y Goodrich, R. (2017). *Forecast pro statistical reference manual*. Business Forecasts Systems.
- Torres, R. (2011, octubre). *Tips logísticos: midiendo desde los zapatos del cliente: el fill-rate y el OTIF*. Negocios Globales NG Logística. <https://bit.ly/2LineTq>
- Tous, D., Guzmán, V., Cordero, M. y Sánchez, E. (2019). *Sistemas de producción: análisis de las actividades primarias de la cadena de valor*. ESIC Editorial.
- Voehl, F., Harrington, H., Mignosa, C., y Charron, R. (2014). *The Lean six sigma black belt handbook. tools and methods for process acceleration*. CRC Press.
- Woolfrey, J. (2018). *The 3Ms and Lean Production*. TUMx QPLS3x: Lean Production. Technische Universität München edX

Glosario

Actividades externas: Actividades que pueden ser realizadas incluso cuando el proceso continúa siendo ejecutado (Slack *et al.*, 2013, p. 481).

Actividades internas: Actividades que no pueden ser ejecutadas mientras el proceso está corriendo (Slack *et al.*, 2013, p. 481).

Calidad 01: Café con calidad superior.

Calidad 02: Café con calidad estándar.

Calidad 03: Café con calidad para torrefacto.

Calidad 04: Café con calidad para torrefacto.

Calidad superior: Café de calidad superior.

Costos de manejo de inventario: Incluye los costos en los que se incurre por no invertir el dinero destinado al manejo de los inventarios en otras alternativas financieras y el costo operativa de mantener el inventario (Castro, 2008, p. 223). “Las unidades en las que se mide el costo de mantenimiento de inventario son \$/ unidad/mes, y por facilidad se supone que su comportamiento es lineal” (Castro, 2008, p. 223).

Desviación media absoluta (DMA): “promedio del valor absoluto del error de pronóstico real” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Efectos indeseables: Derivados de una causa que genera un impacto negativo.

Error porcentual medio absoluto (EPMA): “es el promedio de error expresado como porcentaje de demanda” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Fill rate: Indicador que permite medir la relación entre la cantidad de pedidos entregados con respecto a los solicitados (Torres, 2011, p. 26).

Flexibilidad: Característica de una planta de manufactura que le facilita adaptarse a “patrones cambiantes de volumen de producto requerido, y proveer una mejor mezcla de productos. En cada caso el sistema de producción debe ser capaz de realizar esas tareas en el contexto de una meta unificada de calidad, tiempo y costo” (Sipper y Bulfin, 1998, p. 35).

Formado de paquetes: Formar paquetes de dos o tres unidades de café para unirlos mediante un cintillo y posteriormente efectuar subgrupos de cinco.

Make to stock: Sistema de producción que consiste en construir inventarios para satisfacer la demanda de los clientes.

Mayra: Dispositivo mecánico que se utiliza para el transporte de café molido.

Orden aleatorio o por capricho: “los supervisores u operadores escogen el trabajo que quieran ejecutar” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Poka-yoke: Término japonés empleado en la industria que significa “a prueba de errores”.

Primero el plazo más próximo (PPP/MINDD): Regla de prioridad en la que “se ejecuta primero el trabajo que antes se venza” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Primero en entrar, primero en trabajarse (PEPT/PEPS): Regla de prioridad en la que “los pedidos se ejecutan en el orden en que llegan al departamento” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Promedio móvil ponderado: “pronóstico hecho con datos pasados en donde los datos más recientes tienen mayor significancia que los datos anteriores” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Pronóstico de regresión lineal: “técnica de pronóstico que supone que los datos del pasado y las proyecciones para el futuro se ubican en torno a una línea recta” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Pronóstico móvil: “pronóstico basado en la demanda promedio pasada” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Proporción crítica (PC): Regla de prioridad en la que “se ejecutan primero los pedidos con la menor PC” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Rediseñar: Proponer un diseño renovado de un proceso existente, con el fin de impactar la productividad de una compañía al realizar mejoras desde una dimensión de costo, tiempo, flexibilidad y calidad en las actividades que se llevan a cabo (Acosta, 2017, pp. 5-25).

Señal de rastreo: “medida que indica si el pronóstico se mantiene con cualquier cambio genuino hacia arriba o hacia abajo de la demanda. Es útil para detectar sesgos del pronóstico” (Jacobs y Chase, 2017, p. 466).

Suavización exponencial: “técnica de pronóstico por series de tiempo que usa ponderaciones que aumentan exponencialmente $(1 - \alpha)$ por cada periodo pasado” (Jacobs y Chase, 2017, p. 473).

Takt time: “tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 78).

Tiempo de operación más breve (TOB): Regla de prioridad en la que se ejecuta “primero el trabajo con el tiempo de terminación más breve” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Tiempo ocioso restante (TOR): Regla de prioridad en la que se ejecutan primero “los pedidos con menor tiempo ocioso restante (TOR)” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Tiempo ocioso restante por operación (TOR/PO): Regla de prioridad en la que “se ejecutan primero los pedidos con el menor tiempo ocioso por número de operaciones” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Último en llegar, primero en trabajarse (ULPT): “esta regla se aplica a menudo automáticamente. Cuando llegan los pedidos, por rutina se colocan arriba de la pila; el operador toma primero el que esté más alto” (Jacobs y Chase, 2017, p. 595).

Zaranda: Equipo que permite filtrar productos físicos no deseados presentes en los productos.

Abreviaturas y acrónimos

ANSI: American National Standard Institute

CCE: Ciclo de conversión de efectivo.

DCM: Distribuidora Café Montaña S.A.

LS: Lean Synchronization (Sincronización Lean).

MAD: Mean Absolute Deviation (desviación media absoluta).

MAPE: Mean Absolute Percentage Error (error porcentual medio absoluto).

MINDD: Minimum Due Date (primer plazo más próximo).

MPS: Master Production Schedule (plan maestro de producción).

PC: Proporción crítica.

PEPS: Primero en entrar, primero en salir.

PEPT: Primero en entrar, primero en trabajarse.

SKU: Stock Keeping Unit (número de referencia único de un producto).

TOB: Tiempo de operación más breve.

TOR/PO: Tiempo ocioso restante por operación.

TPS: Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota).

ULPT: Último en llegar, primero en trabajarse.





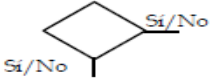


WAPE: Weighted Absolute Percentage Error (error porcentual absoluto ponderado).


Anexos

Anexo 1. Simbología ANSI.

Tabla 1.1

Simbología ANSI

Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el fin del diagrama de flujo.
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Indica la salida y entrada de datos.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Conector	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.

Símbolo	Significado	¿Para qué se utiliza?
	Conector de página	Representa la continuidad del diagrama en otra página.

Nota: Tomado de *Guía para la elaboración de diagramas de flujo (p.9)*, por MIDEPLAN, 2009, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

Apéndices

Apéndice 1. Variables aleatorias y su distribución.

Obtención de datos

Los datos de los tiempos de set up y de averías se recopilan directamente a partir de la información registrada por los operadores de las máquinas en los formularios de control diario de paros. Por otro lado, los tiempos de operación son obtenidos mediante un muestreo estadístico que sigue los siguientes pasos:

Paso 1. Estudio preliminar: Se toma 30 datos para luego determinar el tamaño de la muestra (n_1) empleando un nivel de confianza del 95 %.

Paso 2. Estudio de tiempos: Se recoge la cantidad de datos adicionales necesarios para completar el tamaño de la muestra calculado en el paso anterior y se recalcula el tamaño de la muestra (n_2). Se siguen las siguientes reglas:

- $n_1 \leq n_2$: La variabilidad es aceptable. No es necesario tomar más datos y es posible continuar al paso tres.
- $n_1 > n_2$: La variabilidad es muy alta. Se deben tomar más datos y recalcularse el tamaño de muestra, siendo ahora que para la evaluación el n_2 actual es el próximo n_1 .

Paso 3. Determinación de la distribución individual: El conjunto de datos es sometido a una prueba de bondad de ajuste.

Selección de distribución individual

Para la identificación de la distribución individual de los tiempos de set up, averías y operación, se someten los datos a una prueba de bondad de ajuste utilizando un nivel de significancia (α) del 0.05 ya que un 5 % de riesgo de concluir que los datos no siguen determinada distribución es aceptable para las condiciones de este proyecto. Por lo tanto, la hipótesis de la prueba es la siguiente:

- Valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen la distribución individual presentada.
- Valor $p > \alpha$: No es posible concluir que los datos no siguen la distribución individual presentada.

Como regla de desempate, se selecciona la distribución con un mayor valor p en el caso de que varias muestren un buen ajuste según lo planteado anteriormente. La siguiente tabla muestra el resultado obtenido de la selección ejecutada.

Tabla 1.1*Variables aleatorias y su distribución para la simulación*

Variable	Unidad	Distribución	Valor p
Tiempo de set up: Alinear máquina.	Hora	Logística	0.750
Tiempo de set up: Cambio de formador.	Hora	Gamma	0.840
Tiempo entre averías: Máquina 1.	Día	Lognormal	0.419
Tiempo entre averías: Máquina 2.	Día	Weibull	0.386
Tiempo entre averías: Máquina 3.	Día	Lognormal	0.779
Tiempo entre averías: Máquina 4.	Día	Logarítmica	0.291
Duración de averías: Máquina 1.	Hora	Gamma	0.980
Duración de averías: Máquina 2.	Hora	Lognormal	0.342
Duración de averías: Máquina 3.	Hora	Lognormal	0.992
Duración de averías: Máquina 4.	Hora	Gamma	0.334
Tiempo de operación: Poner cintillo para productos 18, 24, 10, 23, 22 y 27.	Segundo	Lognormal	0.344
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 14.	Segundo	Normal	0.635
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 18.	Segundo	Normal	0.257
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 24.	Segundo	Mixta	0.135
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 15.	Segundo	Logística	0.924
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 13.	Segundo	Uniforme	0.865
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para productos 26 y 35.	Segundo	Normal	0.668
Tiempo de operación: Formar y sellar bulto para producto 27.	Segundo	Normal	0.473
Tiempo de operación: Formar caja para productos 3, 9, 28 y 31.	Segundo	Normal	0.680
Tiempo de operación: Formar caja para productos 5, 17 y 33.	Segundo	Normal	0.160
Tiempo de operación: Formar caja para producto 7.	Segundo	Normal	0.079
Tiempo de operación: Formar caja para producto 23.	Segundo	Weibull	0.930

Variable	Unidad	Distribución	Valor p
Tiempo de operación: Formar caja para productos 25, 8, 12, 16 y 30.	Segundo	Weibull	0.172
Tiempo de operación: Formar caja para productos 2, 19, 1, 29 y 32.	Segundo	Weibull	0.230
Tiempo de operación: Formar caja para productos 4, 11 y 34.	Segundo	Normal	0.602
Tiempo de operación: Formar caja para productos 6, 20 y 21.	Segundo	Normal	0.946
Tiempo de operación: Formar caja para productos 10 y 22.	Segundo	Normal	0.439

Apéndice 2. Sumario de buenas prácticas.

Tabla 2.1

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de pronósticos.

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
1	La planeación de la producción debe iniciar a partir de un pronóstico de la demanda. (Chapman, 2006, p.17).	El personal de producción y operaciones debe utilizar los pronósticos para tomar decisiones periódicas acerca de la planeación de la producción y la programación. (Chase, 2009, p.468).	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.239)	Los tres autores concuerdan en que es necesario que las operaciones inicien considerando como insumo un pronóstico, lo cual es aplicable a una empresa como DCM que trabaja bajo un sistema make to stock para anticipar la demanda de sus clientes. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir.	X		
2	Al realizar el pronóstico se analizan los patrones y tendencia de las marcas y productos.	Las tendencias de productos, factores de crecimiento y competencias tienen que considerarse en el pronóstico para que refleje la influencia de	Se debe analizar el patrón y tendencia contenida en los datos ya que afectará el tipo de método de pronóstico que	Los tres autores concuerdan en que es necesario analizar el patrón y tendencia de los datos lo cual es aplicable a una empresa como DCM que trabaja bajo un sistema make to stock para	Se debe analizar el patrón y tendencia contenida en los datos ya que afectará el tipo de método de		X	

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
	(Chapman, 2006, p.23).	cada uno. (Chase, 2009, p.499).	se seleccione. Si los datos muestran tendencias o patrones estacionales, se necesitarán métodos más avanzados. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.256).	anticipar la demanda de sus clientes. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) para el sumario de buenas prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	pronóstico que se seleccione. Si los datos muestran tendencias o patrones estacionales, se necesitarán métodos más avanzados.			
3	Al realizar el pronóstico se debe analizar la estacionalidad y ciclicidad de las distintas marcas y productos. (Chapman, 2006, p.23).	Se analizan los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro evento esperado que puede influir en el pronóstico final. (Chase, 2009, p.469).	Se toma en cuenta el análisis de la estacionalidad y ciclicidad como uno de los supuestos básicos de todos los métodos de análisis de series de tiempo. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.256).	Los tres autores concuerdan en que es necesario analizar la estacionalidad y ciclicidad de los datos lo cual es aplicable a una empresa como DCM que trabaja bajo un sistema make to stock para anticipar la demanda de sus clientes. Se selecciona el autor (Chase,2009) para el sumario de buenas prácticas ya que sintetiza de forma puntual la buena práctica respaldada en los otros dos autores.	Se analizan los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro evento esperado que puede influir en el pronóstico final.			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
4	Se tiene claro que un promedio móvil simple no debe utilizarse cuando hay patrones de tendencia o estacionalidad. (Chapman, 2006, p.28).	Para utilizar un promedio móvil simple se debe tener claro que los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencia ni temporalidad). (Chase, 2009, p.474).	Al utilizar un promedio móvil simple se debe considerar que no se supone la presencia de un patrón estacional, de una tendencia o de componentes cíclicos en los datos de la demanda. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.256)	Los tres autores concuerdan en que es necesario tener en cuenta que un promedio móvil simple no supone la presencia de un patrón estacional ni tendencias, lo cual es aplicable a una empresa como DCM que generaliza el promedio móvil simple en todas sus proyecciones de productos. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) para el sumario de buenas prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Al utilizar un promedio móvil simple se debe considerar que no se supone la presencia de un patrón estacional, de una tendencia o de componentes cíclicos en los datos de la demanda.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
5	Se debe considerar que el pronóstico vaya acompañado de una estimación numérica del error de pronóstico para evaluar la efectividad del método a utilizar. (Chapman, 2006, p.23).	Se debe utilizar un método para la medición de errores de pronóstico. (Chase, 2009, p.480).	Se debe utilizar un método de error de pronóstico para vigilar las observaciones erráticas de la demanda y evaluar el método de pronóstico actual. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.248)	Los tres autores concuerdan en que se debe estimar el error de pronóstico para evaluar si el método actual de pronóstico es adecuado, lo cual es aplicable a una empresa como DCM que nunca evalúa ninguna métrica relacionada con el error. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) para el sumario de buenas prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se debe utilizar un método de error de pronóstico para vigilar las observaciones erráticas de la demanda y evaluar el método de pronóstico actual.		X	
6	Se deben realizar pronósticos de corto plazo utilizados para la programación y el lanzamiento de la producción, antes de conocer las órdenes reales del cliente.	Se deben realizar pronósticos de corto plazo para predecir las necesidades de materiales y productos de la programación para responder a los cambios de la demanda. (Chase, 2009, p.480).	Se ejecutan pronósticos para horizontes de tiempo cortos con el fin de tomar decisiones operativas relacionadas con el programa de producción. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.240)	Los tres autores concuerdan en que se deben ejecutar pronósticos con horizontes de tiempo corto para diseñar el programa de producción. Lo cual es aplicable a una empresa como DCM que utiliza el pronóstico como insumo en su programa maestro de producción. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011)	Se ejecutan pronósticos para horizontes de tiempo cortos con el fin de tomar decisiones operativas relacionadas con el programa de producción.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
	(Chapman, 2006, p.17).			para el sumario de buenas prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.				
7	La señal de seguimiento se debe hallar entre [-4,4] que demuestre que el método de pronóstico es efectivo. (Chapman, 2006, p.38).	La señal de seguimiento se debe encontrar entre [-4,4] para determinar que el método de pronóstico se encuentra bajo control. (Chase, 2009, p.482).	Si la señal de seguimiento se encuentra fuera del rango [-6,6], el método de pronóstico debe detenerse y volverse a configurar para igualar con mayor exactitud la demanda observada. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.250)	Dos autores concuerdan en que la señal de seguimiento debe hallarse entre [-4,4] para determinar que el pronóstico es adecuado. Se selecciona al autor (Chase, 2009) al ser la fuente más actual. Esta práctica es aplicable a DCM ya que no existe ningún método que evalúe el desempeño del método de pronóstico actual.	La señal de seguimiento se debe encontrar entre [-4,4] para determinar que el método de pronóstico se encuentra bajo control.			X
8	Al integrar un método cualitativo de pronóstico, se considera el criterio con base en la experiencia de aquellos colaboradores que se	Al integrar el método cualitativo se toma en cuenta el criterio del individuo más experimentado en la situación. (Chase, 2009, p.470).	Al integrar un método cualitativo de pronóstico, este lo realiza un grupo o un individuo con base en la experiencia, acerca de la situación.	Los tres autores concuerdan en que, al realizar ajustes en el pronóstico, se debe considerar el criterio de un experto de la situación y el producto para ejercer decisiones más acertadas. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) para el sumario de buenas	Al integrar un método cualitativo de pronóstico, este lo realiza un grupo o un individuo con base en la experiencia, acerca de la situación.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variables: Método y error de pronóstico					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
	encuentran relacionados con la situación. (Chapman, 2006, p.38).		(Schroeder, <i>et al.</i> , 2011, p.242).	prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.				
9	Al realizar ajustes en el pronóstico se analiza el ciclo de vida del producto en el mercado. (Chapman, 2006, p.38).	Se capturan datos de mercado para evaluar el comportamiento de los productos a producir. (Chase, 2009, p.470).	Se deben tomar en cuenta las condiciones actuales de mercado al ajustar el pronóstico. (Schroeder, <i>et al.</i> , 2011, p.242).	Los tres autores concuerdan en que se debe considerar la situación actual del mercado al ajustar el pronóstico. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) para el sumario de buenas prácticas ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se deben tomar en cuenta las condiciones actuales de mercado al ajustar el pronóstico	X		

