



Vigilada Mineducación

SECUENCIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN CARNES CASABLANCA

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de magíster en
Ingeniería**

LAURA MARIA DUQUE RENGIFO

Trabajo de grado

Asesor: Mario César Vélez Gallego

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2022**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 07 de octubre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia por brindarme su apoyo, su amor incondicional y su paciencia en esta etapa tan importante de mi carrera profesional, a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para culminar este proceso.

Agradecer también a mi asesor por guiarme y compartir conmigo todos sus conocimientos para poder llevar a cabo este proyecto.

RESUMEN

Cada vez el mundo se enfrenta a nuevas tecnologías y metodologías que dejan a un lado las actividades manuales, haciendo que empresas del sector manufacturero como Carnes Casablanca se enfrenten a nuevos desafíos. La competitividad del mercado obliga a innovar y mejorar procesos, como la secuenciación del programa de producción, el cual es vital en una compañía para minimizar costos de producción y aumentar la eficiencia de su planta.

La secuencia del programa de producción permite contar con una relación de precedencia y determinar cuál es la manera en la que se debe asignar los recursos para la producción eficiente de los derivados cárnicos y en qué momento se deben fabricar para cumplir con unos requerimientos dados por los clientes. La secuenciación de producción nace de una necesidad en la cual se debe tener en cuenta fechas de entrega, tiempos de producción, inventarios de seguridad, capacidad de la planta y al ser productos perecederos, es importante tener en cuenta fechas de vencimiento. Teniendo en cuenta todas estas variables se determinan las fechas y cantidades a producir, cumpliendo con restricciones como capacidades de planta, turnos disponibles y fechas de entrega del producto.

El objeto del presente trabajo es encontrar el orden de ejecución adecuado de los trabajos, que permita optimizar tiempos y así con el cumplimiento de los pedidos establecidos por los clientes, es decir, un nivel de servicio alto generando así más ingresos y más rentabilidad a la empresa, establecer las cantidades correctas en el

momento indicado reduce costos de producción que se pueden generar por horas extras para cumplimiento de pedidos o faltantes de producción.

Palabras clave: Productos cárnicos, programación de producción, programación lineal entera mixta, analítica prescriptiva.

ABSTRACT

Currently the world is facing new technologies and methodologies that leave aside manual labor and companies like Carnes Casa Blanca face these challenges, and due to the competition they must differentiate themselves, which is why the sequence of the production program is vital to minimize production costs and increase the efficiency of its plant.

The sequence of the production program makes it possible to determine the way in which resources should be assigned for the efficient production of meat derivatives and at what moment they should be manufactured in order to comply with the requirements given by clients. The sequencing of production arises from a need to take into account delivery dates, production times, safety stocks, plant capacity and, as these are perishable products, it is important to take into account expiration dates. Taking into account all these variables, the dates and quantities to be produced are determined, complying with restrictions such as plant capacity, available shifts and product delivery dates.

The purpose of this work is to find the appropriate order of execution of the work, which allows to optimize times and thus comply with the orders established by the clients, that is to say, a high level of service, thus generating more income and profitability for the company. Establishing the correct quantities at the right time reduces production costs that can be generated by overtime to comply with orders or production shortages.

Key words: Meat products, production scheduling, mixed integer linear programming, prescriptive analytics.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	11
2.	ANTECEDENTES	14
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
4	ALCANCE	20
5	ESTADO DE LA LITERATURA	21
6	SECUENCIACIÓN	23
6.1	Procesos	23
6.2	Equipos	24
6.3	Capacidades de procesos	25
7	MODELO MATEMÁTICO	26
7.1	Conjuntos	26
7.2	Parámetros	26
7.3	Variables de decisión	27
7.3.1	Función objetivo	27
7.3.2	Restricciones	27
8	APLICACIÓN DEL MODELO	32
8.1	Datos	32
8.1.1	Tiempos de producción	32
8.1.1.1	Tiempos de mezclado	32
8.1.1.2	Tiempos de embutido	33
8.1.1.3	Tiempos de hornos	34
8.1.2	Tandas a producir	36
8.2	Resultados	37
7.2.1.	Resultados Día 1	37
7.2.1.1.	Proceso mezclado	37
7.2.1.2.	PROCESO DE EMBUTIDO	39
7.2.1.3.	PROCESO HORNOS	40
7.2.2.	Resultados Día 2	42
7.2.2.1.	PROCESO MEZCLADO	42
7.2.2.2.	PROCESO DE EMBUTIDO	43
7.2.2.3.	PROCESO HORNOS	44

9	CONCLUSIONES	46
10	BIBLIOGRAFÍA	47
10.	Anexos	48
10.1.	Anexo 1	48

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso productivo carnes casa blanca.....	24
--	----

TABLAS

Tabla 1. Tiempos de mezclado en horas de una tanda	32
Tabla 2. Tiempos de embutidos en horas de una tanda	33
Tabla 3. Carros horneros por horno	34
Tabla 4. Tiempos de hornos en horas de una tanda	35
Tabla 5. Tandas a producir Día 1	36
Tabla 6. Tandas a producir Día 2	37
Tabla 7. Datos propuestos secuencia de mezclado	38
Tabla 8. Datos reales secuencia de mezclado	38
Tabla 9. Datos propuestos secuencia de embutido	39
Tabla 10. Datos reales secuencia de embutidos	39
Tabla 11. Datos propuestos secuencia de hornos	40
Tabla 12. Datos reales secuencia de hornos	41
Tabla 13. Datos propuestos secuencia de mezclado	42
Tabla 14. Datos reales secuencia de mezclado	42
Tabla 15. Datos propuestos secuencia de embutidos	43
Tabla 16. Datos reales secuencia de embutidos	43
Tabla 17. Datos propuestos secuencia de hornos	44
Tabla 18. Datos reales secuencia de hornos	44

1 INTRODUCCIÓN

El alto nivel de competencia que existe prácticamente en todos los sectores de la economía obliga a las empresas a la mejora continua de sus procesos para ser sostenibles en el largo plazo. Para ello se debe tener nuevos enfoques y estrategias que permitan que la empresa no se quede obsoleta y pueda ser un competidor sostenible en el mercado.

Los procesos automatizados impulsan la eficiencia, crean estándares útiles y, en última instancia ayudan a las organizaciones a ahorrar tiempo, dinero y recursos. También organizan tareas repetitivas de alto volumen, ya que éstas son más fáciles de mecanizar y también conducen a los mayores beneficios dentro de la organización. (Douglas da Silva, 2021).

La eficiencia de una organización depende de la efectividad de sus procesos, en la medida en que los problemas de procesos se reflejan en desperdicio de recursos, conflictos internos, pérdida de clientes, inercia organizacional y escasa capacidad competitiva. (Adrián Andrés Caracolí Rodríguez, 2015).

