



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Simulación a Eventos Discretos para la Evaluación del Desempeño de Procesos Productivos

Caso de estudio: Planta de polvos alimenticios

Estudiantes:

Camila Condon - 4.742.863-5

Patricio López - 5.026.488-2

Andres Rius - 4.845.489-9

Tutor:

Antonio Mauttone

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería
de la Universidad de la República en cumplimiento parcial
de los requerimientos para la obtención del título de
Ingeniería de Producción.

Montevideo, Uruguay

Febrero, 2025

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso y nos han brindado su apoyo incondicional.

En primer lugar, a nuestro tutor, Antonio Mauttone, por su guía experta, paciencia y valiosos consejos durante todo el desarrollo de este proyecto. Su conocimiento y compromiso fueron fundamentales para poder llevar a cabo este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería, por ofrecernos las herramientas y recursos necesarios para realizar este proyecto, así como por el ambiente académico que fomenta el crecimiento y la excelencia.

A nuestra contraparte, Santiago Spinelli, por su colaboración y disposición en cada momento, brindándonos la información y el apoyo necesario para avanzar en este estudio.

Finalmente, a nuestras familias y amigos, quienes nos apoyaron emocionalmente y nos dieron fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles. Su constante ánimo y comprensión fueron nuestro motor para alcanzar este objetivo.

Resumen

Este proyecto desarrolla un modelo de Simulación a Eventos Discretos (SED) en el software AnyLogic para evaluar el desempeño productivo de la Planta N°1 de Industrias Alimentarias Cambay S.A. Dicha planta se dedica a la producción de una amplia variedad de polvos alimenticios, incluyendo flanes, gelatinas, premezclas y productos a granel, organizando el trabajo en estaciones.

La planificación de la producción enfrenta desafíos debido a la diversidad de productos, la polifuncionalidad de los recursos —tanto humanos como de equipamiento— y la variabilidad en el tamaño de los lotes y la demanda. Además, la secuenciación de la producción depende de múltiples variables y de la disponibilidad de productos semi-elaborados, lo que dificulta anticipar manualmente los tiempos de ciclo y el impacto de cada decisión.

Para abordar esta complejidad, se optó por un modelo SED con tiempos determinísticos, dado que la naturaleza del proceso permite representar con precisión los tiempos de operación sin recurrir a distribuciones probabilísticas. El modelo desarrollado replica el flujo completo de producción, desde la recepción de materias primas hasta el envasado final, considerando restricciones de capacidad, secuenciación de órdenes y uso compartido de recursos.

A partir del modelo base, que representa el estado actual del sistema, se diseñaron distintos experimentos para evaluar alternativas de configuración que potencialmente mejoren el desempeño del sistema. Se analizaron respuestas de interés relevantes en la industria, como la utilización de recursos, los tiempos de espera en las colas debido a la falta de recursos disponibles y la acumulación de órdenes en diferentes etapas del proceso.

El análisis permitió identificar los potenciales cuellos de botella y proponer ajustes que mejoran la eficiencia sin generar sobrecargas innecesarias, todo en un entorno simulado y seguro que no afectó la operación real. Esto permitió explorar alternativas y evaluar su impacto antes de una posible implementación.

Palabras clave: Simulación a Eventos Discretos, planificación y programación de la producción, AnyLogic, cuellos de botella, diseño de experimentos, estaciones de trabajo.

Índice

Agradecimientos	1
Resumen	3
1. Introducción	7
1.1. Contexto y motivación	7
1.2. Objetivos	8
1.3. Estructura del documento	9
2. Antecedentes	11
2.1. Caso de estudio	11
2.2. Descripción del área de estudio: Planta de Polvos	11
2.3. Revisión bibliográfica	14
3. Marco Teórico	17
3.1. Dominio Industrial	17
3.1.1. Planificación y Programación	17
3.1.2. Productos (SKUs) y OPs	19
3.1.3. Balance de línea	20
3.1.4. Cuello de botella	20
3.1.5. Balance de stock WIP	21
3.1.6. Uso de MRP y ERP	21
3.2. Simulación a Eventos Discretos	22
3.2.1. Tipos de Simulación	23
3.2.2. Componentes del modelo	24
3.2.3. Estructuración del modelo	26
3.2.4. Verificación y Validación del modelo	26
3.2.5. Software de Simulación	28
3.2.6. Modelado SED en AnyLogic	30
3.2.7. Análisis de salidas	31
3.2.8. Experimentación 2^k factorial	33
4. Definición del Problema	35
4.1. Límites del sistema	35
4.2. Enfoque propuesto	38
5. Especificación del Modelo	41
5.1. Organización del sistema productivo	41
5.1.1. Clasificación de SKUs	41
5.1.2. Clasificación de OPs	41
5.1.3. Planes de producción	43
5.1.4. Flujo operativo actual	44
5.2. Modelo en AnyLogic	46
5.2.1. Base de datos	47

5.2.2. Estructura estática	49
5.2.3. Estructura dinámica	51
5.2.4. Medidas de interés	58
6. Verificación y Validación	61
6.1. Técnicas de Verificación	61
6.2. Validación	64
6.2.1. Validación inicial con órdenes pequeñas	64
6.2.2. Validación incremental con planes de producción semanales . .	64
7. Experimentación	67
7.1. Diseño de experimentos	67
7.2. Caso base [0]	70
7.2.1. Identificación del cuello de botella en el sistema	71
7.2.2. Desbalance de línea	72
7.3. Análisis de resultados	72
7.3.1. Casos de interés	74
8. Recomendaciones de gestión	79
8.1. Configuración propuesta del sistema	79
8.2. Utilización de herramientas de planificación	81
9. Conclusiones	83
9.1. Posibles extensiones	84
Bibliografía	87
A. Presentación Relevamiento y análisis bibliográfico (Hito 1)	90
B. Metodología del proyecto	107
B.1. Fases del proyecto	107
B.2. Acta de constitución del proyecto	109
B.3. Cronograma del proyecto	113
C. Base de datos	115
D. Modelo estático 2D simplificado	122
E. Modelo dinámico	125
F. Diagrama de Estados	127