Tabla 2.2

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de reducción de set up.

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Reducción de set up						Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor	Buena práctica			
1	Se deben registrar los tiempos de paro debido a set up. (Slack, 2013, p.480).	Se deben detallar las tareas de un cambio y registrar el tiempo. (Rajadel y Sánchez, 2010, p.129).	Se debe registrar y establecer el tiempo actual del cambio. (González, 2007, p.7).	Los tres autores concuerdan en que es necesario registrar los tiempos de cambio. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se deben registrar los tiempos de paro debido a set up.	X		
2	Se identifican cuáles son las actividades internas y externas. (Slack, 2013, p.481).	Se diferencian las actividades internas de las externas. (Rajadel y Sánchez, 2010, p.129).	Se distinguen entre actividades internas y externas. (González, 2007, p.98).	Los tres autores concuerdan en que es necesario identificar entre las actividades internas y externas de operación. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se identifican cuáles son las actividades internas y externas.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Reducción de set up						Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor	Buena práctica			
3	Se ejecutan todas las actividades que así lo permitan con la máquina marcha para reducir el tiempo. (Slack, 2013, p.481).	Se hacen esfuerzos por ejecutar operaciones que pueden hacerse mientras la máquina está funcionando. (Rajadel y Sánchez, 2010, p.129).	Se debe ejecutar el mayor número de pasos posibles cuando la máquina está trabajando, para reducir al mínimo tiempo de paro. (González, 2007, p.100).	Los tres autores concuerdan en que es necesario ejecutar toda aquella actividad que así lo permita mientras la máquina esté en marcha. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se ejecutan todas las actividades que así lo permitan con la máquina marcha para reducir el tiempo.	X		
4	Se preparan previamente o actividades o equipos en lugar de tener que hacerlo durante los períodos de cambio para reducir desperdicio. (Slack, 2013, p.481).	Se dispone y se prepara todo lo necesario en las proximidades de la máquina para eliminar el despilfarro. (Rajadel y Sánchez, p.131)	Previamente se ejecutan los pasos necesarios para la preparación del cambio. (González, 2007, p.100).	Los tres autores concuerdan en que es necesario registrar los tiempos de cambio. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se preparan previamente actividades o equipos en lugar de tener que hacerlo durante los períodos de cambio para reducir desperdicio.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Reducción de set up						Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor	Buena práctica			
5	Se practican rutinas de cambio con distintos operadores para reducir la curva de aprendizaje al ejecutar cambios. (Slack, 2013, p.481).	Todos los operarios se encuentran formados adecuadamente para realizar los cambios. (Rajadel y Sánchez, p.132)	Se debe fomentar el trabajo en equipo y la estandarización de operaciones para todos los colaboradores con el fin de reducir el tiempo total del cambio. (González, 2007, p.100).	Los tres autores concuerdan en que todos los colaborados deben estar entrenados para realizar adecuadamente los cambios. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se practican rutinas de cambio con distintos operadores para reducir la curva de aprendizaje al ejecutar cambios.	X		

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Reducción de set up						Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor	Buena práctica			
6	Las herramientas se colocan de tal manera que se puedan alcanzar fácilmente cuando sea necesario. (Slack, 2013, p.484).	Está claro dónde están las herramientas y otros elementos necesarios para los cambios. (Rajadel y Sánchez, p.137)	Los elementos necesarios deben ser de fácil uso y acceso, para que se encuentren, retiren y devuelvan a su posición, fácilmente por los empleados. (González, 2007, p.94)	Los tres autores concuerdan en que las herramientas deben ser fácil acceso. Se selecciona el autor (Slack, 2013) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Las herramientas se colocan de tal manera que se puedan alcanzar fácilmente cuando sea necesario.	X		

Tabla 2.3

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de la utilización de la capacidad instalada.

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Utilización de la capacidad instalada					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
1	Se estima y analizan las horas máximas que podemos esperar estará activo el centro de trabajo. (Chapman, 2006, p.17).	Se estima y analiza la proporción de tiempo que un recurso está activado. (Chase, 2009, p.169).	Se estima y analiza la utilización de las instalaciones (máquinas) para conocer qué tan ocupadas se encuentran. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.272).	Los tres autores concuerdan en que es necesario que se estime y analice la utilización de sus máquinas, lo cual es aplicable a una empresa como DCM que opera con cuatro máquinas el total de su producción. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se estima y analiza la utilización de las instalaciones (máquinas) para conocer qué tan ocupadas se encuentran.		X	

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Utilización de la capacidad instalada					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
2	Es preferible analizar la efectividad de contar con una utilización cercana al 90 % ya que podría crear productos para el inventario de forma innecesaria. (Sipper, 1998, p.42)	Resultar deseable no tener una utilización cercana al 100 % de todos los recursos de la línea. (Hopp y Spearman ,2001, p.490)	Es preferible que la utilización de las máquinas no sea mayor al 80 %. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.272).	Los tres autores concuerdan en que es deseable que la utilización tenga un colchón y no alcance el 100 %, lo cual es aplicable a una empresa como DCM que bajo pedidos no planificados puedan ser abordados con flexibilidad. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) ya que es la fuente más actual de las tres.	Es preferible que la utilización de las máquinas no sea mayor al 80 %.			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Utilización de la capacidad instalada					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
3	Al instaurar las horas extra se cuantifica que sea la decisión que dé la mejor eficiencia de costos posible. (Chapman, 2006, p.173).	Al aplicar las horas extra se analiza que la decisión implique un mejor nivel de operación. (Chase, 2009, p.124).	Se debe mantener a un nivel mínimo las horas extra de producción de tal forma que se conserve el equilibrio del sistema. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.306). (Con nivel mínimo, se refiere a que no se sobrepasa la meta organizacional).	Los tres autores concuerdan en que es necesario analizar la necesidad de instaurar horas extra para evitar costos innecesarios. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se debe mantener a un nivel mínimo las horas extra de producción de tal forma que se conserve el equilibrio del sistema.			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Utilización de la capacidad instalada					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
4	A medida que las condiciones cambian, es importante controlar tanto la prioridad del trabajo dentro de las instalaciones como la capacidad utilizada para efectuar el trabajo. (Chapman, 2006, p.173). (Enfoque en la capacidad de instalaciones para almacenar el producto terminado).	Se ofrece un enfoque para determinar el tamaño de las instalaciones que apoye mejor la estrategia competitiva de la compañía a largo plazo. (Enfoque en la capacidad de instalaciones para almacenar el producto terminado). (Chase, 2009, p.123).	Se considera la capacidad de instalaciones como parte de la estrategia de operaciones. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.306). (Enfoque en la capacidad de instalaciones para almacenar el producto terminado).	Los tres autores concuerdan en que es necesario analizar si las instalaciones son capaces de apoyar la estrategia competitiva de la organización. Es aplicable a DCM ya que debido a falta de espacio la integridad del producto se encuentra en riesgo. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011) ya que es la fuente más actual de las tres estando respaldada por los otros dos autores.	Se considera la capacidad de instalaciones como parte de la estrategia de operaciones.			X

Tabla 2.4

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de programa de producción.

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Programa de producción					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
1	El plan maestro de producción debe estar diseñado para cumplir el fill rate. (Hopp y Spearman, 2001, p.489)	El plan maestro de producción debe cumplir las fechas de entrega de los clientes. (Chase, 2009, p.626).	El plan maestro de Producción debe atender las necesidades de entrega de los clientes. (Chapman, 2006, p.77).	Los tres autores concuerdan en que el plan maestro de producción debe cumplir las fechas de entrega de los clientes. Se selecciona el autor (Chase, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	El plan maestro de producción debe cumplir las fechas de entrega de los clientes.	X		
2	Al programar la producción se debe contemplar la asignación del equipo, personal y también materiales. (Krajewski et al, 2008, pp 673 - 682).	Al programar se asignan pedidos, equipo y personal de los centros de trabajo en el periodo establecido. (Chase, 2009, p.625).	El programa maestro debe considerar sus recursos como restricciones. (Chapman, 2006, p.88).	Los tres autores concuerdan en que el plan maestro de producción debe asignar los recursos requeridos. Se selecciona el autor (Chase, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	Al programar se asignan pedidos, equipo y personal de los centros de trabajo en el periodo establecido.	X		
3	Se utiliza una regla de secuencia de prioridades al programar.	Se determina la secuencia de realización de los pedidos (es decir,	La programación maestra exige métodos de priorización según	Los tres autores concuerdan en que el plan maestro de producción debe	Se determina la secuencia de realización de los pedidos (es			

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Programa de producción					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
	(Krajewski et al, 2008, p.681).	establecer las prioridades laborales). (Chase, 2009, p.625).	el entorno de producción. (Chapman, 2006, p.78).	determinar la secuencia en la que se va a producir. Se selecciona el autor (Chase, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	decir, establecer las prioridades laborales).	X		
4	Se analizan las medidas del desempeño que utilizará para seleccionar un programa para controlar el comportamiento de los recursos y sus implicaciones. (Heizer y Render, 2008, p.13).	Se revisan los indicadores, el estatus y control del progreso de los pedidos conforme se trabajan. (Chase, 2009, p.625).	Nunca permitir que la computadora tenga poder absoluto sobre las decisiones que representan recursos reales comprometidos de la empresa. Revisar el progreso del programa diariamente y sus debidos indicadores. (Chapman, 2006, p.88).	Los tres autores concuerdan en que el plan maestro de producción debe contener medidas de desempeño para controlar el progreso de los pedidos. Se selecciona el autor (Chase, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	Se revisan los indicadores, el estatus y control del progreso de los pedidos conforme se trabajan.			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Programa de producción					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
5	Se debe estimar la minimización de los tiempos de flujo del trabajo que apoya las prioridades competitivas de costo (menos inventario) y tiempo (rapidez en la entrega). (Krajewski <i>et al.</i> , 2008, p.673).	Se programa al detalle el tiempo que va a necesitar para producir con aras a minimizarlo. (Chase, 2009, p.625).	Se toma en consideración el tiempo que se va a necesitar al programar la producción y la minimización de éste. (Chapman, 2006, p.88).	Los tres autores concuerdan en que se debe considerar el tiempo que se necesitar para cumplir la producción. Se selecciona el autor (Chase, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	Se programa al detalle el tiempo que va a necesitar para producir con aras a minimizarlo.			X
6	La planeación de la producción debe iniciar a partir de un pronóstico de la demanda. (Chapman, 2006, p.17).	El personal de producción y operaciones debe utilizar los pronósticos para tomar decisiones periódicas acerca de la planeación de la producción y la programación. (Chase, 2009, p.468).	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.239)	Los tres autores concuerdan. Se selecciona el autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011,) ya que es la fuente más actual de las tres.	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir.			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Programa de producción					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autor				
7	Se estiman los niveles de inventario para medir la eficacia de los programas para procesos manufactureros. La minimización del inventario total apoya la prioridad competitiva de costo (costos por mantenimiento de inventario). (Krajewski et al, 2008, p.674).	Se analizan los niveles de inventario ya que estos también impiden dar respuesta a los cambios rápidos del mercado. (Heizer y Render, 2008, p.13).	Se planifican niveles de inventario y capacidad de almacenamiento que se va a obtener, en particular por lo que concierne a productos terminados. (Chapman, 2006, p.72).	Los tres autores concuerdan en que se debe analizar los niveles de inventario de producto terminado para reducir costos y dar respuesta rápida a cambios del mercado. La selección del autor (Chapman, 2009) ya que es la fuente más actual de las tres.	Se estiman los niveles de inventario para medir la eficacia de los programas para procesos manufactureros. La minimización del inventario total apoya la prioridad competitiva de costo (costos por mantenimiento de inventario).		X	

Tabla 2.5

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de inventario de producto terminado.