El proceso de producción de Carnes Casablanca está conformado por los procesos de mezclado, embutido y hornos. En el proceso de mezclado se cuenta con cuatro mezcladores (Laska2000, Laska3000, Polar y metalquimia), cada uno de ellos con capacidad diferente y especializado en algunos productos, es decir, no todos los productos se pueden mezclar en todos los equipos. El proceso de embutido cuenta con cuatro embutidoras (Hp10, Hp15, Hp25 y Risco), al igual que en mezclado cada

uno se especializa en unos productos. Entre estos dos procesos la espera debe ser mínima y no se debe alterar la secuencia ya que están conectados por medio de tuberías. Finalmente, en el proceso de hornos se cuenta con 9 equipos (Maurer1, Maurer2, Talsa2, talsa3, talsa4, vemag1, vemag2, vemag3, vemag4). Los carros horneros son herramientas donde se ubica el producto para ingresar a proceso de hornos, cada horno cuenta con una capacidad de carros horneros diferentes y su tiempo de proceso varía. En este proceso no se puede combinar referencias así se tenga disponibilidad en los equipos.

En el proceso de mezclado la unidad de medida es Kg de tanda (cantidad óptima por mezclador), en el proceso de embutido y hornos se maneja Kg y número de carros, que para cada referencia es diferente.

La planeación del programa de producción se realiza semanalmente, esta programación es manual y se realiza basada en pedidos, capacidades de equipos y niveles de inventario de seguridad. Carnes Casablanca trabaja bajo niveles de inventario de seguridad, lo cual exige un plan muy acertado ya que los tiempos de producción pueden ser hasta 4 días para producir el producto terminado. En el plan de producción se definen las cantidades a producir por producto y el día en que se debe ejecutar para garantizar el cumplimiento de los pedidos.

La secuencia del programa se realiza basada en históricos y experiencia de los programadores lo que genera en ocasiones ineficiencias asociadas a la necesidad de programar horas extras para cumplir el programa de producción y evitar agotados que puedan afectar el nivel de servicio.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto plantea un modelo matemático que de manera automática permite definir la secuencia del programa de producción estableciendo el orden de ejecución adecuado de los trabajos, teniendo en cuenta que estos requieren una serie de procesos en un determinado número de máquinas disponibles para ser realizados. Con esta propuesta se busca disminuir errores humanos, aumentar la productividad de la planta y reducir los tiempos de ocio en los procesos. Este modelo permite satisfacer las necesidades tanto de la empresa como de los clientes, donde el proceso tenga mayor efectividad y se tenga más control sobre los procesos de manera que se mejore la carga de trabajo del equipo y se minimice el tiempo de producción en la planta. A su vez se enfoca en darle a la empresa y a los empleados una herramienta práctica y eficaz para su labor, permitiendo que la empresa alcance una posición de privilegio y la preferencia de los clientes, debido a que manejan costos más favorables, por el aumento de la producción y disminución de costos causadas por horas extras.

2. ANTECEDENTES

La empresa Carnes Casablanca desde un inicio se enfocó en innovar la forma de vender carne en la ciudad de Medellín, porque se dio la gran oportunidad de conocer la transformación y evolución de este sector; investigan a fondo la ciencia de la carne, la demanda del mercado, la variedad de posibilidades y recetas del mundo de la charcutería. Asimismo, incursionó en la actividad industrial en la fábrica de embutidos con las marcas CASABLANCA y CARNELLY, también lograron ser pioneros en el desarrollo de aproximadamente el 60% de las marcas privadas del país. Por ello debió cambiar su proceso que en sus comienzos fue algo artesanal por un sistema más elaborado como el automatizado, que le ayuda a tener un mejor resultado en la productividad de la planta y el control tanto de sus equipos como del personal, logrando así algunos beneficios.

En 1987 se abrió al público un nuevo punto de venta “Casablanca Laureles” (entre la calle 33 y 35), obteniendo muy buenos resultados, con el concepto de especialidad en asados que creó una gran diferencia con las carnicerías de la época en Medellín.

En 1993 la empresa adquirió el primer *cutter*, con esta máquina surgió la idea de tener una nueva marca diferente a Casablanca con portafolios de carnes frías. De esta manera nació la marca Carnelly, como una integración del proceso productivo y la necesidad de ofrecer al mercado potencial productos diferenciadores de muy buena calidad. En la sede que era el punto de venta Laureles cada marca, “Casablanca y Carnelly” realizaban por separado sus propias actividades. Con el tiempo se amplió el portafolio de productos, que además de elaborar salchichón, comenzó a procesar pastel de verduras, albondigón entre otros.

En 1994 con el aumento de la producción la planta la empresa se trasladó para el barrio San Joaquín, a una sede que anteriormente era de Fadegan, y se adquirió nuevos equipos que hicieron posible generar crecimiento en la empresa. También paralelamente se inauguró un punto de venta “Carnelly” en la Avenida Oriental, pionero en un concepto de carnes frías al detal, donde se podía comprar desde una salchicha o una tajada de mortadela hasta kilos de las mismas.

Entre 1994 y 1997 se inauguraron más de tres puntos de venta Carnelly y se logró sacar adelante la tarea de codificar la marca en la cadena Comfama, que para ese entonces era muy complicado conseguir participación en este canal. En San Joaquín la empresa operó por 3 años, pero nuevamente el aumento de la producción obligó a conseguir un lugar más grande. Y casualmente se negoció nuestra sede actual en el barrio caribe que era de Fadegan en ese momento.

Entre el 1998 y el 2007. La marca Carnelly se extendió a todas las grandes cadenas (Carrefour, Éxito, Carulla, Alkosto, Makro, Consumo y la mayoría de los minimercados), ampliando la operación a las principales zonas del país. También la industria comenzó a elaborar los productos para las principales marcas propias como Éxito, Ekono, Alkosto, Mercamas entre otras. La compañía hizo una alianza con Itacol (compañía de concentrados) creando una nueva empresa de genética porcina que se llamó Porcigenes, con el fin de proveer a nuestra industria carne de cerdo seleccionada con los mejores estándares de calidad.

En el 2008 la compañía decide renovar la imagen de CARNELLY CARNES FRÍAS dando un aire más moderno y dinámico. En esta misma época hacemos el lanzamiento de la Marca Super Carnelly, una marca con productos tradicionales de

consumo rutinario, de buena calidad y conservando siempre equilibrio entre el costo y el beneficio, haciendo parte del portafolio de las grandes cadenas de autoservicios y minimercados.

En 2010 se obtiene la certificación HACCP - que es el sistema de inocuidad alimentaria empleado a nivel mundial, reconocido y exigido internacionalmente para garantizar el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura y el análisis de peligros y puntos críticos de control del Codex Alimentarius, que garantizan la calidad e inocuidad de nuestros productos y la salud de los consumidores. Desde siempre nos han gobernado principios de ética y transparencia que imprimimos día a día en todos nuestros colaboradores y sus familias. Hoy Contamos con un importante grupo de colaboradores (más de 800), los laboratorios de calidad, investigación y desarrollo son de los más avanzados del país, las instalaciones cuentan con los últimos avances tecnológicos de la industria cárnica, procesando más de 12.000 toneladas al año. La calidad de las materias primas está garantizada desde las granjas y cuentan con un depurado grupo de proveedores externos para los ingredientes.