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Inventario de producto terminado					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
N°	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autores				
1	Las estructuras de costos de los inventarios deben incorporar los costos por mantenimiento de inventario y evaluar la factibilidad. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360)	Se deben contabilizar los y evaluar los costos por acarreo de inventario. (Chapman, 2006, p.105)	Se debe incentivar la búsqueda del costo total mínimo que resulta de efectos combinados, entre ellos el costo de mantenimiento de inventarios. (Chase, 2009, p.549)	Los tres autores concuerdan en que se deben contabilizar y evaluar la factibilidad de mantener costos por mantenimiento de inventario. Se selecciona como buena práctica la del autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360), al ser la más actual y estando respaldada por otros dos autores reconocidos.	Las estructuras de costos de los inventarios deben incorporar los costos por mantenimiento de inventario y evaluar la factibilidad.			X
2	Por lo general, en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios, por lo tanto, se debe conocer cuáles son esos	Se debe determinar cuáles productos poseen inventarios más altos con el fin de controlar los niveles de existencias mediante	Se deben de clasificar las piezas en de inventario en grupos para establecer el grado de control apropiado sobre cada uno. Una práctica recomendable de análisis es el uso	Los tres autores concuerdan en que se deben considerar cuáles productos poseen los inventarios más altos con el fin de controlar los niveles de existencias. Se selecciona como buena práctica la del autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360), al ser la más actual y estando respaldada por	Por lo general, en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios, por lo tanto, se debe conocer			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Inventario de producto terminado					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autores				
	productos y administrar este número reducido de artículos de manera intensiva con el fin de controlar gran parte del valor del inventario. Una práctica recomendable de análisis es el uso del diagrama A, B y C. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.376)	una distribución A, B y C del inventario. (Chapman, 2006, p.116)	del diagrama A, B y C. (Chase,2009, p.549)	otros dos autores reconocidos.	cuáles son esos productos y administrar este número reducido de artículos de manera intensiva con el fin de controlar gran parte del valor del inventario. Una práctica recomendable de análisis es el uso del diagrama A, B y C.			
3	Se ejecutan revisiones continuas de los niveles del inventario con estrecha atención a la exactitud de los registros y/o bases de datos que permita monitorear los niveles de	Se cuenta con una base de datos que monitoree los movimientos de inventarios y sus registros (Chapman, 2006, p.114)	Se debe contar con registros o bien una base de datos que muestre lo que realmente hay en el inventario de forma diaria. (Chase, 2009, p.571).	Los tres autores concuerdan en que se deben contar con registros o alguna base de datos que permita monitorear los niveles de inventario en tiempo real. Se selecciona como buena práctica la del autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360), al ser la más actual y estando respaldada por otros dos autores reconocidos.	Se ejecutan revisiones continuas de los niveles del inventario con estrecha atención a la exactitud de los registros y/o bases de datos que permita monitorear los			X

Sumario de buenas prácticas Comparación entre autores reconocidos Variable: Inventario de producto terminado					Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Nº	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Buena práctica determinada por los autores	Justificación de selección de autores				
	existencias. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.377)				niveles de existencias.			
4	La organización estima la rotación del inventario e indica el número de veces (durante un año) que el inventario se renueva por completo. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.375)	Se deben generar análisis por el tema de rotación de inventario. (Chapman, 2006, p.115)	Se considera como medida clave de desempeño la rotación de inventarios. (Chase, 2009, p.564).	Los tres autores concuerdan en que se debe considerar como indicador clave la rotación de inventarios. Se selecciona como práctica la del autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360), al ser la más actual y estando respaldada por otros dos autores reconocidos.	La organización estima la rotación del inventario e indica el número de veces (durante un año) que el inventario se renueva por completo como medida de desempeño.			X
5	Se debe mantener un inventario de seguridad como un colchón contra órdenes inesperadamente grandes. (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.375).	Se debe mantener inventario de seguridad para proteger a la organización ante eventualidades. (Chapman, 2006, p.106)	Es necesario mantener inventarios de seguridad para ofrecer cierto nivel de protección contra las existencias agotadas. (Chase, 2009, p.558).	Los tres autores concuerdan que se debe mantener un cierto nivel por inventario de seguridad. Se selecciona como práctica la del autor (Schroeder <i>et al.</i> , 2011, p.360), al ser la más actual y estando respaldada por otros dos autores reconocidos.	Se debe mantener un inventario de seguridad como un colchón contra órdenes inesperadamente grandes.			X

Apéndice 3. Interfaz de los módulos propuestos para la herramienta programada.

Figura 3.1

Página de inicio de la herramienta programada

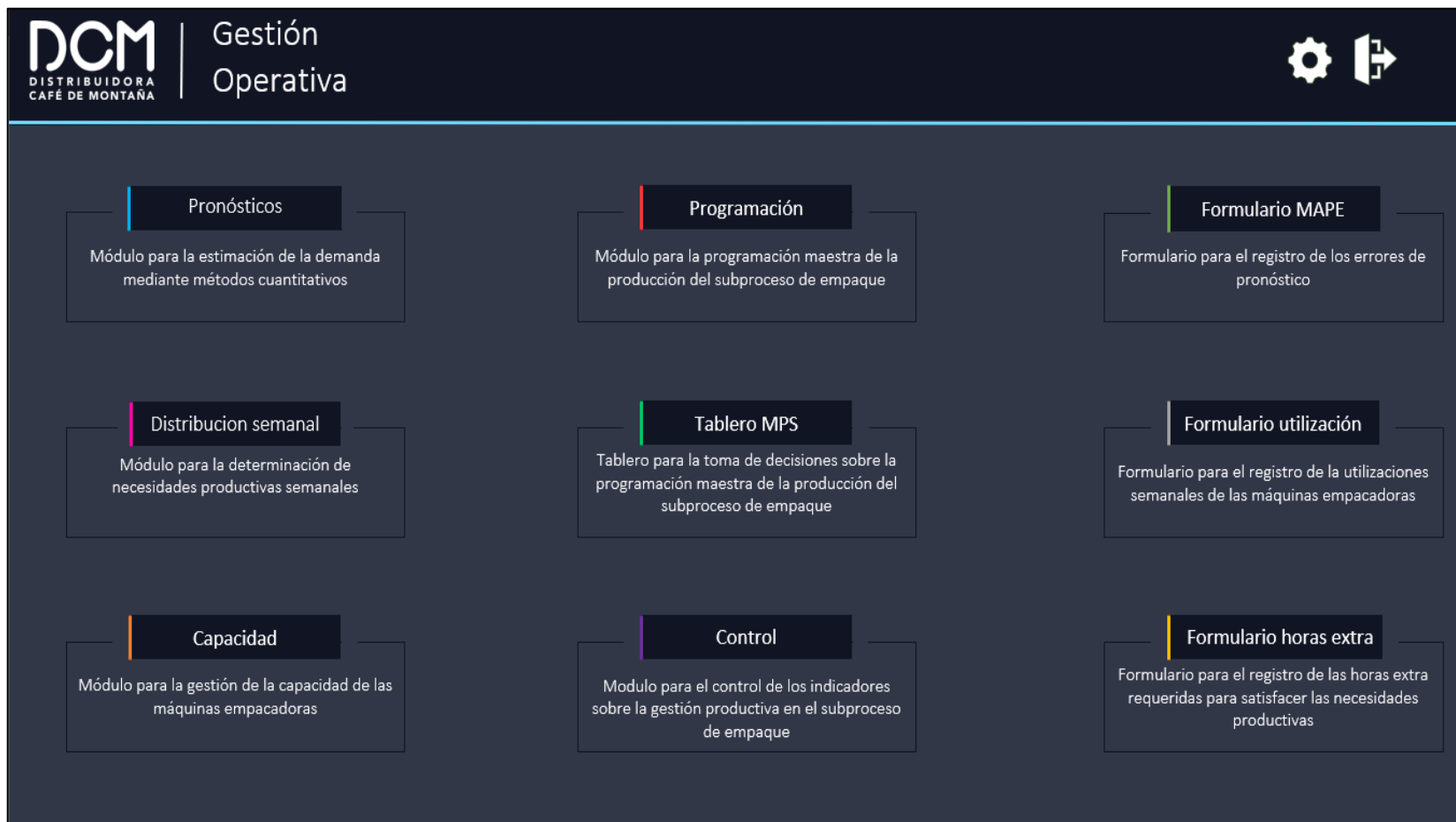



Figura 3.2

Módulo de pronósticos para la herramienta programada con un escenario hipotético

Producto	Unidades	Extremo inferior (unidades)	Extremo superior (unidades)	MAPE (%)
Amigo_200g	4998	2796	7199	20
Cafetal_1000g	Producto no estable.	Considere abordaje cualitativo.	-	-
Don_Manuel_250g	1594	639	2549	31
Don_Manuel_500g	2132	1467	2797	8
Don_Manuel_percolador_500g	817	157	1477	20
Economico_200g	21438	14595	28281	21
Economico_200g_2PK	168081	150669	185493	3
Fedecoop_200g_3PK	120992	87491	154492	16
Fedecoop_250g	6774	4751	8797	16
Mi_Cafe_1000g	Producto no estable.	Considere abordaje cualitativo.	-	-
Montana_1000g	2851	1780	3923	18
Montana_125g	4006	3182	4829	9
Montana_250g	52495	28795	76195	17
Montana_500g	22247	12938	31557	16
Montana_percolador_1000g	1819	879	2760	23
Montana_percolador_500g	4107	3311	4904	8
Sabemas_250g	24276	17341	31212	11
Sabemas_500g	22609	18172	27047	12
Suli_200g	50560	20884	80237	22
Yodito_1000g	496	31	1023	14
Yodito_250g	46170	30291	62049	14
Yodito_250g_2PK	15898	11226	20570	10
Yodito_500g	6500	4553	8447	13
Yodito_percolador_1000g	512	187	838	12
Yodito_percolador_500g	334	229	440	12
Montana_500g_3_Pack	14181	10919	17444	12

Nivel de significancia (%)	Mes de pronóstico	Año de pronóstico
90	Junio	2021

Panel de comandos



Panel de navegación

- Pronósticos
- Distribucion semanal
- Capacidad
- Programación
- Tablero MPS
- Control
- Formulario MAPE
- Formulario utilización
- Formulario horas extra




Figura 3.3

Módulo de distribución semanal de unidades para la herramienta programada con un escenario hipotético

Producto	Semana 4	Semana 5	Jornadas para alcanzar ROP
Amigo_200g	-	-	14
Cafetal_1000g	-	-	-
Don_Manuel_250g	-	738	9
Don_Manuel_500g	-	2 299	6
Don_Manuel_percolador_500g	-	1 079	9
Economico_200g	-	13 846	8
Economico_200g_2PK	-	108 899	6
Fedecoop_200g_3PK	54 170	-	1
Fedecoop_250g	-	3 716	8
Mi_Cafe_1000g	-	-	-
Montana_1000g	-	-	22
Montana_125g	-	-	12
Montana_250g	-	21 034	9
Montana_500g	-	-	18
Montana_percolador_1000g	1 093	-	5
Montana_percolador_500g	-	-	17
Sabemas_250g	18 320	-	-
Sabemas_500g	13 204	-	-
Suli_200g	49 439	-	3
Yodito_1000g	-	909	10
Yodito_250g	30 258	-	1
Yodito_250g_2PK	5 938	-	5
Yodito_500g	-	5 099	6
Yodito_percolador_1000g	-	259	6
Yodito_percolador_500g	-	-	16
Montana_500g_3_Pack	7 194	-	-

Producto	Prioridad	Unidades
Sabemas_250g	1	18 320
Sabemas_500g	2	13 204
Montana_500g_3_Pack	3	7 194
Fedecoop_200g_3PK	4	54 170
Yodito_250g	5	30 258
Suli_200g	6	49 439
Montana_percolador_1000g	7	1 093
Yodito_250g_2PK	8	5 938

Panel de comandos





- Pronósticos
- Distribucion semanal
- Capacidad
- Programación
- Tablero MPS
- Control
- Formulario MAPE
- Formulario utilización
- Formulario horas extra





Figura 3.5

Módulo de programación de la producción para la herramienta programada con un escenario hipotético (calendario)



Figura 3.6

Módulo de programación de la producción para la herramienta programada con un escenario hipotético (tablero)

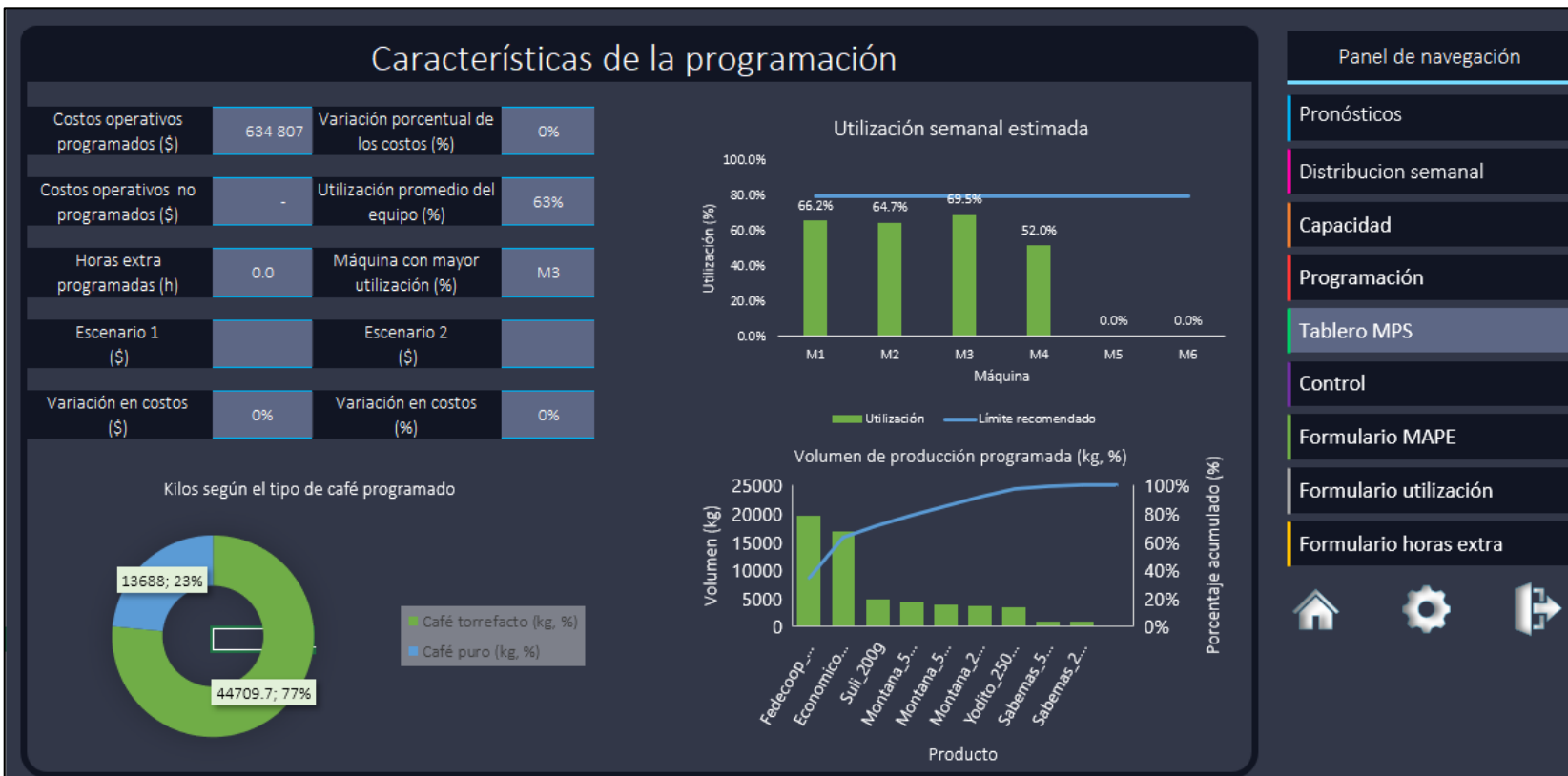


Figura 3.7

Módulo de ingreso del error de pronóstico MAPE con un escenario hipotético

The interface displays a table of products and their sales for a specific period. The table is as follows:

Producto	Ventas del periodo (unidades)
Amigo_200g	100
Cafetal_1000g	100
Don_Manuel_250g	100
Don_Manuel_500g	100
Don_Manuel_percolador_500g	100
Economico_200g	100
Economico_200g_2PK	100
Fedecoop_200g_3PK	100
Fedecoop_250g	100
Mi_Cafe_1000g	100
Montana_1000g	100
Montana_125g	100
Montana_250g	100
Montana_500g	100
Montana_percolador_1000g	100
Montana_percolador_500g	100
Sabemas_250g	100
Sabemas_500g	100
Suli_200g	100
Yodito_1000g	100
Yodito_250g	100
Yodito_250g_2PK	100
Yodito_500g	100
Yodito_percolador_1000g	100
Yodito_percolador_500g	100
Montana_500g_3_Pack	100