El reto de Carnes Casablanca es ser el proveedor de productos cárnicos de una elevada calidad, para un grupo de clientes que así lo exige y requiere. Conscientes de nuestra responsabilidad social en lo nutricional y saludable; esto representa nuestro valor agregado y fidelidad para consumidores cada vez más informados y conscientes de la calidad.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de volumen de producción de la empresa se hace necesario contar con una secuenciación de producción para minimizar posibles errores humanos y encontrar el orden de ejecución. Los pedidos en la empresa se pueden recibir con un mínimo de dos días entre la fecha de pedido y la fecha de entrega del producto. Al ser este plazo tan corto la empresa debe trabajar bajo inventario de seguridad para garantizar un cumplimiento adecuado de la promesa de servicio. Otro factor importante para la secuenciación es el tiempo de producción que tiene cada uno de los productos en los diferentes procesos de la planta, este factor es el que permite conocer la capacidad de producción y el tiempo necesario para para fabricar la programación establecida.

Una mala definición de la secuenciación puede generar retrasos en la producción que se puede reflejar en un faltante de producción, es decir, en un incumplimiento de algún pedido que generaría un nivel de servicio bajo, o un exceso de producto; y al ser productos perecederos se podría generar una pérdida del producto ya que solo se puede despachar el producto con un mínimo de 30 días hábiles en fecha de vencimiento. Tener un faltante de producto es perder ingresos a la empresa por pérdida de esa venta, posibles multas según el cliente y pérdida de clientes en el largo plazo.

Establecer una adecuada programación permite organizar turnos de producción según el volumen, evitando así horas extras.

Un estudio europeo sobre productividad empresarial llevado a cabo por Lexmark ha revelado deficiencias en los procesos de trabajo de los empleados. El estudio

demuestra que las empresas que no usan sistemas automatizados muestran mayores problemas de rendimiento, como menor productividad de los empleados y ciclos de trabajo más lentos. (Juan Miguel Revilla ,2013). Más allá de la productividad, un cuarto de los encuestados señala que el mayor problema asociado con los procesos administrativos manuales es su propensión a los errores. Casi dos tercios de los trabajadores han experimentado una situación en la que un error cometido realizando tareas administrativas de forma manual le ha costado dinero a la compañía. (Juan Miguel Revilla ,2013).

Estas son algunas de las principales razones por lo que las empresas se impulsan a tener un sistema como la secuenciación.

- No tener el riesgo de utilizar instrucciones y documentos obsoletos, ya que se pasa de una programación manual a una programación automatizada
- La programación reduce la mano de obra que programa
- Optimización de tiempo
- Planificación de la producción
- Garantiza la manera más segura de disponibilidad de producto
- Tener más control de los inventarios de seguridad.
- Poder entender la variabilidad de crecimiento de una referencia
- Porque es importante tener tiempos de operación en la programación o tener en cuenta tiempos para evitar sobre costos de mano de obra.

Por esta razón se creó un modelo que tiene como objetivo dar la secuencia del plan de producción de Carnes Casablanca, es decir, el orden en el cual debe ser

ejecutado el plan, para así minimizar los tiempos de producción y maximizar las eficiencias de los procesos. Para este modelo se tienen en cuenta variables como tiempos de producción, pedidos generados, capacidades de planta, que permiten dar un resultado acertado para garantizar el cumplimiento de los pedidos.

4 ALCANCE

Este estudio técnico tiene su alcance enmarcado en secuencia diaria del plan semanal de Carnes Casablanca enfocado en los procesos de mezclado, embutido y hornos para algunos productos. Para esto se entregará un modelo que especificará el orden y los tiempos de producción de cada una de las referencias, teniendo como objetivo el cumplimiento del programa de producción de la manera más eficiente posible.

5 ESTADO DE LA LITERATURA

En el trabajo de (Gonzalez Farias & Romero Puentes , 2017) los autores plantean el diseño de sistemas de producción y operaciones basado en herramientas de gestión de operaciones el cual hace posible aumentar la productividad del proceso. La matriz de diseño vincula los atributos del producto por sus componentes individuales desplegado de la planeación del producto. En su propuesta de modelo de medición de indicadores los autores proponen medir 3 aspectos de la producción, para estimular que los actores activos del proceso (Mano de obra, máquina y método) se alineen a una propuesta de aumento de productividad. A su vez cada aspecto se evaluará a través de mediciones directas sobre el proceso.

En la investigación realizada de (Arrieta Peluffo & Romero Agudelo, 2008) los autores plantean, un sistema de gestión, por lo tanto, ayuda a una organización a establecer metodologías, las responsabilidades, los recursos, las actividades, que le permiten una gestión orientada hacia la obtención de los buenos resultados que desea, o lo que es lo mismo, la obtención de los objetivos establecidos. Para los Procesos de programación de embutidos: Indicadores de gestión. La gestión por procesos implica contar con un cuadro de indicadores relacionados con la calidad y otras variables significativas. Este es el modo en que verdaderamente la organización puede conocer, controlar y mejorar su gestión.

Los indicadores constituyen un instrumento que permite recoger de manera adecuada y representativa la información relevante respecto a la ejecución y

resultados de uno o varios procesos, de forma que se puede determinar la capacidad, eficacia y eficiencia de los mismos.

Como propuesta los autores (Benalcázar López & Wilches Garzón, 2010) plantean que la implementación de tiempos, es una herramienta útil para el control de desempeño de actividades especialmente para la selección de un mejor sistema de trabajo incentivo a los empleados. También plantean la reorganización de algunas estaciones de trabajo, especialmente el área de producción, con el propósito fundamental de eliminar retrocesos y el congestionamiento de tráfico, re direccionando el flujo de materiales, logrando de esta forma, la reducción de tiempos de manejo de materiales, y el riesgo de accidentes de trabajo.

En la investigación no se encontró ningún trabajo de secuenciamiento de la producción para productos cárnicos con características similares, como restricciones y equipos, al proceso de Carnes Casablanca.

6 SECUENCIACIÓN

El modelo matemático planteado genera de manera automática las horas de producción por referencia en cada equipo y la secuencia del plan de producción la cual consiste en definir el orden en que se debe ejecutar el plan de producción, decidir de forma sencilla y eficaz la mejor lista de actividades a producir en las máquinas, aprovechando de la mejor manera el tiempo de producción para terminar el programa en el menor tiempo posible, generando que las líneas de producción sean mucho más eficientes y se disminuyan los tiempos de ocio.

6.1 Procesos

Para el modelo se tiene en cuenta tres procesos: mezclado, embutido y hornos.

Mezclado consiste en la unión de materias primas secas (condimentos, sales) y materia prima cárnica generando como producto final una tanda.

El proceso de embutido consiste en adicionar la tanda (pasta de producto) en el material de embutido, en este caso tripas de colágeno o plástico.

Hornos, tratamiento térmico que se le da a los productos.

En la ilustración 1 se puede observar los procesos que componen todo el proceso productivo de Carnes Casablanca y sus equipos por proceso.

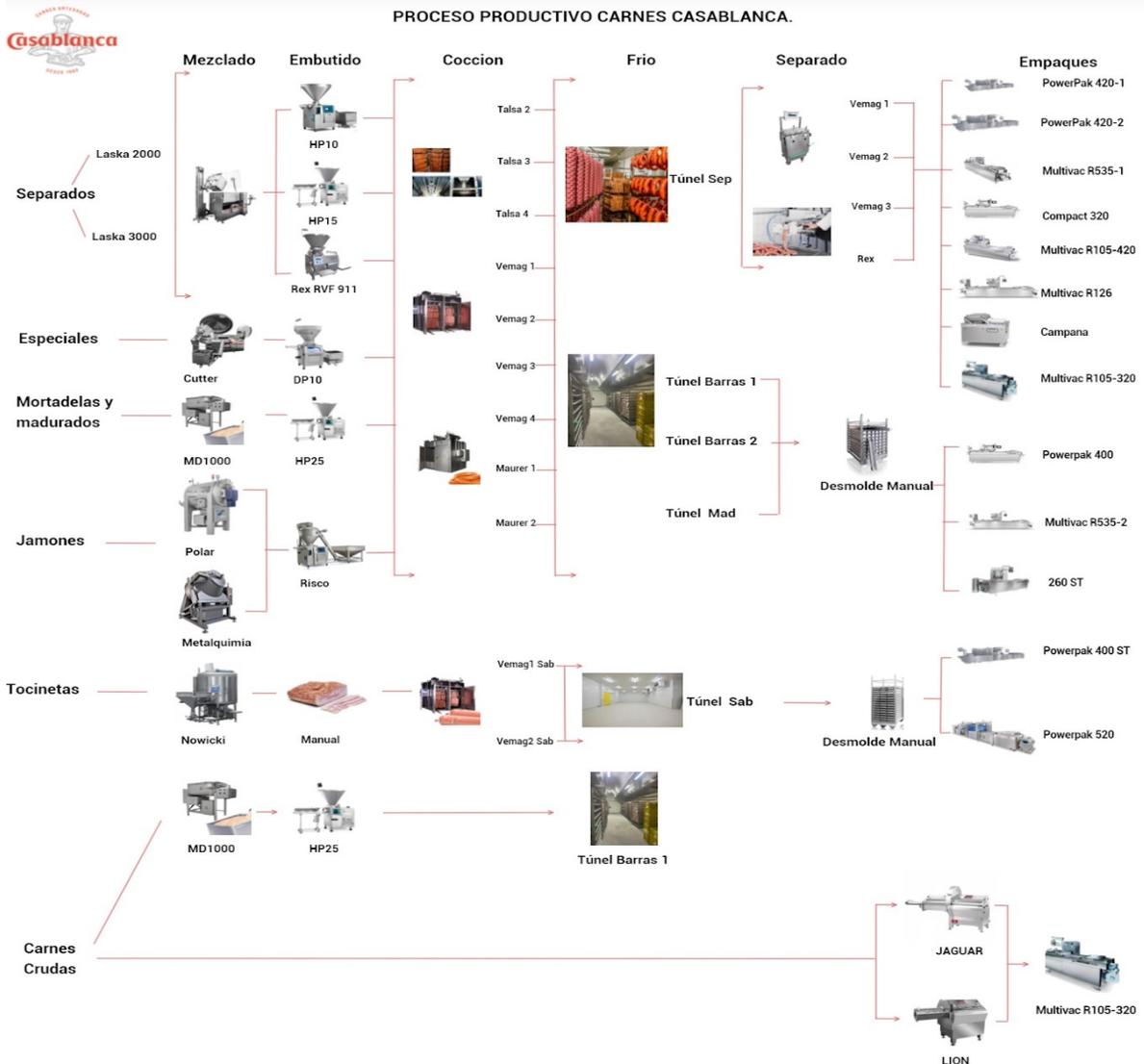


Ilustración 1 Proceso productivo carnes casa blanca

6.2 Equipos

En el proceso de mezclado se incluyeron cuatro mezcladores: laska 2000, laska 3000, polar y metalquimia. En embutido la hp10, hp15, embutidoras para productos como salchichas, chorizos y cabanos, y la embutidora risco especializada en jamones.

Para el proceso de hornos se incluyeron los 9 hornos con los cuales cuenta la planta de caribe, maurer1, maurer2, vemag1, vemag2, vemag3, vemag4, talsa2, talsa3, talsa4.

6.3 Capacidades de procesos

La capacidad de producción es la máxima capacidad que puede tener un recurso para producir bienes.

Una necesidad muy frecuente en los procesos consiste en evaluar la variabilidad y tendencia central de una característica de calidad, para así compararla con sus especificaciones de diseño. La capacidad de proceso es el grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas. (Bryan Salazar López, 2019)

Esta es una herramienta que permite estrategias más adecuadas en la planeación de la producción de la planta, donde se tiene un tiempo calculado y estimado para cada maquinaria y ayuda a tener un control más adecuado de la empresa en cuanto a tiempos de entrega y despachos.

7 MODELO MATEMÁTICO

7.1 Conjuntos

- P Productos
- M Mezcladoras
- E Embutidoras
- H Hornos
- T_i Tandas de producto $i \in P$
- M_i Mezcladoras que pueden procesar el producto $i \in P$
- E_i Embutidoras que pueden procesar el producto $i \in P$
- H_i Hornos que pueden procesar el producto $i \in P$
- P_m Productos que es posible procesar en la mezcladora $m \in M$
- P_e Productos que es posible procesar en la embutidora $e \in E$
- P_h Productos que es posible procesar en el horno $h \in H$
- K_h Carros disponibles en el horno $h \in H$
- S^M Posiciones disponibles en las mezcladoras
- S^E Posiciones disponibles en las embutidoras
- S^H Posiciones disponibles en el horno $h \in H$

7.2 Parámetros

- α_{im} Tiempo de procesamiento de una tanda del producto $i \in P$ en la mezcladora $m \in M_i$
- β_{ie} Tiempo de procesamiento de una tanda del producto $i \in P$ en la embutidora $e \in E_i$
- γ_{ih} Tiempo de procesamiento de un lote del producto $i \in P$ en el horno $h \in H_i$
- η_i Número de carros (en hornos) necesarios para procesar una tanda del producto $i \in P$
- q_h Número de carros disponibles en el horno $h \in H$
- U_C Cota superior sobre el tiempo de terminación de la última tanda en mezcladoras
- U_D Cota superior sobre el tiempo de terminación de la última tanda en embutido