Periodo: Mes: Noviembre, Año: 2021

Panel de comandos:   

Panel de navegación:

- Pronósticos
- Distribucion semanal
- Capacidad
- Programación
- Tablero MPS
- Control
- Formulario MAPE**
- Formulario utilización
- Formulario horas extra

Bottom navigation:   

Figura 3.8

Módulo de ingreso de la utilización de las máquinas con un escenario hipotético



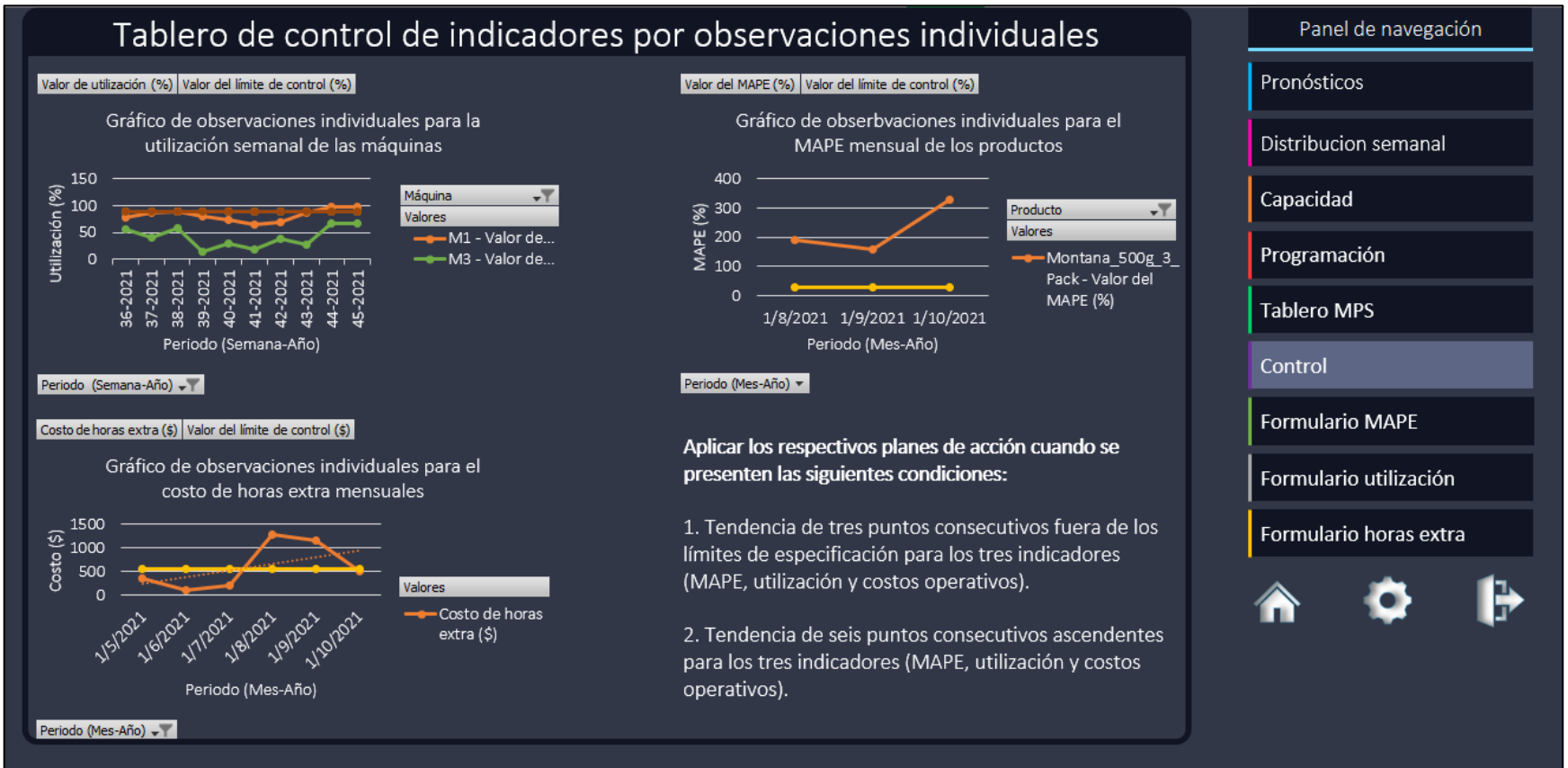
Figura 3.9

Módulo de ingreso de las horas extra trabajadas con un escenario hipotético




Figura 3.10

Módulo de control de indicadores con escenario hipotético



- Panel de navegación
- Pronósticos
 - Distribucion semanal
 - Capacidad
 - Programación
 - Tablero MPS
 - Control**
 - Formulario MAPE
 - Formulario utilización
 - Formulario horas extra
-

Apéndice 4. Manual de usuario para el uso de la herramienta programada.

	Manual de usuario para el uso de la herramienta programada.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Desarrollar las instrucciones de usuario para el uso de la herramienta programada de diseño.

Alcance

El manual es aplicable al área productiva y los principales usuarios de la herramienta programada: a) jefe de planta, b) jefe de ventas y c) gerente de operaciones.

Nota

Recordar mantener cualquier archivo o programa cerrado mientras se utiliza la herramienta.

Interfaz gráfica

El diseño es limpio y agradable a la vista. Se emplean colores alusivos a DCM y permite una fácil navegación entre los módulos programada con botones. Cada vez que se ejecuta el programa, se despliega la página de inicio que se muestra a continuación.

Figura 4.1

Página de inicio de la herramienta



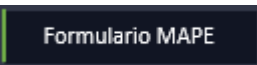


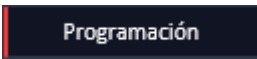
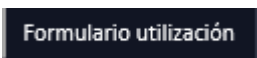



Pasos para el usuario de la herramienta

1. Antes de abrir la herramienta, prepare los archivos de ventas o inventario, según lo necesite. Recuerde utilizar los machotes proporcionados para subir las ventas e inventario. No modifique o cambie los nombres de las columnas en esos machotes. Solo se requieren las columnas que ahí se muestran. Tenga presente que debe limpiar los datos antes de subirlos. Esto es un proceso automático que se genera al presionar el botón “Preparar archivo” y luego guardar el documento. Es importante preparar el archivo antes de abrir la herramienta porque ningún archivo de Excel debe estar abierto mientras la herramienta se ejecuta.
2. Antes de abrir la herramienta, debe asegurarse de cerrar cualquier otro archivo de Excel. De no llevar a cabo esta operación, es posible que las barras de control y edición desaparezcan de los otros documentos de Excel, así como que haya interferencia con la operación del instrumento y no se ejecute el código. Si por error usted olvida cerrar los otros documentos de Excel antes de abrir la herramienta, debe hacer lo siguiente para corregir el error en las barras de control y edición: a. Abrir la herramienta. b. Abrir otro archivo de Excel. c. Ir al módulo de configuración. d. Presionar el botón del sol. e. Cerrar la herramienta. e. Cerrar el documento de Excel. Después de esto, las barras de control y edición deberían mostrarse.
3. Abrir el ejecutable de la herramienta y visualizar la pantalla principal llamada “Gestión operativa”, se presentan las siguientes opciones de uso con su ícono respectivo, ubicado en el panel de navegación:

Tabla 4.1

Opciones de uso e íconos de navegación de la herramienta programable

Destino al dar click	Ícono
a) Módulo de pronóstico.	
b) Módulo de capacidad.	
c) Formulario MAPE.	
d) Formulario de horas extra.	
e) Módulo de distribución semanal.	
f) Módulo de programación.	
g) Módulo de formulario de utilización.	

Destino al dar click	Ícono
h) Módulo de control.	

4. Se debe ingresar al módulo de pronósticos donde se observa el listado de productos, tal como se muestra en la siguiente imagen representativa.

Figura 4.2

Módulo de pronósticos para el manual de usuario (caso hipotético)

Producto	Unidades	Extremo inferior (unidades)	Extremo superior (unidades)	MAPE (%)
Amigo_200g	4998	2796	7199	20
Cafetal_1000g	Producto no estable.	Considere abordaje cualitativo.	-	-
Don_Manuel_250g	1594	639	2549	31
Don_Manuel_500g	2132	1467	2797	8
Don_Manuel_percolador_500g	817	157	1477	20
Economico_200g	21438	14595	28281	21
Economico_200g_2PK	168081	150669	185493	3
Fedecoop_200g_3PK	120992	87491	154492	16
Fedecoop_250g	6774	4751	8797	16
Mi_Cafe_1000g	Producto no estable.	Considere abordaje cualitativo.	-	-
Montana_1000g	2851	1780	3923	18
Montana_125g	4006	3182	4829	9
Montana_250g	52495	28795	76195	17
Montana_500g	22247	12938	31557	16
Montana_percolador_1000g	1819	879	2760	23
Montana_percolador_500g	4107	3311	4904	8
Sabemas_250g	24276	17341	31212	11
Sabemas_500g	22609	18172	27047	12
Suli_200g	50560	20884	80237	22
Yodito_1000g	496	31	1023	14
Yodito_250g	46170	30291	62049	14
Yodito_250g_2PK	15898	11226	20570	10
Yodito_500g	6500	4553	8447	13
Yodito_percolador_1000g	512	187	838	12
Yodito_percolador_500g	334	229	440	12
Montana_500g_3_Pack	14181	10919	17444	12

Nivel de significancia (%)	Mes de pronóstico	Año de pronóstico
90	Junio	2021

Panel de comandos

Panel de navegación

- Pronósticos
- Distribucion semanal
- Capacidad
- Programación
- Tablero MPS
- Control
- Formulario MAPE
- Formulario utilización
- Formulario horas extra



5. El usuario debe ingresar el mes de pronóstico, el año que desea pronosticar y el nivel de significancia que desea emplear. Este espacio se ubica en la parte lateral superior derecha.
6. En el panel de comandos se debe seleccionar el ícono , el cual tiene como funcionalidad la selección del archivo de las ventas del mes anterior.
7. Una vez que se carguen las ventas, el software va a determinar el pronóstico mensual para cada producto, así como los intervalos de confianza (extremo inferior y superior en unidades). Cuando el producto no presenta datos estables se va a recomendar un abordaje cualitativo.
8. Luego, se procede a seleccionar el módulo de distribución semanal, la interfaz se muestra a continuación.

Figura 4.3

Distribución semanal (caso hipotético)



9. Para distribuir semanalmente los pronósticos de los productos, se debe seleccionar el ícono ubicado en el panel de comandos, , el cuál va a permitir seleccionar el archivo de inventarios en el almacén de producto terminado para calcular los requerimientos de producción para la semana siguiente. Es importante mencionar que este módulo tiene incorporado las políticas de inventario, de tal manera que este aspecto se toma en consideración en los cálculos.

Es posible observar que el resumen de las cantidades a producir se presenta en el cuadro de la esquina superior derecha, en el cual el usuario puede agregar, quitar o modificar los productos que realmente desea producir. Debe colocar su prioridad de ejecución basado en su criterio cualitativo.

10. Una vez definidos los productos por producir, sus cantidades y la prioridad, el usuario se puede trasladar al módulo de capacidad, donde se establecen los horarios en que la máquina no se encuentra disponible, las velocidades (minuto/unidad), mínimo de unidades de producto para asignar por máquina, cantidad de personal disponible, horas netas disponibles y la disponibilidad de máquinas. La siguiente imagen ilustra este módulo.

11. Posteriormente se selecciona el módulo de programación.


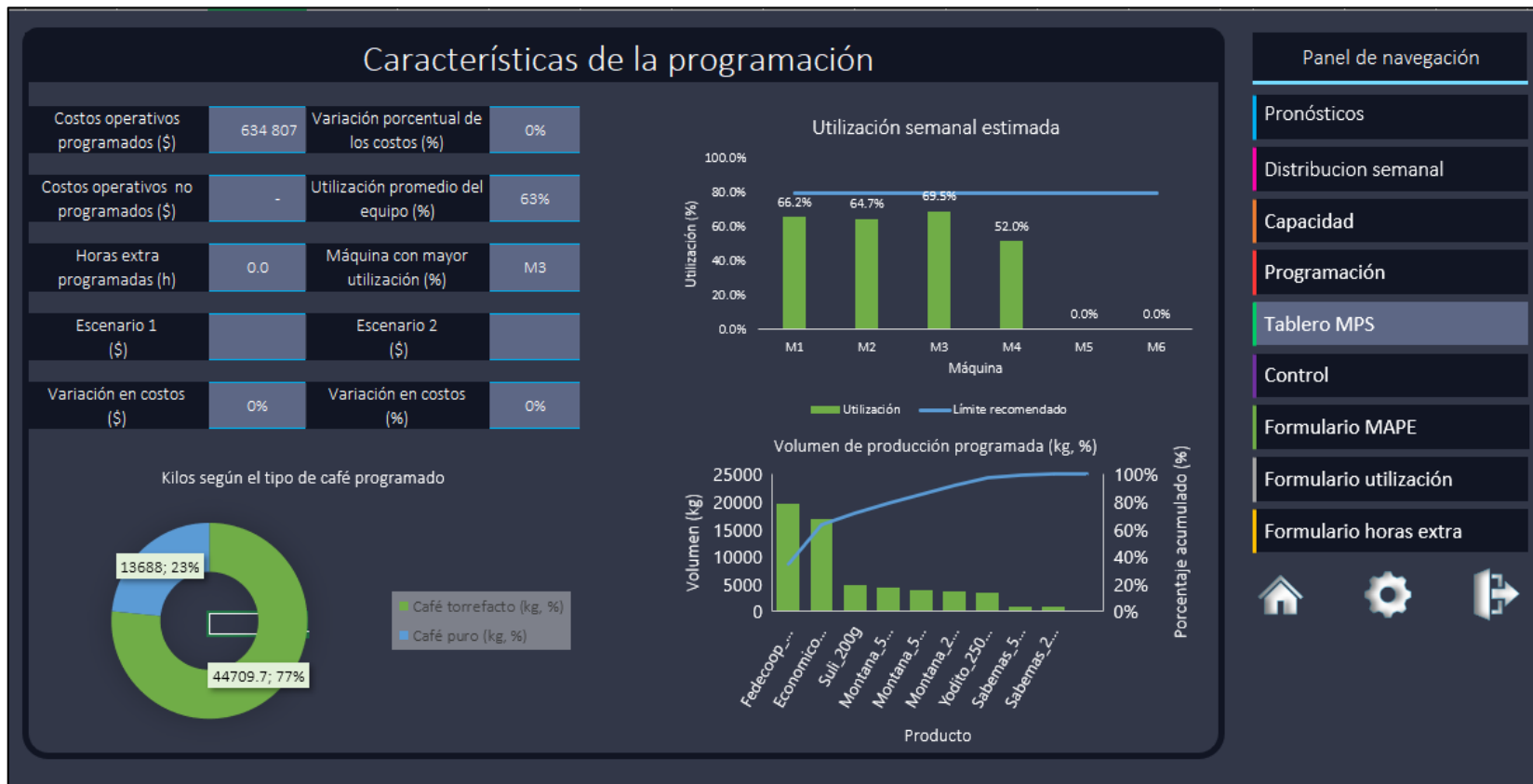
12. Una vez en la sección de programación, se presiona el siguiente ícono  ubicado en el panel de comandos, con el propósito de que se ejecute la programación de la producción por día, máquina y cantidades de forma óptima al minimizar costos, set up y obtener utilidades niveladas.
13. Obtenido el resultado de la programación, se puede visualizar la sección de características de programación, en la cual se observan los costos operativos programados y no programados, las horas extra, utilización promedio del equipo, máquina con mayor utilización, comparación entre la cantidad de café puro y torrefacto a producir y el volumen de la producción programada. Se debe tener en cuenta que si el usuario desea cambiar las cantidades a producir en la programación puede observar la variación porcentual del costo y así decidir con mayor criterio el proceder. Las características de programación se muestran a continuación.