7.3 Variables de decisión

- $x_{ijm}^k = \left\{ \frac{1 \text{ Si la tanda } j \in T_i \text{ del producto } i \in P \text{ se asigna a la posición } k \in S^M \text{ en la mezcladora } m \in M_i}{0 \text{ de lo contrario}} \right\}$
- $y_{ije}^k = \left\{ \frac{1 \text{ si la tanda } j \in T_i \text{ del producto } i \in P \text{ se asigna a la posición } k \in S^E \text{ en la embutidora } e \in E_i}{0 \text{ de lo contrario}} \right\}$
- $z_{ijh}^{ck} = \left\{ \frac{1 \text{ Si la tanda } j \in T_i \text{ del producto } i \in P \text{ se asigna a la posición } k \in S_h^H \text{ en el carro } c \in K_h \text{ del horno } h \in H_I}{0 \text{ de lo contrario}} \right\}$
- $w_{ih}^k = \left\{ \frac{1 \text{ Si el producto } i \in P \text{ se asigna a la posición } k \in S_h^H \text{ en el horno } h \in H_I}{0 \text{ de lo contrario}} \right\}$
- $I_{ek}^E =$ Inicio de la tanda asignada a la posición $k \in S^E$ en la embutidora $e \in E$
- $I_{hk}^H =$ Inicio de la tanda asignada a la posición $k \in S_h^H$ en el horno $h \in H$
- $F_{mk}^M =$ Terminación de la tanda asignada a la posición $k \in S^M$ en la mezcladora $m \in M$
- $F_{ek}^E =$ Terminación de la tanda asignada a la posición $k \in S^E$ en la embutidora $e \in E$
- $F_{hk}^H =$ Terminación de la tanda asignada a la posición $k \in S_h^H$ en el horno $h \in H$
- $F_{max} =$ Makespan

7.3.1 Función objetivo

- Minimizar F_{max}

7.3.2 Restricciones

- $\sum_{m \in M_i} \sum_{k \in S^M} x_{ijm}^k = 1 \quad \forall i \in P, j \in T_i$
(1)
- $\sum_{i \in P_m} \sum_{j \in T_i} x_{ijm}^k \leq 1 \quad \forall m \in M, k \in S^M$
(2)
- $F_{m1}^M = \sum_{i \in P_m} \sum_{j \in T_i} \alpha_i \cdot x_{ijm}^1 \quad \forall m \in M,$
(3)
- $F_{mk}^M = F_{m,k-1}^M + \sum_{i \in P_m} \sum_{j \in T_i} \alpha_i \cdot x_{ijm}^k \quad \forall m \in M; k \in S^M / \{1\}$
(4)
- $\sum_{e \in E_i} \sum_{k \in S^E} y_{ije}^k = 1 \quad \forall i \in P, j \in T_i$
(5)
- $\sum_{i \in P_e} \sum_{j \in T_i} y_{ije}^k \leq 1 \quad \forall e \in E, k \in S^E$
(6)
- $I_{ek}^E \geq F_{m\hat{k}}^M + U \left(x_{ijm}^{\hat{k}} + y_{ije}^k - 2 \right) \quad \forall i \in P, j \in T_i, m \in M, e \in E, k \in S^E, \hat{k} \in S^M$
(7)
- $I_{ek}^E \geq F_{ek-1}^E \quad \forall e \in E; k \in S^E / \{1\}$
(8)
- $F_{ek}^E = I_{ek}^E + \sum_{i \in P_e} \sum_{j \in T_i} \beta_i \cdot y_{ije}^k \quad \forall e \in E; k \in S^E$
(9)
- $\sum_{i \in P_h} w_{ih}^k \leq 1 \quad \forall h \in H, k \in S_h^H$
(10)
- $\sum_{i \in T_i} \sum_{c \in K_h} z_{ijh}^{ck} \leq q_h \cdot w_{ih}^k \quad \forall i \in P, h \in H, k \in S_h^H$
(11)
- $\sum_{h \in H_i} \sum_{c \in K_h} \sum_{k \in S_h^H} z_{ijh}^{ck} = n_i \quad \forall i \in P, j \in T_i$
(12)
- $I_{hk}^H \geq F_{e\hat{k}}^E + U \left(y_{ije}^{\hat{k}} + z_{ijh}^{ck} - 2 \right) \quad \forall i \in P; j \in T_i, e \in E, h \in H, c \in K_h, k \in S_h^H, \hat{k} \in S^E$ (13)
- $I_{hk}^H \geq F_{hk}^{H-1} \quad \forall h \in H, k \in S_h^H / \{1\}$
(14)

- $F_{hk}^H = I_{hk}^H + \sum_{i \in P_h} \gamma_i \cdot w_{ih}^k \quad \forall h \in H, k \in S_h^H$
(15)

- $F_{max} \geq F_{hk}^H \quad \forall h \in H, k \in S_h^H$
(16)

Como función objetivo se tiene minimizar el tiempo de ejecución del plan de producción.

En las expresiones:

- (1) Se garantiza asignar todas las tandas de todos los productos a una posición en un mezclador.
- (2) Cada posición en mezcladoras se puede usar máximo una vez.
- (3) Representa el tiempo de terminación de la primera tanda en mezclado.
- (4) Representa el tiempo de terminación de las demás tandas.
- (5) Asignar todas las tandas de todos los productos a una posición en una embutidora.
- (6) Garantiza que cada posición en embutidora se puede usar máximo una vez.
- (7) Para iniciar una tanda en embutido debe estar terminada esta misma tanda en el proceso de mezclado.
- (8) El inicio de la k -ésima tanda en embutición es mayor o igual al final de la tanda anterior ($k-1$).
- (9) El fin de la k -ésima tanda en una embutidora es igual al inicio de la misma más su tiempo de proceso.
- (10) Cada posición en cada horno solo puede asignarse máximo una vez.
- (11) En una posición en un horno solo se puede asignar un producto.
- (12) Garantiza asignar la totalidad de los carros programados para cada producto.

- (13) El inicio de un carro en hornos debe ser posterior a la terminación de la tanda correspondiente en embutido.
- (14) El inicio de un turno en hornos debe ser mayor al final de turno anterior.
- (15) La terminación de un turno en hornos se calcula como el inicio de ese turno más el tiempo de proceso del producto en el proceso de hornos.
- (16) El tiempo de finalización máximo.

8 APLICACIÓN DEL MODELO

Para la aplicación del modelo se tuvo en cuenta dos días de producción de Carnes Casablanca.

8.1 Datos

8.1.1 Tiempos de producción

8.1.1.1 Tiempos de mezclado

En el proceso de mezclado se tienen cuatro mezcladores. En la tabla 1 se indica por cada referencia el tiempo en horas de una tanda por los equipos habilitados.