Figura 4.5

Características de programación (caso hipotético)








14. Cada vez que transcurre un mes de las ejecuciones de programación, se debe acceder al panel de navegación y presionar “Formulario MAPE”, y adjuntar los datos de ventas para poder calcular el MAPE. Recordar presionar el ícono  para guardar los datos y que estos se puedan guardar en el tablero de control como un MAPE mensual.
15. Cada viernes el usuario debe guardar los datos relacionados a la utilización, de tal forma que al presionar “Formulario utilización”, se despliegan los campos para llenar la información que posteriormente se debe guardar con el ícono , esto con el fin de que los datos se actualicen en el tablero de control.
16. Cada viernes el usuario debe guardar los datos relacionados a horas extra, de tal forma que al presionar “Formulario horas extra”, se despliega los campos para llenar la información que posteriormente se deben guardar con el ícono , esto con el fin de que los datos se actualicen en el tablero de control.
17. De forma mensual se debe ingresar al módulo ubicado en el panel de navegación, dónde se pueden observar a las gráficas de control por observaciones individuales del MAPE, utilización y costos operativos por horas extra.
18. Las gráficas de control presentes en el módulo de control se revisan cada mes, y se debe activar el plan de acción cada vez que: a) se presente una tendencia de tres puntos consecutivos fuera del límite de especificación para la utilización, MAPE y costos por horas extra, y b) cuando exista una tendencia de seis puntos consecutivos para la utilización, MAPE y los costos por hora extra.
19. En caso de que se desee realizar configuraciones a la herramienta, se puede ingresar al ícono  ubicado en la gestión operativa, donde se encuentran los siguientes íconos en el panel de comandos, el primero de izquierda a derecha permite que se visualicen las herramientas de Excel, el segundo las esconde, el tercero no permite moverse entre celdas y el último sí lo permite, lo ideal es que el sistema imposibilite moverse entre celdas para evitar cualquier tipo de errores. Las secciones de direcciones permiten especificar el lugar virtual donde se encuentran los archivos con los códigos necesario para ejecutar la herramienta. Es importante actualizarlo cada vez que estos documentos se mueven de ubicación.


Figura 4.6

Panel de comandos en configuración



20. Una vez que se desea salir de la herramienta se presiona el ícono , y la información recopilada se guarda de forma automática.

Apéndice 5. Instructivo para la elaboración de pronósticos.

	Instructivo para la elaboración de pronósticos	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Establecer las pautas para que la actividad de la estimación de la demanda se desarrolle de forma integral, considerando los fundamentos teóricos de pronósticos y los criterios cualitativos pertinentes para que el resultado sea posteriormente comunicado a todas las partes interesadas.

Alcance

Este instructivo aplica para el área comercial y productiva de DCM, específicamente para el jefe de ventas, el gerente de operaciones, el jefe de planta, coordinador de mercadeo y la encargada de control y almacenamiento de inventarios.

Desarrollo del pronóstico

- a) Identificar datos atípicos: Previa a cargar las ventas en la herramienta programada, el jefe de ventas debe identificar los datos atípicos o eventos tales como: a) promociones, b) ventas “cero” por faltante de producto, c) negociaciones especiales o d) cualquier otro aspecto que considere un incremento o disminución atípica en las ventas, el cual no es esperable bajo condiciones normales.
- b) Tratamiento de datos atípicos: Todos los datos atípicos identificados, deben ser corregidos y ajustados. Una vez reconocidos, el jefe de ventas puede realizar alguna de las siguientes acciones:
 - a. Analizar las ventas del mismo mes en el año anterior para establecer una cantidad más acorde al comportamiento de ventas del producto.
 - b. Restar a las ventas totales del mes “pico” toda venta relacionada a promociones o eventos extraordinarios que alteran el resultado y que no hay probabilidad de que suceda en los meses próximos.
- c) Realizar el pronóstico: Se debe emplear la herramienta programada para la estimación de la demanda mediante métodos cuantitativos. Posteriormente, se debe aplicar el criterio experto para incluir un análisis cualitativo que puede resultar en un ajuste de las unidades propuestas por la herramienta, esto va a depender de la situación del mercado y las necesidades de la organización.

- d) Aprobación del pronóstico: manteniendo el grupo de consenso, el jefe de ventas, jefe de planta y el representante del departamento de mercadeo deben aprobar por mayoría el pronóstico realizado, de tal forma que coincidan en que lo estipulado se alinea con las necesidades de la empresa.
- e) Comunicar resultados obtenidos: el jefe de ventas es responsable de comunicar mediante correo electrónico el pronóstico realizado a todas las partes involucradas, incluyendo al jefe de planta y el gerente de operaciones. Los resultados obtenidos, deben ser utilizados para la programación de la producción y las compras de insumos y materiales.
- f) Evaluar el error de pronóstico: se debe confirmar mensualmente que el error de pronóstico obtenido es menor al 30 % establecido como límite de especificación en el módulo de control de la organización. Si el comportamiento del MAPE por producto excede el límite en la gráfica durante 3 meses consecutivos o si muestra una tendencia ascendente durante 6 meses consecutivos, el jefe de planta y ventas deben activar el plan de acción.

Apéndice 6. Definición de las políticas de inventario y sus características.

Tabla 6.1

Definición de las políticas de inventario y sus características

Política de inventario	Definición de la política y sus características	Autor
Política T, S: Control del inventario mediante verificación periódica (T) y nivel de inventario objetivo (S).	<p><u>Definición:</u> La notación abreviada de esta política es (T, S), donde T es el tiempo fijo entre pedidos y S es el pedido hasta el nivel. Cuándo realizar un pedido: los pedidos se realizan como un reloj cada T días. El uso de un intervalo de pedido fijo es útil para las empresas que no pueden realizar un seguimiento de su nivel de inventario en tiempo real o que prefieren emitir pedidos a los proveedores a intervalos programados. Cuánto pedir: Se mide el nivel de inventario y se calcula la brecha entre ese nivel y el nivel de pedido hasta S. Si el nivel de inventario es de 7 unidades y S = 10, se solicitan 3 unidades.</p> <p><u>Otras características:</u> Esta es la política más simple de implementar, pero también la menos ágil para responder a las fluctuaciones en la demanda y / o el tiempo de entrega. Además, tenga en cuenta que, si bien el tamaño del pedido sería adecuado para devolver el nivel de inventario a S si el reabastecimiento fuera inmediato, en la práctica habrá</p>	Willemain, T. (2019) Top 3 Most Common Inventory Control Policies. https://smartcorp.com/inventory-control/inventory-control-policies-software/

Política de inventario	Definición de la política y sus características	Autor
	algún retraso en el reabastecimiento durante el cual el inventario continúa cayendo, por lo que el nivel de inventario rara vez alcanzará todos los caminos hasta S	
	<p><u>Definición:</u> En este sistema se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S. Como ventaja permite el control coordinado de diversos ítems relacionados entre sí.</p> <p><u>Otras características:</u> Debido a que los sistemas (T, S) tienen periodos más largos y requieren de mayor inventario de seguridad. El periodo de revisión (T), lo determina la empresa de acuerdo con lo que más le convenga, puede ser trimestral, mensual, semanal.</p>	Arias, R. (2015) Control de inventarios de insumos. Universidad de Colombia. p37
	<p><u>Definición:</u> El sistema de revisión periódica, el inventario se revisa cada T tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. El intervalo de revisión T se considera fijo y determinado con anterioridad.</p> <p><u>Otras características:</u> La selección del intervalo de revisión T óptimo es un problema que no ha sido investigado ampliamente aún. La selección del mejor intervalo de revisión T y su comportamiento, en relación con los parámetros del modelo de control de inventarios, no han sido comprendidos totalmente.</p>	Holguín, C. (2010) Fundamentos de control y gestión de inventarios. Universidad del Valle. p.254
Política T, s, S: Control del inventario mediante verificación periódica (T), punto de reorden (s) y	<p><u>Definición:</u> El cálculo con revisión periódica (T, s, S) determina tres parámetros, el primer parámetro es el punto (s) de reorden, donde el pedido se debe reordenar cuando ha alcanzado el punto. El segundo parámetro es el nivel máximo de inventario (S), es en el que puede almacenar el punto límite máximo del inventario. El momento en que el inventario cae hasta que alcanza el punto de reorden y a medida que</p>	Suryadhini, P. (2018) Inventory Control Policy for Farm-Out Parts at Cold Section Module CT 7 Engine with Periodic Review

Política de inventario	Definición de la política y sus características	Autor
<p>nivel de inventario objetivo (S).</p>	<p>satisfaga la demanda, entonces en ese momento se completa el inventario hasta el límite máximo de S.</p> <p><u>Otras características:</u> Sin embargo, durante la revisión periódica, las reservas se completan bajo la revisión de intervalo (R). Por tanto, la frecuencia de compra se puede minimizar con el objetivo de minimizar los costos de mantenimiento y costos de pedido</p>	<p>(R, s, S) and (R, S) to Minimize Total Inventory Cost. p.167.</p>
	<p><u>Definición:</u> Para la política de inventario de revisión periódica, implica tres parámetros que son la revisión de intervalo (T) que es la revisión de las existencias de inventario de la empresa, el inventario máximo (S) que es la cantidad máxima que debe cumplir la empresa y los puntos de reorden es el límite mínimo cuando la empresa necesita hacer un nuevo pedido para cumplir con la cantidad mínima de inventario.</p> <p><u>Otras características:</u> La política de revisión periódica de inventario (T, s, S) es una política que tiene un patrón de demanda o un tiempo de entrega probabilístico, por lo que no se puede determinar la cantidad exacta de demanda y el tiempo de entrega. Para la política de inventario de revisión periódica, el inventario se controla por intervalo de tiempo (T). El pedido de esta política se realiza en base al período fijo.</p>	<p>Puspa, S. (2019) Determination of inventory periodic review policy (T, s, S) using power approximation method for minimize total inventory cost in pt. Telkom University. p.2.</p>
	<p><u>Definición:</u> El sistema considerado gestiona el inventario nivel de un elemento, donde a intervalos recurrentes llamado el período de revisión, se revisa el nivel de inventario y si es necesario se colocan órdenes de compra esenciales para reponer. Se debe realizar un pedido cuando el nivel de inventario en mano más en orden cae por debajo de los niveles (un especificado número), y la cantidad de pedido será la diferencia entre S (otro número especificado) y el nivel actual de inventario en mano más en orden; es decir, cada vez que la posición del inventario (que se refiere a la suma del inventario disponible más en pedido) cae por debajo de S, se realiza un pedido para llevarlo a S.</p> <p><u>Otras características:</u></p>	<p>Sanjay Elathur Ramaswamy, Elmsford, N.Y. Apr. 27, 1999, Enhanced (T.s.S) policy for periodic review single-item inventory control, p.1</p>

Política de inventario	Definición de la política y sus características	Autor
	<p>Para un sistema de inventario de revisión periódica, cuando la revisión del período es diferente de la unidad de tiempo básica para la demanda la política (T, s, S) ya no es óptima. Lo que se necesita es un método alternativo y mejorado para decida cuánto pedir y cuándo pedir.</p>	
<p>Política T, s, Q: Control del inventario mediante verificación periódica (T), punto de reorden (s) y cantidad económica de pedido (Q).</p>	<p><u>Definición:</u> Bajo el régimen de la política de inventario (T; s; Q), la posición del inventario se monitorea cada T unidades de tiempo para tomar una decisión de reabastecimiento. Cuando el inventario posición está por debajo de s, se ordena una cantidad de Q unidades de manera que se eleva la posición de inventario a un valor entre s + Q pedidos de clientes que no pueden ser entregados directamente desde stock.</p> <p><u>Otras características:</u> Tanto el proveedor como el minorista deben tener ciertas ventajas al utilizar un (T, s, Q) modelo de inventario en lugar de otra política de reabastecimiento. Para las organizaciones de fabricación a pedido, el conocimiento de momentos de revisión de sus clientes (que son posibles épocas de demanda), y el hecho de que los clientes solicitan cantidades fijas, se puede traducir en un programa de producción eficiente. Esto reduce claramente los plazos de producción y, en consecuencia, tiene un efecto positivo en el inventario requerido en el minorista, necesario para lograr el nivel de servicio al cliente deseado. Por lo tanto, el minorista se beneficia debido a la coordinación y los plazos de entrega más cortos.</p>	<p>Janssen, F. (2014). The value of information in an (R; s; Q). https://www.researchgate.net/publication/4783037_The_value_of_information_in_an_RsQ_inventory_model</p>
	<p><u>Definición:</u> El modelo de inventario (T; s; Q) ha sido estudiado exhaustivamente durante las últimas décadas. Bajo el régimen de esta política de inventario, cada R unidades de tiempo se monitorea la posición del inventario para tomar una decisión de reabastecimiento. Cuando la posición del inventario está por debajo de s, se ordena un múltiplo integral de Q de modo que la posición del inventario se eleva a un valor entre s + Q.</p> <p><u>Características:</u> Se desarrollan muchos métodos heurísticos y óptimos para determinar los valores de los parámetros de control: T, s y</p>	<p>On the (R; s; Q) inventory model when demand is modelled as a compound Bernoulli process, Ruud Heuts, 2021, p.1. https://pure.uvt.nl/ws/portalfiles/portal/523576/11.pdf</p>

Política de inventario	Definición de la política y sus características	Autor
	Q. Entre estos métodos, se pueden distinguir principalmente dos direcciones: métodos que minimizan los costos relevantes totales.	
	<p><u>Definición:</u> Bajo la política (T, s, Q), la posición del inventario se revisa cada T períodos. Si ha alcanzado o ha caído por debajo del punto de reorden s, un múltiplo n del tamaño mínimo de pedido Q se ordena de manera que la posición del inventario se eleva a un nivel entre s + Q.</p> <p><u>Otras características:</u> Esta política de inventario tiene la virtud de que solo se realizan reposiciones en puntos predefinidos en el tiempo, lo que permite que los procesos de reabastecimiento de inventario sean coordinados para diferentes productos que se compran al mismo proveedor. Además, el proceso de inventario de un producto se puede coordinar fácilmente con el resto de productos entrantes.</p>	Tempelmeier, H. (2009). Approximation of the probability distribution of the customer waiting time under an (T,s,Q) inventory policy in discrete time, p.2. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00544825/document

Apéndice 7. Fórmulas para la estimación de las variables de inventario.

Las siguientes fórmulas se utilizan para la estimación de los parámetros requeridos para cada uno de los productos en la evaluación de las políticas de inventario. Así mismo, se emplean como insumo para la herramienta programada.

- Inventario de seguridad (ss) = $Z \cdot \sigma_D \cdot \sqrt{L}$
- Punto de reorden (s) = $D \cdot L$
- Cantidad económica de pedido (EOQ) = $\sqrt{\frac{2 \cdot (D + \sigma_D) \cdot O}{H}}$
- Inventario objetivo (S) = $T \cdot (L + F) + ss$

Donde;

Z: Puntuación estándar.