Tabla 1. Tiempos de mezclado en horas de una tanda

CÓDIGO	Referencia	LASKA 2000	LASKA 3000	POLAR	METALQUIMIA
PPT01001	TD SCHA PARRILLA	0,87	0,81		
PPT05001	TD CABANO	0,69	0,59		
PPT03004	TD JMN SANDUCHE	4,33	4,42	4,51	15,36
PPT02003	TD CHZO TERNERA	0,61	0,71		
PPT01014	TD SCHA MINI MANGUERA	0,87	0,75		
PPT01004	TD SCHA SPERRO	0,75	0,73		
PPT07005	TD PEPERONI	0,52			
PPT03003	TD JMN RESERVA		6,35	7,51	15,92
PPT01002	TD SCHA PARRILLERA	0,90	0,87		

PPT03006	TD TCNETA SANDWICH	1,10			1,85
PPT13001	TD CARNE MOLIDA	0,77			
PPT02001	TD CHZO CAMPESINO	0,73	0,67		
PPT01003	TD SCHA TRADICIONAL	0,87	0,79		
PPT04001	TD MTDELA TRADICIONAL	0,73			11,21
PPT01005	TD SCHA BACON	0,85	0,73		
PPT01007	TD SCHA BERLINESA	0,71	0,61		
PPT01011	TD SCHA WIENERS	0,60	0,65		
PPT012006	TD EMULSION CUERO	0,69	0,51		

Fuente. Elaboración propia

8.1.1.2 Tiempos de embutido

En el proceso de mezclado se tienen en cuenta cuatro embutidoras. En la tabla 2 se indica por cada referencia el tiempo en horas de una tanda por los equipos habilitados.

Tabla 2. Tiempos de embutidos en horas de una tanda

CÓDIGO	Referencia	RISCO	HP25	HP10	HP 15
PPT01001	TD SCHA PARRILLA			0,71	0,76
PPT05001	TD CABANO			1,20	1,20
PPT03004	TD JMN SANDUCHE	1,38			
PPT02003	TD CHZO TERNERA			1,02	0,98
PPT01014	TD SCHA MINI MANGUERA			0,92	0,93
PPT01004	TD SCHA SPPERRO			0,85	0,85
PPT07005	TD PEPERONI		1,82		
PPT03003	TD JMN RESERVA	1,59			
PPT01002	TD SCHA PARRILLERA			0,74	0,74
PPT03006	TD TCNETA SANDWICH				
PPT13001	TD CARNE MOLIDA		1,34		

PPT02001	TD CHZO CAMPESINO			1,34	1,18
PPT01003	TD SCHA TRADICIONAL			0,74	0,76
PPT04001	TD MTDELA TRADICIONAL		0,74		
PPT01005	TD SCHA BACON			0,78	0,78
PPT01007	TD SCHA BERLINESA			1,07	1,14
PPT01011	TD SCHA WIENERS			0,70	0,70
PPT01006	TD SCHA ALEMANA			0,92	0,85

Fuente. Elaboración propia

8.1.1.3 Tiempos de hornos

En el proceso de mezclado se tienen en cuenta nueve hornos, cada uno con capacidad diferente de carros. En la tabla 3 se indica la capacidad de horneros por cada horno. En la tabla 4 se indica el tiempo en horas por cada una de las referencias.

Tabla 3. Carros horneros por horno

Horno	Carros
Maurer1	4
Maurer2	4
Vemag1	4
Vemag2	4
Vemag3	8
Vemag4	8
Talsa2	2
Talsa3	4
Talsa4	4

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Tiempos de hornos en horas de una tanda

CÓDIGO	Referencia	MAUR ER #1	MAUR ER # 2	VEMA G # 1	VEMA G # 2	VEMA G # 3	VEMA G # 4	TALS A # 2	TALS A # 3	TALS A # 4
PPT01001	TD SCHA PARRILLA	2,46	2,68	2,34	2,26	2,61	2,82	1,88	2,61	2,64
PPT05001	TD CABANO		2,72	2,89	2,66	2,88	3,01			
PPT03004	TD JMN SANDUCHE	4,20	4,31	4,79	4,83	4,20	4,39	4,39	4,12	4,60
PPT02003	TD CHZO TERNERA	0,95	0,98	0,96	1,00	1,11	1,09	1,09	1,09	1,25
PPT01014	TD SCHA MINI MANGUERA	0,71	0,96	0,77	0,77	0,77	0,77	0,90	0,73	0,77
PPT01004	TD SCHA SPPERRO	1,65	2,19	1,59	1,69	1,41	1,61		1,63	
PPT07005	TD PEPERONI	3,28	4,73	3,18	3,15	3,32				
PPT03003	TD JMN RESERVA	4,45	4,85	4,41	4,68	4,48	4,95	4,89		4,54
PPT01002	TD SCHA PARRILLERA	1,08	2,01	1,86	1,86	2,18	2,18		1,73	
PPT03006	TD TCNETA SANDWICH	6,90	7,93	6,61	6,52	6,90	6,90		7,61	
PPT13001	TD CARNE MOLIDA									
PPT02001	TD CHZO CAMPESINO	1,56	1,63	1,27	1,32	1,21	1,27	1,11	1,57	1,09
PPT01003	TD SCHA TRADICIONA L	1,78	1,81	1,25	1,25	1,25	1,25	1,36	1,05	1,15
PPT04001	TD MTDELA TRADICIONA L	4,54	4,89	4,02	4,06	4,58	4,08	4,24	4,43	4,08
PPT01005	TD SCHA BACON	4,12	2,34	3,73	4,28	4,06	4,17	2,89	2,45	
PPT01007	TD SCHA BERLINESA			2,36	2,20	2,26	2,45			
PPT01011	TD SCHA WIENERS	1,67	1,39	2,38	1,93	1,69	1,59	1,42	1,45	
PPT01006	TD SCHA ALEMANA			0,66	0,75	0,79	0,94	0,72		

Fuente. Elaboración propia

8.1.2 Tandas a producir

El modelo se ejecutó en dos días de producción normal de Carnes Casablanca. En las tablas 5 y 6 se explica que productos y cuantas tandas se van a producir por cada uno de los días simulados.

Tabla 5. Tandas a producir Día 1

CÓDIGO	Referencia	Tandas a producir
PPT01001	TD SCHA PARRILLA	4
PPT05001	TD CABANO	1
PPT03003	TD JMN RESERVA	1
PPT03004	TD JMN SANDUCHE	5
PPT02003	TD CHZO TERNERA	4
PPT01004	TD SCHA SPPERRO	6
PPT01014	TD SCHA MINI MANGUERA	4
PPT02001	TD CHZO CAMPESINO	2
PPT13001	TD CARNE MOLIDA	5
PPT07005	TD PEPERONI	1
PPT01002	TD SCHA PARRILLERA	1
PPT03006	TD TCNETA SANDWICH	1

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. Tandas a producir Día 2

CÓDIGO	Referencia	Tandas a producir
PPT01001	TD SCHA PARRILLA	3
PPT01014	TD SCHA MINIMANGUERA	4
PPT03006	TD TCNETA SANDWICH	1
PPT03004	TD JMN SANDUCHE	4
PPT01003	TD SCHA TRADICIONAL	1
PPT02003	TD CHZO TERNERA	3
PPT13001	TD CARNE MOLIDA	2
PPT05001	TD CABANO	1
PPT12006	TD EMULSION CUERO	2
PPT01002	TD SCHA PARRILLERA	1
PPT02001	TD CHZO CAMPESINO	2

Fuente. Elaboración propia

8.2 Resultados

El modelo se ejecutó con la programación de dos días de la planta de producción, generando las secuencias reportadas en el anexo 1.

7.2.1. Resultados Día 1

7.2.1.1. Proceso mezclado

Con la información generada en la secuencia se puede observar los siguientes datos:

T DISPO: Tiempo en horas disponibles del equipo en el día para producir.

UTILIZACIÓN: Porcentaje que representa las horas de producción sobre las horas disponibles del equipo.

H PDN: Horas necesarias para producir las tandas programadas.

HORA INICIO: Hora en la que inicia el equipo a producir.

HORA FIN: Hora en la que termina el equipo de producir.

Kg: Kg que produce cada equipo.

TANDAS: Es el número de tandas que produce cada equipo.

Tabla 7. Datos propuestos secuencia de mezclado

MEZCLADO Equipo	PROPUESTA						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Laska3	5,38	64,72%	0	13,86	9,87	14	22400
Laska2	4,74	68,92%	0	12,84	10,51	15	24000
Polar	3,3	84,83%	0	20,7	18,45	5	10950
Metalquimia	8,77	59,68%	2,71	17,94	12,98	1	2190
TOTAL	22,19	69,93%			51,81	35	59540

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 8 se puede observar datos reales de producción de la empresa extraídos del ERP TOTVS, donde por equipo se toman las horas de producción y los kg producidos para comparar los datos con los propuestos en la secuencia.

Tabla 8. Datos reales secuencia de mezclado

MEZCLADO Equipo	REAL						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Laska3	4,43	70,95%	1,0	16,08	10,82	15	24000
Laska2	8,95	41,31%	0	16	6,30	8	12800
Polar	5,13	76,41%	2	23,38	16,62	4	8760
Metalquimia	5,73	73,66%	7	18,25	16,02	0,67	1460
TOTAL	24,24	63,98%			49,76	27,67	47020

Fuente. Elaboración propia

En la secuencia propuesta se culmina todo el programa de producción y quedan horas disponibles en los equipos, es decir, se cuenta con capacidad disponible para fabricar otros productos. En la ejecución real del programa en las mismas horas de la secuencia generada, solo se produce el 78,97% del plan.

7.2.1.2. PROCESO DE EMBUTIDO

Tabla 9. Datos propuestos secuencia de embutido

EMBUTIDO Equipo	PROPUESTA						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Hp10	4,14	72,85%	1,39	13,45	11,11	12	19200
Hp15	4,48	70,62%	1,39	13,35	10,77	11	17600
Hp25	7,43	33,63%	0,75	10,78	7,82	6	9600
Risco	15,51	28,69%	4,14	22,08	6,24	6	13140
TOTAL	31,56	56,12%			35,94	35	59540

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Datos reales secuencia de embutidos

EMBUTIDO Equipo	REAL						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Hp10	7,77	49,05%	3,0	16,52	7,48	7	11200
Hp15	4,77	68,72%	3,33	16,47	10,48	7	11200
Hp25	13,42	7,87%	6,5	20,20	1,83	3	6570
Risco	13	40,23%	5,50	23,25	8,75	3	6570
TOTAL	38,96	46,01%			28,54	20	35540

Fuente. Elaboración propia

En la propuesta el programa requiere 40,44 horas de producción, mientras que en el real con 41,74 horas de producción solo se ejecuta el 59,69%.

El modelo permite observar ineficiencias en el proceso lo cual afectan el cumplimiento del plan de producción. Las horas de inicio muestra unas ineficiencias en los equipos debido a que los turnos no empiezan a las 00.

El plan de producción requiere una utilización del 60,55% lo cual indica que se pueden reducir los turnos en los equipos para disminuir mano de obra y tiempos de ocio.

7.2.1.3. PROCESO HORNOS

Tabla 11. Datos propuestos secuencia de hornos

HORNOS Equipo	PROPUESTA					
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	N° CARROS
Maurer1	12,71	47,04%	2,37	23,98	11,29	29
Maurer2	16,81	29,96%	3,53	10,72	7,19	7
Vemag1	22,41	6,63%	3,23	4,82	1,59	4
Vemag2	20,05	16,46%	4,09	15,61	3,95	8
Vemag3	2,7	88,75%	2,57	23,87	21,3	100
Vemag4	5,73	76,13%	2,03	22,33	18,27	76
Talsa2	0	0,00%	0	0	0	0
Talsa3	19,88	17,17%	22,08	26,2	4,12	4
Talsa4	19,46	18,92%	12,94	17,48	4,54	3
TOTAL	119,75	33,45%			72,25	231,00

Fuente. Elaboración propia

Tabla 12. Datos reales secuencia de hornos

HORNOS Equipo	REAL					
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	N° CARROS
Maurer1	18,66	22,25%	14,27	18,83	5,34	11
Maurer2	19,27	19,71%	17,85	22,58	4,73	7
Vemag1	16,91	29,54%	3,5	17,40	7,09	23
Vemag2	8,72	63,67%	0,62	17,37	15,28	28
Vemag3	13,41	44,13%	0,30	24,07	10,59	57
Vemag4	14,33	40,29%	2,17	20,45	9,67	42
Talsa2	0	0,00%	0	0	24	0
Talsa3	22,08	8,00%	7,55	9,75	1,92	7
Talsa4	0	100,00%	0	0	24	0
TOTAL	113,38	36,40%			102,62	175,00

Fuente. Elaboración propia

El cumplimiento en este proceso fue de 75,75%. La utilización que muestran los hornos indica que se pueden apagar equipos para disminuir CIF y seguir cumpliendo con el plan de producción.

Las horas máquina reflejadas en producción nos permite definir el turno adecuado para el personal en cada área y así disminuir tiempos de ocio y aumentar la utilización de los equipos.

La metodología manual implementada hoy en la empresa Carnes Casablanca no permite el cumplimiento del programa por lo cual se genera retrasos en el plan de producción y horas extras para el cumplimiento del mismo, la secuencia automática nos permite tener mayor eficiencia disminuyendo tiempos de estacionamiento entre los procesos.

7.2.2. Resultados Día 2

7.2.2.1. PROCESO MEZCLADO

Con la información generada en la secuencia se puede observar los siguientes datos:

Tabla 13. Datos propuestos secuencia de mezclado

MEZCLADO Equipo	PROPUESTA						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Laska3	8,29	45,64%	0	9,66	6,96	14	22400
Laska2	5,58	63,41%	0	11,55	9,67	8	12800
Polar	10,47	51,86%	0	13,53	11,28	3	6570
Metalquimia	24	0,00%	0	0	0	0	0
TOTAL	48,34	52,06%			27,91	25	41770

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Datos reales secuencia de mezclado

MEZCLADO Equipo	REAL						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Laska3	4,14	72,85%	2,67	16,67	11,11	16	25600
Laska2	13,1	14,10%	1,50	13,75	2,15	4	6400
Polar	11	49,43%	1,00	15	10,75	3	6570
Metalquimia	19	12,64%	2,5	7,50	2,75	1	2190
TOTAL	47,24	56,62%			26,76	24	40760

Fuente. Elaboración propia

Con la metodología actual para secuenciar se cumple con el 97,58% del programa, sin embargo, con la secuencia propuesta se culmina todo el programa. Adicionalmente

quedan 1,1 horas más disponibles por lo cual la utilización de los mezcladores es más baja, dejando así más espacio para producir.