σ_D : Desviación estándar de la demanda.

L: Lead time promedio.

D: Demanda promedio.

O: Costo de poner una orden.

H: Costo de acarreo.

T: Periodo de verificación.

F: Pronóstico.

Apéndice 8. Parámetros para la política de inventarios.

Tabla 8.1

Parámetros para la política de inventarios

Producto ID	Inventario de seguridad (ss) (unidades)	Punto de reorden (s) (unidades)	Cantidad económica de pedido (EOQ) (unidades)	Inventario máximo (S) (unidades)
26, 27	1 105	1 169	2 386	3 745
29	296	370	988	954
30	349	698	1 103	1 665
14,32	3 672	4 250	4 736	15 216
18	7 648	31 246	7 882	77 674
24	10 344	19 740	5 480	51 020
15	675	1 561	2 330	3 593
3, 28, 31	603	1 260	898	3 309
1	312	894	1 949	1 802
2, 4, 6, 10	6 813	15 808	5 949	24 555
5, 7, 25	2 999	6 489	2 642	18 115
23	2 804	2 147	1 310	6 438
9	329	435	561	1 347
8	314	1 108	941	2 582
34	3 690	5 133	3 617	16 720
33	3 494	3 214	2 670	9 530
35	8 435	15 127	8 372	46 649
20	390	219	475	1 262
11, 13, 19	4 990	12 407	3 086	24 102
22	1 672	4 117	2 503	7 470
12	806	1 561	1 591	3 978
21	124	109	331	304
16, 17	42	95	385	248

Apéndice 9. Ficha técnica de la simulación para la nueva política de inventario en Anylogic.

Objetivo

Simular las políticas de inventario por evaluar con el fin de determinar la que reduce los costos totales y mantiene o aumenta el nivel de servicio.

Software de simulación

Anylogic.

Variables de decisión

Costos para cada política de inventario.

Nivel de servicio para cada política de inventario.

Variable aleatoria

Demanda semanal.

Obtención de datos

Los datos del nivel de servicio, el lead time promedio, el costo de poner una orden, el costo de acarreo, el periodo de revisión requerido y la demanda semanal son obtenidos de los sistemas informáticos de la organización y de los representantes respectivos. Además, la demanda semanal es estudiada y analizada para suavizar datos atípicos o eventos.

Las distribuciones individuales del comportamiento de la demanda son determinadas utilizando una prueba de bondad de ajuste con un nivel de significancia (α) del 0.05 ya que un 5 % de riesgo de concluir que los datos no siguen determinada distribución es aceptable para este proyecto. La hipótesis de la prueba es la siguiente:

- Valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen la distribución individual presentada.
- Valor $p > \alpha$: No es posible concluir que los datos no siguen la distribución individual presentada.

Como regla de desempate, se selecciona la distribución con un mayor valor p en el caso de que varias muestren un buen ajuste según la hipótesis planteada. La siguiente tabla muestra las distribuciones utilizadas para cada uno de los productos. A continuación, se presentan las distribuciones seleccionadas para cada uno de los productos analizados.

Tabla 9.2

Variables aleatorias y su distribución para la simulación de selección de la nueva política de inventarios

Producto ID	Unidad	Distribución	Valor p
26,27	Unidades	Gamma	0.578
29	Unidades	Lognormal	0.137
30	Unidades	Normal	0.364
14,32	Unidades	Lognormal	0.137
18	Unidades	Normal	0.617
24	Unidades	Normal	0.364
15	Unidades	Gamma	0.229
3, 28, 31	Unidades	Gamma	0.333
1	Unidades	Gamma	0.976
2, 4, 6, 10	Unidades	Gamma	0.305
5, 7, 25	Unidades	Lognormal	0.578
23	Unidades	Weibull	0.656
9	Unidades	Gamma	0.333
8	Unidades	Normal	0.807
34	Unidades	Weibull	0.364
33	Unidades	Weibull	0.578
35	Unidades	Normal	0.502
20	Unidades	Lognormal	0.539
11, 13, 19	Unidades	Gamma	0.771
22	Unidades	Normal	0.43
12	Unidades	Lognormal	0.43
21	Unidades	Weibull	0.771
16, 17	Unidades	Mixta	0.771

Indicadores de desempeño

- a. Costos totales.
- b. Nivel de servicio.
- c. Inventario medio.

Límites

- a. Se simula un año utilizando los datos del 2020.
- b. Se incluyen los productos presentes durante el 2020.

Suposiciones de los límites

- a. La entrega de producción al almacén es inmediata.
- b. La entrega del almacén al cliente es inmediata.


Atributos estadísticos de la simulación

Tabla 9.3

Características estadísticas de la simulación

Corridas	Réplicas		Nivel de confianza (%)	Error estándar relativo (%)
	Mínimas	Máximas		
5000	2	100	99.9	0.1

Apéndice 10. Instructivo para la elaboración de la programación de la producción.

	Instructivo para la elaboración de la programación de la producción.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Fijar las normas para la elaboración de la programación de la producción con el fin de que la actividad se desarrolle de forma integral, considerando los fundamentos teóricos, análisis cuantitativo y cualitativo según experiencia de la persona encargada, y que sea comunicado a todas las partes interesadas.

Alcance


Este instructivo aplica para el área productiva de DCM, específicamente para el gerente de operaciones y jefe de planta.

Desarrollo de la programación de la producción:

- a) Distribución semanal de la producción: Se debe cargar las existencias actuales de inventario de producto terminado, esto con el fin de que la herramienta determine las unidades ideales a producir de acuerdo con las políticas de inventario estipuladas. Una vez que la herramienta define las cantidades, se brinda un horizonte de 2 semanas para la producción, de tal manera que el jefe de planta puede decidir si desea trasladar la producción de la segunda semana a la primera o viceversa, según las necesidades operativas.

- b) Priorización de la producción: El jefe de planta debe priorizar los productos que se van a producir de acuerdo con su criterio experto y las necesidades de la organización.
- c) Gestión de la capacidad: El jefe de planta debe recopilar la información de los siguientes parámetros para asignarlos en el módulo de gestión de la capacidad:
 - a. horarios de paros programados.
 - b. disponibilidad para cada una de las máquinas durante la semana.
 - c. tiempos de ciclo.
 - d. cantidad mínima asignable a cada máquina de acuerdo con el criterio experto.
 - e. cantidad de recurso humano disponible.
- d) Programación de la producción: La herramienta presenta la programación por máquina, producto y día utilizando un modelo de optimización que permite minimizar costos, tiempo de set up y nivelar la utilización, si el jefe de planta desea agregar algún producto debe analizar la variación porcentual en costos, costos operativos programados o no programados, utilización del equipo, máquina con mayor utilización y volumen de producción de tal forma que pueda verificar los distintos escenarios operativos al introducir o remover productos y tomar decisiones basadas en datos.
- e) Aprobación del programa de la producción: Manteniendo el grupo de consenso, el jefe de planta y el gerente de operaciones deben aprobar la programación realizada, de tal forma que coincidan en que lo estipulado se alinea con las necesidades de la empresa.
- f) Comunicar resultados obtenidos: El jefe de planta es responsable de comunicar mediante correo electrónico el programa de producción semanal a todas las partes involucradas, incluyendo al jefe de ventas y el gerente de operaciones.

Apéndice 11. Instructivo para realizar un ajuste cualitativo en aquellos productos que presentan MAPE por encima de la especificación de control.

	Instructivo para realizar un ajuste cualitativo en aquellos productos que presentan MAPE por encima de la especificación de control.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Establecer los pasos para analizar las posibles causas asignables de los meses "pico" (promociones, órdenes de alta/baja demanda debido a cambios en el mercado, negociaciones especiales), de tal forma que se pueda realizar un ajuste cualitativo para recalcular el MAPE y justificar su causalidad.

Alcance

Este instructivo aplica para el área comercial y productiva de DCM, específicamente para el jefe de ventas, jefe de planta y gerente de operaciones.

Pronóstico cualitativo

- a) Identificar datos atípicos en las ventas: Este proceso se realiza en la elaboración del pronóstico, sin embargo, cuando el MAPE excede los límites de especificación el proceso de identificación de atípicos debe entrar bajo re-verificación. El jefe de ventas debe determinar los datos atípicos o eventos, tales como: promociones, ventas “cero” por faltante de producto, cambios en el mercado, negociaciones especiales o cualquier otro aspecto que considere un incremento o disminución atípica en las ventas, y que por lo general no forma parte del comportamiento habitual de los datos de ventas. Esta acción debe ser tomada previo a incorporar las ventas mensuales en la herramienta.
- b) Tratamiento de datos atípicos y ajuste cualitativo: Una vez identificados todos los datos atípicos en las ventas mensuales, deben ser corregidas y ajustadas. De tal manera que, si se tiene un patrón o comportamiento habitual por mes para las ventas de cada producto, se puede asumir que el nivel de ventas se mantiene bajo la mediana de la serie de tiempo. Por ejemplo: Si se sabe que el producto A posee ventas habituales de entre 1000 -1800 unidades para el mes de setiembre siendo: 1000 para 2017, 1500 para 2018, 1400 para 2019, 1800 para 2020 y 9000 para 2021, para 2022 no se debe utilizar la media para asumir las ventas de ese mes ya que el resultado se vería afectado. Por lo tanto, se debe utilizar la mediana para generar este nuevo pronóstico, en este caso será 1400 unidades. Adicionalmente, el jefe de ventas puede restar aquellas producciones relacionadas a promociones extraordinarias o cancelaciones de ventas que no se pudieron incorporar a la herramienta de programación de la producción y que por lo tanto alteran los cálculos.

- c) Justificación del tratamiento de los datos de ventas: siempre que haya alguna modificación en los datos de venta debido a ventas extraordinarias o ventas cero, debe llenarse el siguiente formato y guardarse de forma mensual en Excel para tener trazabilidad de los eventos que generan un MAPE por encima del límite de especificación:


Tabla 11.1

Justificación del evento que genera valores por encima del límite de especificación para el MAPE

Justificación del evento que genera valores por encima del límite de especificación para el MAPE
<p>Producto que presenta un MAPE por encima del 30 %: _____</p> <p>Mes: _____</p> <p>Justificación cualitativa del evento según jefe de ventas: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Suavización de evento mediante:</p> <p><input type="checkbox"/> Selección de la mediana de los datos</p> <p><input type="checkbox"/> Se restan aquellas producciones relacionadas a promociones extraordinarias o cancelaciones de ventas que no se pudieron incorporar a la herramienta de programación de la producción.</p> <p><input type="checkbox"/> Uso del comportamiento de los datos del mes del año anterior como referencia.</p>

- d) Evaluar el error de pronóstico: Se debe confirmar mensualmente que el error de pronóstico obtenido es menor al 30 % establecido como meta organizacional, de forma que se valida que el método cualitativo de suavización se alinea con las necesidades de la organización.
- e) Comunicar resultados obtenidos: El jefe de ventas es el responsable de comunicar mediante correo electrónico el MAPE obtenido por producto y copiar a todas las partes involucradas, incluyendo al jefe de planta y gerente de operaciones.

Apéndice 12. Instructivo para atender utilizaciones fuera de los parámetros aceptados.

	Instructivo para atender utilizaciones fuera de los parámetros aceptados.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Establecer los pasos para documentar las utilizaciones fuera de control de tal forma que se pueda tener trazabilidad y proveer una justificación válida.

Alcance

Este instructivo aplica para el área productiva de DCM, específicamente para el jefe de planta.

Pasos para atender afectaciones a la utilización del equipo:

- a) La herramienta programada considera la cantidad de horas disponibles que se van a trabajar durante la semana, sin embargo, en el transcurso de esta pueden suceder una serie de eventos aleatorios, de tal forma que se genere una afectación al balance de las utilizaciones y sobre cargo de producción en alguna máquina. La forma para identificar estos eventos y dar trazabilidad es mediante la justificación de causas asignables a través del siguiente formato:

Tabla 12.1

Justificación de la afectación al balance entre la utilización de máquinas y parámetros fuera de control (se aplica por máquina)

Justificación de la afectación al balance entre la utilización de máquinas y parámetros fuera de control (se aplica por máquina)
Primer paso:
Mes en análisis: _____
Máquina con parámetros fuera de control: _____
Durante el mes la máquina no estuvo en uso debido a:

Justificación de la afectación al balance entre la utilización de máquinas y parámetros fuera de control (se aplica por máquina)

Mantenimientos programados que tardaron más de estipulado,

Tiempo requerido: _____

Faltante de empaque,

Tiempo requerido: _____

Fallos inesperados durante producción,

Tiempo requerido: _____

Ausencias no contempladas que bajan el ritmo de producción,

Tiempo requerido: _____

Inclusión de nuevos productos a producir en el transcurso de la semana que no fueron estipulados en la herramienta,

Tiempo requerido: _____

Otro, justifique: _____

Tiempo requerido de otro: _____

TIEMPO TOTAL: _____

Segundo paso

Utilización real según el recálculo: _____

Justificación de la afectación al balance entre la utilización de máquinas y parámetros fuera de control (se aplica por máquina)

Justificación de la afectación: _____

- b) Una vez definido el tiempo total en el cual la máquina estuvo fuera de uso debido a eventos aislados no estipulados en la programación, se debe recalcular la utilización de la máquina de la siguiente forma:

Datos necesarios:

A = Tiempo disponible total para el mes a analizar según la máquina.


B = Tiempo total de paro según el formulario en el mes por analizar.

D = Duración de las unidades producidas en la máquina en el mes a analizar.

Recálculo de la utilización: $\frac{D}{A-B}$

- c) Una vez que se haya recalculado la utilización de la máquina se debe completar el paso dos del formulario con el propósito de que haya trazabilidad de las utilidades reales y la justificación de la afectación.
- d) Comunicar resultados obtenidos. El jefe de planta es responsable de comunicar mediante correo electrónico al gerente de operaciones la justificación de la afectación en la utilización y su nueva estimación.

Apéndice 13. Instructivo para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios.

	Instructivo para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Establecer los pasos para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios a mitad de semana, de tal forma que la utilización no se vea afectada debido al aumento de set up innecesarios.


Alcance

Este instructivo aplica al área productiva de DCM, específicamente para el jefe de planta.

Pasos para atender eventualidades o pedidos extraordinarios:

- a. Identificar qué tipo de formador va a necesitar el producto que debe ser incluido en producción.
- b. Identificar en la herramienta programable la secuencia de formadores de los productos por máquina. Hay que recordar que existen cuatro tipos diferentes de formador.
- c. Una vez identificada la secuencia de formadores por máquina y el formador que se va a necesitar se analiza lo siguiente: si máquina uno tiene la secuencia de formadores para el lunes de uno, dos y tres y el martes de tres y cuatro, y el producto nuevo a introducir necesita producirse bajo el formador dos pues lo ideal es producir el producto el día lunes bajo los formatos de producto tipo formador dos.
- d. Evaluar la necesidad de horas extra al mover la secuencia cuando se introduce un producto nuevo.

Apéndice 14. Instructivo para el ajuste al presupuesto de horas extra.

	Instructivo para el ajuste al presupuesto de horas extra.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Realizar un ajuste al presupuesto de horas extra asignado de tal forma que el límite de control cambie su valor y los costos se hallen bajo control de la organización.


Alcance

Los pasos son aplicables al jefe administrativo y el jefe de planta dentro de DCM.