7.2.2.2. PROCESO DE EMBUTIDO

Tabla 15. Datos propuestos secuencia de embutidos

EMBUTIDO Equipo	PROPUESTA						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Hp10	7,68	49,64%	0,68	10,37	7,57	9	14400
Hp15	10,21	44,07%	0,61	9,61	6,72	6	9600
Hp25	12,52	11,74%	0	3,49	2,73	2	3200
Risco	16,32	24,97%	4,51	15,45	5,43	4	8760
TOTAL	46,73	38,77%			22,45	21	35960

Fuente. Elaboración propia

Tabla 16. Datos reales secuencia de embutidos

EMBUTIDO Equipo	REAL						
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	TANDAS	KG
Hp10	8,58	43,74%	4,17	21,3	6,67	8	12800
Hp15	5,94	61,05%	3,02	24	9,31	7	11200
Hp25	9,42	25,08%	3,00	11,58	5,83	2	4380
Risco	17,81	18,11%	9,08	15,27	3,94	2	4380
TOTAL	41,75	43,74%			25,75	19	32760

Fuente. Elaboración propia

En la propuesta se puede observar que la utilización de los equipos es más baja. El cumplimiento en la secuencia tradicional se ve afectada por paros que fueron

generados en los equipos por espera de procesos anteriores o posteriores, es decir, se generan estacionamientos entre procesos los cuales no son adecuados por calidad del producto. Solo se cumple con el 91,10% con la metodología actual.

7.2.2.3. PROCESO HORNOS

Tabla 17. Datos propuestos secuencia de hornos

HORNOS Equipo	PROPUESTA					
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	N° CARROS
Maurer1	11,46	52,25%	1,59	14,13	12,54	8
Maurer2	21,32	11,17%	5,27	7,95	2,68	4
Vemag1	24	0,00%	0	0	0	0
Vemag2	21,74	9,42%	5,27	7,53	2,26	4
Vemag3	10,07	58,04%	1,59	16,05	13,93	56
Vemag4	9,33	61,13%	2,2	17,86	14,67	74
Talsa2	24	0,00%	0	0	0	0
Talsa3	18,83	21,54%	3,33	19,57	5,17	5
Talsa4	21,09	12,13%	4,71	7,62	2,91	4
TOTAL	161,84	25,07%			54,16	155,00

Fuente. Elaboración propia

Tabla 18. Datos reales secuencia de hornos

HORNOS Equipo	REAL					
	T DISPO	UTILIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FIN	H PDN	N° CARROS
Maurer1	19,93	16,96%	11,80	15,87	4,07	4
Maurer2	19,33	19,46%	15,72	19,33	4,67	4
Vemag1	17,4	27,50%	3,23	16,60	6,6	20
Vemag2	13,33	44,46%	3,03	23,25	10,67	24
Vemag3	14,48	39,67%	3,4	19,17	9,52	42
Vemag4	17,75	26,04%	5,97	19,32	6,25	32
Talsa2	24	0,00%	0	0	0	0

Talsa3	18,56	22,67%	3,08	12,63	5,44	14
Talsa4	24	0,00%	0	0	0	0
TOTAL	168,78	21,86%			47,22	140,00

Fuente. Elaboración propia

Estos resultados también muestran la disponibilidad alta en este proceso, por lo cual lo más adecuado es apagar equipos ya que por capacidad no es necesario usar los 9 hornos en el proceso. Se cumple con el 90,32% con la metodología actual.

9 CONCLUSIONES

- Con la mejora en la secuenciación se puede aumentar los kg producidos en menos horas de producción, es decir, las utilizaciones de los equipos disminuyeron por lo cual no se requieren turnos tan amplios y no se necesitan la totalidad de equipos permitiendo apagar algunos de ellos y así minimizar CIF.
- Se pueden crear turnos intermedios en algunos procesos como embutido debido a que el inicio de los equipos no es a las 00, de esta forma se minimizan ineficiencias generadas por un paro por el proceso anterior de mezclado.
- De los resultados obtenidos se evidencia que los estacionamientos o los tiempos de espera entre procesos se disminuyen favoreciendo la disminución de Kg que puede tener el producto por espera.
- No es necesario fabricar las tandas del mismo producto en línea como se hacía actualmente ya que esto al no tener en cuenta el tiempo de producción del proceso posterior se generaba algunos paros por espera en los equipos. En el modelo propuesto se analiza el tiempo del proceso posterior generando así esperas mínimas en el proceso permitiendo procesos en línea.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Andrés Marcelo, R., & Xedis Esther, A. (2008). *Universidad Tecnológica de Bolívar, Aplicación de un procedimiento para la gestión del proceso de elaboración de embutidos en una micro empresa del sector cárnico de la ciudad de Cartagena: Aliprocar*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/1953>
- Carnes Casa Blanca. (1993). *Carnelly, Historia*. Obtenido de <https://www.carnelly.com.co/historia/>
- Cartagena, R. A. (s.f.). *Empresarial y Laboral*. Obtenido de Análisis y gestión de procesos: <https://revistaempresarial.com/empresas/analisis-y-gestion-de-procesos/>
- López, B. S. (19 de 10 de 2019). *Ingeniería industrial, capacidad de procesos*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/capacidad-de-procesos/>
- Oscar, G., & Laura, R. (2017). *Universidad Sergio Arboleda, Diseño del sistema de producción y operaciones para la línea de embutidos cárnicos en el grupo éxito*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11232/1128>
- Polonia, J. D. (s.f.). *Análisis del control de capacidad de proceso en líneas de producción de la empresa manufacturera-Cali*. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11742/T08886.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Revilla, J. M. (18 de 12 de 2013). *Las empresas sin sistemas automatizados tienen más problemas de rendimiento*. Obtenido de <https://www.itespresso.es/empresas-sin-sistemas-automatizados-mas-problemas-rendimiento-119247.html>
- Ruiz, V. L. (26 de 08 de 2014). *Ensayo de automatización industrial*.
- Silva, D. d. (20 de 01 de 2021). *Web Content & SEO Associate, LATAM. Automatización de procesos y sus beneficios*. Obtenido de <https://www.zendesk.com.mx/blog/automatizacion-de-procesos/>
- Federico Cristofani, D. e. (17 de 06 de 2020). *ATLAS CONSULTORA*. Obtenido de <https://www.atlasconsultora.com/calcular-capacidad-productiva/>
- Benalcázar López, J. A., & Wilches Garzón, P. E. (2010). *Análisis del trabajo en la fábrica de embutidos "La italiana" aplicado a las líneas de producción de embutidos*. Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/917/13/UPS-CT001888.pdf>

10. Anexos

10.1. Anexo 1

Resultados modelo matemático