Pasos para ajustar el presupuesto de horas extra

- a. Para los meses bajo análisis, identificar ventas picos o estacionales que van a requerir mayor disponibilidad de tiempo para que se logre cumplir con producción.
- b. DCM ya tiene un cálculo establecido para determinar el presupuesto que se debe asignar según la cantidad de ventas y producción (J. González, comunicación personal, 12 de noviembre de 2021). Sabiendo que el parámetro de control de horas extra \$557 es un promedio de acuerdo del presupuesto asignado y puede cambiar, lo ideal es que una vez que se emitan las señales de alerta en el gráfico de control se pueda ejecutar este cálculo ya establecido por DCM y cambiar el límite de especificación en la herramienta.
- c. Verificar que los puntos se encuentren bajo control tras el ajuste realizado.

Apéndice 15. Instructivo para realizar auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento horario del reglamento interno.

	Instructivo para realizar auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Realizar auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno de tal forma que se pueda establecer que la cantidad de horas extra requerida es necesaria.

Alcance

Los pasos son aplicables para el jefe de planta dentro de DCM.

Pasos para auditar el aprovechamiento del tiempo:

- a. Aplicar el siguiente formato de auditoría de tal forma que se pueda verificar el cumplimiento del reglamento interno por hora de entrada/salida y recesos. Además, se debe verificar cuáles paros no programados transcurren durante la semana e imposibilitan la producción.

Nota: Las horas de entrada y salida se pueden verificar en los registros que posee la organización. Los paros no programados se establecen mediante la documentación del apéndice 9. Para los recesos se debe realizar una revisión de una semana para determinar su cumplimiento. Se verifican los recesos de: a) desayuno, b) almuerzo y c) café. Si en toda la semana los operarios no llegan a tiempo, se determina que se incumple el criterio.

Tabla 15.1

Formulario de auditoría para verificar el aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno

Formulario de auditoría para verificar el aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno
Mes en análisis: _____
1. ¿De acuerdo con los registros de entrada y salida de los operarios se establece el cumplimiento de horario?

Formulario de auditoría para verificar el aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno

Sí hay cumplimiento

No hay cumplimiento

Si la respuesta es NO, proceder a realizar la siguiente acción:

- Identificar aquellos operarios que suelen incumplir el horario entrada/salida para tener una conversación en la cual se pueda establecer el cambio de comportamiento.

- 2. ¿De acuerdo con la revisión semanal del cumplimiento de recesos se establece el cumplimiento de éste?

Sí hay cumplimiento

No hay cumplimiento

Si la respuesta es NO, proceder a realizar la siguiente acción:

- Identificar a aquellos operarios que suelen incumplir el horario de receso para tener una conversación en la cual se pueda establecer el cambio de comportamiento.

- 3. ¿Se establecen paros repentinos no programados que imposibilitan la producción semanal y ésta se deba reponer? Entiéndase como aquellos paros que no permitan el funcionamiento de la máquina y por ende la de los operarios (Ejemplo: eventos naturales como rayería, fallos en la máquina).


Sí hubo paros repentinos

No hubo paros repentinos

Si la respuesta es SÍ, proceder a realizar la siguiente acción:

- Verificar que se haya sometido el plan de mantenimiento adecuado en el momento del fallo. De ser así, la cantidad de horas extra está justificada ya que no se puede producir si la máquina se encuentra apagada, sin embargo, se puede reubicar a los operarios en otras operaciones como limpieza o producción manual mientras el fallo es resuelto.

Apéndice 16. Instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción.

	Instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción.	Código	
		Versión	1
		Fecha de aprobación	
		23-12-21	
		Página 1 de 1	

Objetivo

Instaurar las normas para el control de indicadores y la aplicación de los planes de acción respectivos con el fin de que la actividad se desarrolle de forma integral, considerando los fundamentos teóricos, el análisis cuantitativo, cualitativo, y la comunicación a todas las partes interesadas.

Alcance

Este instructivo aplica para el área productiva de DCM, específicamente para el gerente de operaciones y jefe de planta.

Desarrollo

- a) Recopilación de datos: El jefe de ventas debe brindar los datos de ventas reales de los productos una vez al mes para que el jefe de planta pueda cargar esta información en la herramienta y se calcule el MAPE mensual por producto. Las horas extra deben ser solicitadas al jefe de planta para su actualización.
- b) Análisis mensual de indicadores: La herramienta presenta un tablero de control donde se pueden observar tres gráficas de control por observaciones individuales para: a) el MAPE, b) la utilización y c) los costos por horas extra. Cada una de estas gráficas posee sus límites de especificación establecidos con aprobación de la organización, por ende, se debe analizar el comportamiento de los procesos según la gráfica.
- c) Activación del plan de acción: El plan de acción se debe activar cuando en los indicadores se presenten las siguientes tendencias:
 - a. tres puntos consecutivos fuera de los límites de especificación o,
 - b. cuando haya alguna tendencia ascendente por seis puntos consecutivos que dé alerta de estar próxima a salirse de control o ya esté fuera.
- d) Aprobación del plan de acción: El jefe de planta, el jefe de ventas y el gerente de operaciones deben tener claro cuáles son las opciones que se pueden considerar para controlar las condiciones mencionadas, deben estar de acuerdo de tal forma que la decisión que se tome se alinee con las necesidades de la organización

- e) Comunicación de resultados: El jefe de planta es responsable de comunicar mediante correo electrónico las acciones a tomar como plan de acción a todas las partes involucradas, incluyendo al jefe de ventas y el gerente de operaciones. Y en el siguiente mes de revisión de indicadores debe mencionar si las medidas tomadas fueron o no exitosas.

Apéndice 17. Caso de estudio de aplicación

Este caso de estudio tiene como objetivo proveer la información necesaria al usuario que le permita aplicar las prácticas de trabajo propuestas con el fin de obtener los resultados requeridos para la validación de las herramientas propuestas. Se busca que, posterior a la capacitación respectiva, los involucrados sean capaces de emplear el instrumento facilitado para la resolución de lo expuesto a continuación.

Contexto organizacional

Distribuidora Café Montaña S.A. (DCM) es una organización dedicada al tostado, molido, empaçado y distribución de café. En el área donde se encuentran las máquinas empaçadoras se desarrolla el subproceso de empaque automatizado de las principales nueve marcas del catálogo de productos de la organización.

Estimación de las ventas mensuales

La estimación de las ventas es uno de los principales pilares de información que alimenta la programación de la producción en el subproceso de empaque. Por lo tanto, se le solicita que determine para cada uno de los productos, la cantidad de unidades que se espera vender para el próximo periodo.

Asuma que se encuentra finalizando el mes de agosto de 2021 y desea pronosticar el siguiente mes. Ejecute esta acción de dos maneras: 1) siguiendo las prácticas de trabajo actuales y 2) aplicando las nuevas prácticas de trabajo propuestas.

Programación de la producción

Por otro lado, para la programación de la producción, determinar los requerimientos productivos semanales y su distribución por día y máquina es fundamental en la operación del subproceso de empaque. Utilice las condiciones específicas planteadas para cada uno de los cuatro escenarios de esta sección, tomando en cuenta los productos presentados con sus respectivas demandas para plantear una solución de dos maneras: 1) siguiendo las prácticas de trabajo actuales y 2) aplicando las nuevas prácticas de trabajo propuestas.

Primer escenario

A continuación, se presentan las condiciones que se deben tomar en cuenta con respecto a la capacidad:

- El lunes la máquina cuatro no está disponible de 8:00 am – 10:00 am debido a un alineamiento.
- El miércoles sólo cuenta con 18 personas disponibles de los 21 totales.
- El viernes la máquina dos no estará disponible ya que tiene un mantenimiento programado para toda la jornada laboral

Los requerimientos semanales normales para este periodo son los siguientes:

Tabla 17.1

Requerimientos semanales normales para el primer escenario.

Producto	Unidades
Producto ID 18	80 520
Producto ID 24	97 680
Producto ID 4	14 900
Producto ID 25	7 590
Producto ID 23	9 252
Producto ID 33	1 800
Producto ID 35	23 820
Producto ID 22	10 650

Realice la programación de la producción de acuerdo con los parámetros mostrados anteriormente.

Al final del día, luego de que el programa para la siguiente semana queda en firme, el departamento de ventas se comunica con usted y le indica que en 14 días se lleva a cabo una promoción, por lo que es necesario que para la próxima semana se produzcan los siguientes artículos adicionales:

- a. Producto ID 22: 3 000 unidades.
- b. Producto ID 18: 4 000 unidades.
- c. Producto ID 34: 3 500 unidades.

Por lo tanto, se debe reprogramar la producción considerando la disponibilidad de las máquinas y el secuenciamiento del mix de producción en desarrollo.

Segundo escenario

A continuación, se presentan las condiciones que se deben tomar en cuenta con respecto a la capacidad:

- El lunes cuenta con 20 personas disponibles de los 21 totales.
- El martes la máquina tres no está disponible de 9:00 am – 1:00 pm debido a un mantenimiento programado.
- El jueves la máquina cuatro no está disponible.

Los requerimientos semanales normales para este periodo son los siguientes:

Tabla 17.2

Requerimientos semanales normales para el segundo escenario.

Producto	Unidades
Producto ID 28	2 430
Producto ID 18	51 360
Producto ID 24	36 900

Producto	Unidades
Producto ID 31	430
Producto ID 1	3 200
Producto ID 4	25 237
Producto ID 25	8 510
Producto ID 23	8 064
Producto ID 34	3 150
Producto ID 33	3 150
Producto ID 35	52 440
Producto ID 11	38 760
Producto ID 22	6 400

Realice la programación de la producción de acuerdo con los parámetros mostrados anteriormente.

Al final del día, luego de que el programa para la siguiente semana queda en firme, ingresa un pedido adicional del principal cliente, para entregar en al menos doce días naturales, por lo que debe producirlo en cualquier momento durante la próxima semana. Las características del pedido son las siguientes:

- a. Producto ID 24: 5 000 unidades.
- b. Producto ID 9: 1 620 unidades.

Por lo tanto, se debe reprogramar la producción considerando la disponibilidad de las máquinas y el secuenciamiento del mix de producción en desarrollo.

Tercer escenario

- El lunes la máquina dos no está disponible durante toda la jornada.
- El jueves la máquina tres no está disponible de 10:00 am – 12:00 pm debido a un mantenimiento.

Los requerimientos semanales normales para este periodo son los siguientes:

Tabla 17.3

Requerimientos semanales normales para el tercer escenario.

Producto	Unidades
Producto ID 29	2 650
Producto ID 14	7 760
Producto ID 18	88 800
Producto ID 24	84 240
Producto ID 15	5 500
Producto ID 4	16 737
Producto ID 25	8 700
Producto ID 23	7 560
Producto ID 34	5 754

Producto	Unidades
Producto ID 33	4 500
Producto ID 35	36 000
Producto ID 11	3 150

Realice la programación de la producción de acuerdo con los parámetros mostrados anteriormente.

El lunes usted ejecuta el programa de producción según lo planeado, pero al finalizar el día, ingresa un pedido extraordinario a razón de una venta caliente de uno de sus clientes más importantes. Las características de este pedido son las siguientes:

- a. Producto ID 20: 1 000 unidades.

Por lo tanto, debe reprogramar la producción considerando las nuevas cantidades que se le solicitan. Recuerde ajustar los requerimientos semanales considerando las unidades ya elaboradas durante el primer día operativo.

Cuarto escenario

- o El lunes la máquina dos no está disponible.
- o El viernes cuenta con 17 personas disponibles de los 21 totales debido a vacaciones y ausencias.

Los requerimientos semanales normales para este periodo son los siguientes:

Tabla 17.4

Requerimientos semanales normales para el cuarto escenario

Producto	Unidades
Producto ID 30	2 569
Producto ID 9	3 024
Producto ID 18	74 400
Producto ID 24	73 140
Producto ID 4	8 400
Producto ID 23	4 590
Producto ID 8	3 840
Producto ID 33	7 950
Producto ID 35	35 940
Producto ID 11	16 890
Producto ID 22	10 500
Producto ID 12	2 724

Realice la programación de la producción de acuerdo con los parámetros mostrados anteriormente.

Al final del día, luego de que el programa para la siguiente semana queda en firme, la encargada de control de inventarios le indica que, por un error de facturación por parte del cliente, este tiene el producto retenido en sus bodegas e indica que es necesario que se le entregue el pedido nuevamente a más tardar en doce días ya que requiere el inventario mientras su equipo resuelve el problema con la factura. Las características del pedido para solventar la situación anterior son las siguientes:

- a. Producto ID 23: 1 512 unidades.
- b. Producto ID 35: 7 500 unidades.

Por lo tanto, debe reprogramar la producción considerando las nuevas condiciones.

Control de los resultados

Una vez transcurridos tres meses y al contar con la trazabilidad de los datos, el jefe de planta, el gerente de operaciones, el jefe de ventas y el auxiliar de inteligencia se reúnen para evaluar los parámetros en el módulo de control: MAPE, utilización y costos de horas extra. Para lo anterior, utilice los gráficos que se presentan a continuación y determine para cuáles indicadores se debe activar el plan de acción. Considere el uso de los instructivos de planes de acción y las alertas respectivas para activar acciones:

- Tres puntos consecutivos fuera del límite de especificación (tres meses fuera de control).
- Tendencia de seis puntos consecutivos ascendentes para cada uno de los tres indicadores (MAPE, utilización y costo de horas extra).

Figura 17.1

Gráfico por observaciones individuales para la utilización de las máquinas.

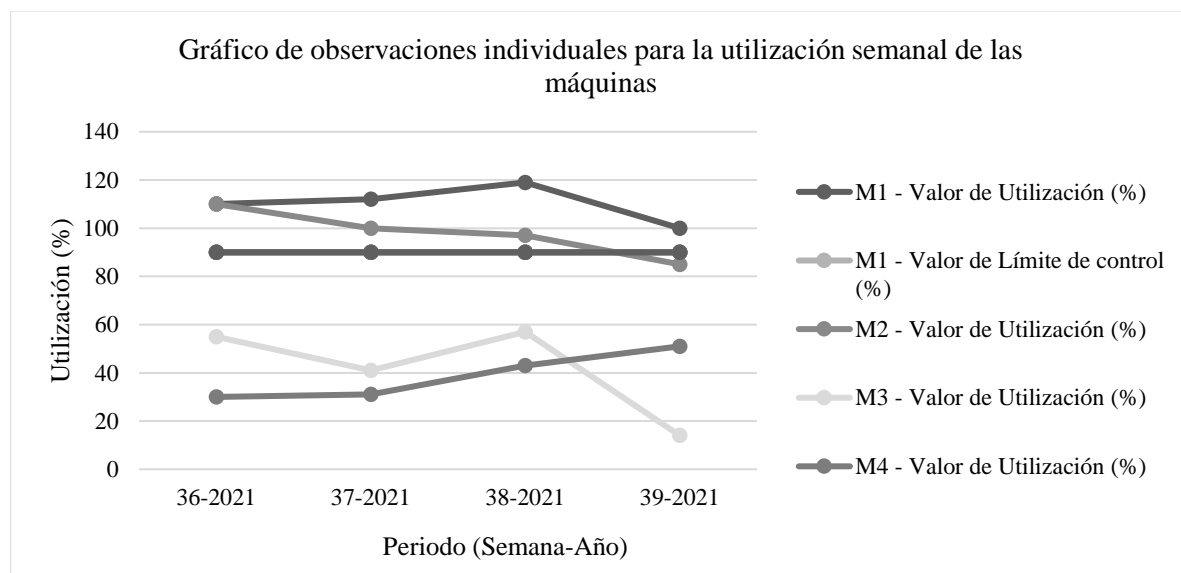


Figura 17.2

Gráfico por observaciones individuales para el MAPE

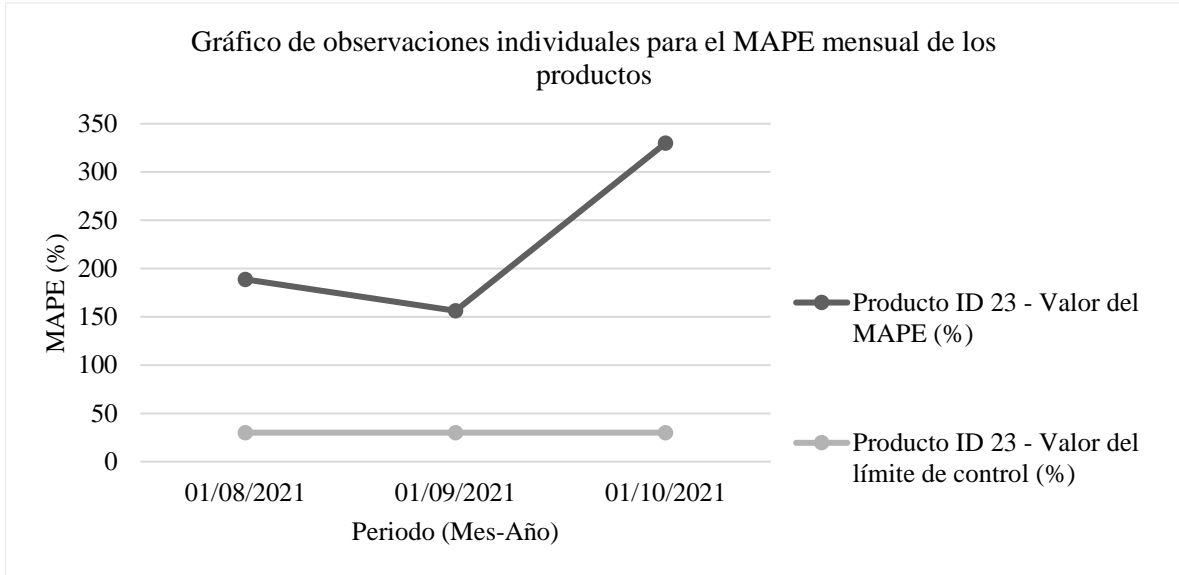
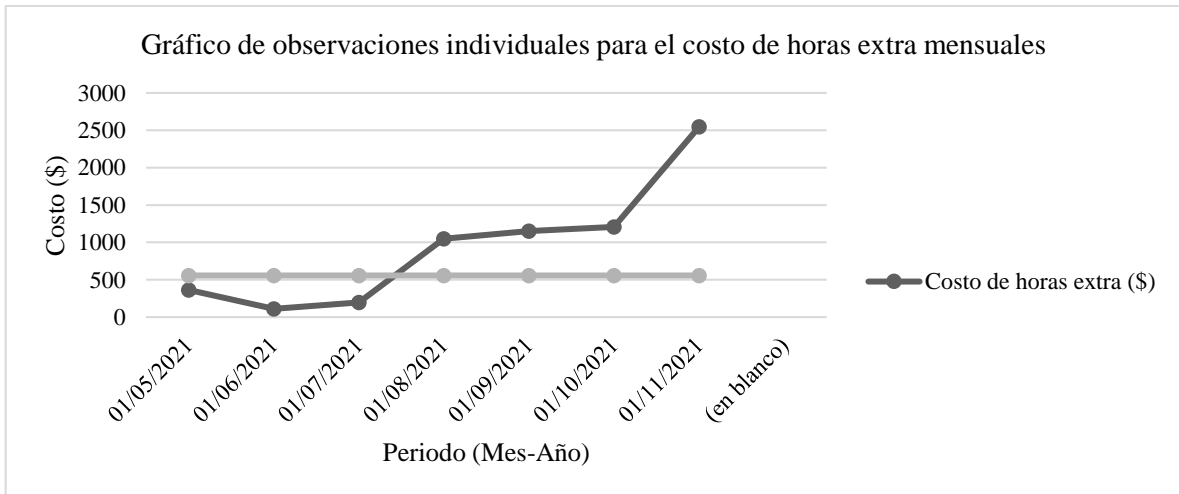


Figura 17.3

Gráfico por observaciones individuales para el costo de horas extra.



Apéndice 18. Plan de capacitación sobre las nuevas prácticas de trabajo para el subproceso de empaque

El enfoque de este apartado es el de desarrollar un plan de capacitación efectivo dirigido al jefe de planta y al auxiliar de inteligencia de negocios con respecto a las nuevas prácticas de trabajo para el subproceso de empaque. El plan se conforma de seis partes: 1) necesidades de capacitación detectadas, 2) objetivos de la capacitación, 3) contenidos de la capacitación, 4) ejecución de la capacitación, 5) evaluación y 6) bitácoras de aprobación.

1) Necesidades de capacitación detectadas

Posterior a efectuar un análisis los productos elaborados en la etapa de diseño, se determina que es necesario que durante la capacitación se atiendan las siguientes necesidades:

- a. Interpretación del manual de usuario para la herramienta programada.
- b. Entendimiento para la aplicación del instructivo para la elaboración de pronósticos.
- c. Entendimiento para la aplicación del instructivo para la elaboración de la programación de la producción.
- d. Entendimiento para la aplicación del instructivo para realizar un ajuste cualitativo en aquellos productos que presentan MAPE por encima de la especificación de control.
- e. Entendimiento para la aplicación del instructivo para atender utilidades fuera de los parámetros aceptados.
- f. Entendimiento para la aplicación del instructivo para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios.
- g. Entendimiento para la aplicación del instructivo sobre el ajuste al presupuesto de horas extra.
- h. Entendimiento para la aplicación del instructivo para la realización de auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno.
- i. Entendimiento para la aplicación del instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción.

2) Objetivo de la capacitación

Preparar al personal sobre las nuevas prácticas de trabajo con el fin de que sean capaces de utilizar la herramienta programada y los instructivos respectivos.

3) Contenidos de la capacitación

Para la capacitación se consideran los conocimientos y habilidades que el usuario requiere para aplicar las prácticas de trabajo diseñadas al desarrollar sus labores, por lo que el contenido incluye los manuales e instructivos que deben ser utilizados de forma integral para la aplicación de estas prácticas y la ejecución adecuada de la herramienta programada. Los contenidos abordados son los siguientes:

- a. Manual de usuario para la herramienta programada.
- b. Instructivo para la elaboración de pronósticos.
- c. Instructivo para la elaboración del programa de producción.
- d. Instructivo para realizar un ajuste cualitativo en aquellos productos que presentan MAPE por encima de la especificación de control.

- e. Instructivo para atender utilizaciones fuera de los parámetros aceptados.
- f. Instructivo para secuenciar productos que deben ser incluidos a producción debido a eventualidades o pedidos extraordinarios.
- g. Instructivo sobre el ajuste al presupuesto de horas extra.
- h. Instructivo para la realización de auditorías que demuestren un correcto aprovechamiento del tiempo y cumplimiento del reglamento interno.
- i. Instructivo para el análisis de control de indicadores y seguimiento del plan de acción.

4) Ejecución de la capacitación

En los siguientes diagramas de Gantt se muestra la distribución de actividades que se llevan a cabo durante la capacitación. Inicialmente se entrena al jefe de planta y días después se capacita al auxiliar de inteligencia de negocio, por lo tanto, ambos poseen una distribución de actividades distinta al cubrir necesidades diferentes para la organización.

Tabla 18.1

Gantt de actividades para la capacitación del jefe de planta

Actividad	Minuto					
	1 – 5	5 – 10	10 – 30	30 – 40	40 – 50	50 - 60
Presentación de agenda.						
Manual de usuario para la herramienta programada.						
Interpretación y uso de instructivos relacionados al pronóstico, programación de la producción y control de indicadores.						
Sesión de preguntas y respuestas.						
Sesión de uso práctico de la herramienta.						

Tabla 18.2

Gantt de actividades para la capacitación del auxiliar de inteligencia de negocio

Actividad	Minuto					
	1 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 - 35
Presentación de agenda.						
Interpretación del módulo de pronósticos.						

Actividad	Minuto					
	1 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 - 35
Interpretación y uso de instructivos relacionados a pronóstico.						
Sesión de preguntas y respuestas.						
Sesión de uso práctico de la herramienta.						

5) Evaluación

Para determinar la efectividad de los contenidos de la capacitación, se plantea una evaluación práctica en la que cada involucrado debe desarrollar un caso de estudio haciendo uso de la herramienta programada y los instructivos pertinentes según corresponda, cualquier falla o desviación en relación con los instructivos y uso de la herramienta se atiende de tal manera que se vuelve a explicar al usuario la interpretación que debe abordar según el instructivo o sección que el usuario comunique o demuestre que no está claro durante la sesión del uso práctico de la herramienta. La aprobación de resultados se efectúa al firmar la bitácora de conformidad sobre las nuevas prácticas de trabajo vinculadas al subproceso de empaque en Distribuidora Café Montaña S.A.

6) Bitácoras de aprobación

Corresponden a los documentos que respaldan el entendimiento de los contenidos impartidos durante la capacitación brindada.

Figura 18.1

Bitácora de aprobación sobre las nuevas prácticas de trabajo para la programación de la producción en DCM (jefe de planta)


Bitácora de aprobación sobre las nuevas prácticas de trabajo para la programación de la producción en Distribuidora Café Montaña S.A (DCM)	
Fecha de capacitación	23-12-2021
Hora de capacitación	4:30 pm
Lugar de capacitación	Distribuidora Café Montaña S.A
Objetivo de la capacitación	Preparar al personal sobre las nuevas prácticas de trabajo con el fin de que sean capaces de utilizar la herramienta programada y los instructivos respectivos.
Modo de impartición	Presencial
Nombre de los instructores	Diego Venegas Ocampo
	Verónica Matamoros Castillo
	Paola Arias Ramírez
Nombre del participante(s) de la capacitación	Walter Campos Sr-ce
Firma de aprobación (Entendimiento del contenido)	

Figura 18.2

Bitácora de aprobación sobre las nuevas prácticas de trabajo para la programación de la producción en DCM (auxiliar de inteligencia de negocio)

Bitácora de aprobación sobre las nuevas prácticas de trabajo para la programación de la producción en Distribuidora Café Montaña S.A (DCM)	
Fecha de capacitación	06-01-2021
Hora de capacitación	7:00 AM
Lugar de capacitación	Distribuidora Café Montaña S.A
Objetivo de la capacitación	Preparar al personal sobre las nuevas prácticas de trabajo con el fin de que sean capaces de utilizar la herramienta programada y los instructivos respectivos.
Modo de impartición	Presencial
Nombre de los instructores	Diego Venegas Ocampo
	Verónica Matamoros Castillo
	Paola Arias Ramírez
Nombre del participante(s) de la capacitación	Rafael Rangel Rodríguez
Firma de aprobación (Entendimiento del contenido)	Rafael R.

Apéndice 19. Sumario de buenas prácticas (prácticas de trabajo propuestas)

Tabla 19.1

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de pronósticos

Sumario de buenas prácticas				
Variables: Método y error de pronóstico				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
1	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir.	X		
2	Se debe analizar el patrón y tendencia contenida en los datos ya que afectará el tipo de método de pronóstico que se seleccione. Si los datos muestran tendencias o patrones estacionales, se necesitarán métodos más avanzados.	X		
3	Se analizan los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro evento esperado que puede influir en el pronóstico final.	X		
4	Al utilizar un promedio móvil simple se debe considerar que no se supone la presencia de un patrón estacional, de una tendencia o de componentes cíclicos en los datos de la demanda.	X		
5	Se debe utilizar un método de error de pronóstico para vigilar las observaciones erráticas de la demanda y evaluar el método de pronóstico actual.	X		
6	Se ejecutan pronósticos para horizontes de tiempo cortos con el fin de tomar decisiones operativas relacionadas al programa de producción.	X		
7	La señal de seguimiento se debe encontrar entre [-4,4] para determinar que el método de pronóstico se encuentra bajo control.		X	
8	Al integrar un método cualitativo de pronóstico, este lo realiza un grupo o un individuo con base en la experiencia, acerca de la situación.	X		
9	Se deben tomar en cuenta las condiciones actuales de mercado al ajustar el pronóstico.	X		

Tabla 19.2

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de reducción de set up

Sumario de buenas prácticas				
Variable: Reducción de set up				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
1	Se deben registrar los tiempos de paro debido a set up.	X		
2	Se identifican cuáles son las actividades internas y externas.	X		

Sumario de buenas prácticas Variable: Reducción de set up				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
3	Se ejecutan todas las actividades que así lo permitan con la máquina marcha para reducir el tiempo.	X		
4	Se preparan previamente actividades o equipos en lugar de tener que hacerlo durante los períodos de cambio para reducir desperdicio.	X		
5	Se practican rutinas de cambio con distintos operadores para reducir la curva de aprendizaje al ejecutar cambios.	X		
6	Las herramientas se colocan de tal manera que se puedan alcanzar fácilmente cuando sea necesario.	X		

Tabla 19.3

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de la utilización de la capacidad instalada

Sumario de buenas prácticas Variable: Utilización de la capacidad instalada				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
1	Se estima y analiza la utilización de las instalaciones (máquinas) para conocer qué tan ocupadas se encuentran.	X		
2	Es preferible que la utilización de las máquinas no sea mayor al 80 %.	X		
3	Se debe mantener a un nivel mínimo las horas extra de producción de tal forma que se conserve el equilibrio del sistema.	X		
4	Se considera la capacidad de instalaciones como parte de la estrategia de operaciones.	X		

Tabla 19.4

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de programa de producción

Sumario de buenas prácticas Variable: Programa de producción				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
1	El plan maestro de producción debe cumplir las fechas de entrega de los clientes.	X		
2	Al programar se asignan pedidos, equipo y personal de los centros de trabajo en el periodo establecido.	X		
3	Se determina la secuencia de realización de los pedidos (es decir, establecer las prioridades laborales).	X		

Sumario de buenas prácticas				
Variable: Programa de producción				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
4	Se revisan los indicadores, el estatus y control del progreso de los pedidos conforme se trabajan.	X		
5	Se programa al detalle el tiempo que va a necesitar para producir con aras a minimizarlo.	X		
6	Para la programación, será indispensable preparar un pronóstico previo a producir.	X		
7	Se estiman los niveles de inventario para medir la eficacia de los programas para procesos manufactureros. La minimización del inventario total apoya la prioridad competitiva de costo (costos por mantenimiento de inventario).		X	

Tabla 19.5

Apéndice: Sumario de buenas prácticas de inventario de producto terminado

Sumario de buenas prácticas				
Variable: Inventario de producto terminado				
N°	Buena práctica	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
1	Las estructuras de costos de los inventarios deben incorporar los costos por mantenimiento de inventario y evaluar la factibilidad.		X	
2	Por lo general, en los inventarios un número pequeño de artículos dan cuenta de la mayor parte del valor de los inventarios, por lo tanto, se debe conocer cuáles son esos productos y administrar este número reducido de artículos de manera intensiva con el fin de controlar gran parte del valor del inventario. Una práctica recomendable de análisis es el uso del diagrama A, B y C.	X		
3	Se ejecutan revisiones continuas de los niveles del inventario con estrecha atención a la exactitud de los registros y /o bases de datos que permita monitorear los niveles de existencias.	X		
4	La organización estima la rotación del inventario e indica el número de veces (durante un año) que el inventario se renueva por completo como medida de desempeño.		X	
5	Se debe mantener un inventario de seguridad como un colchón contra órdenes inesperadamente grandes.	X		