



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

“Evaluación de una línea de producción de embutidos utilizando Simulación en SIMIO y la teoría de Triz para proponer estrategias de mejora en las células de trabajo”

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

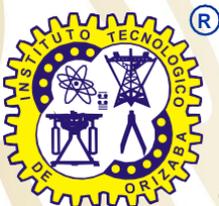
Ing. Marisol Hernández Bonilla

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Guillermo Cortés Robles



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

ENERO 2021



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba
Div. de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Ver., 20-Enero-2021
Dependencia: División de Estudios de
Posgrado e Investigación

Asunto: Autorización de Impresión
OPCIÓN: I

MARISOL HERNANDEZ BONILLA
Candidata a Grado de Maestro
en Ingeniería Industrial
Presente

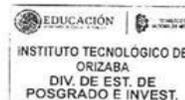
De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"Evaluación de una línea de producción de embutidos utilizando Simulación en SIMIO y la teoría de Triz para proponer estrategias de mejora en las células de trabajo"

Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DR. MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRÍGUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



MLAR/cecs



Avenida Oriente 9 No. 852
Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz, México.
Teléfono: 272-110-53-60
Email: cyd_orizaba@tecnm.mx
www.orizaba.tecnm.mx





Orizaba, Ver., 30/Noviembre/2020

ASUNTO: **Revisión de trabajo escrito**

C. MARIO LEONCIO ARRIJOJA RODRÍGUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E . -

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

HERNANDEZ BONILLA MARISOL
No. DE CONTROL: **M12010077**

La cual lleva el título de:

Evaluación de una línea de producción de embutidos utilizando Simulación en SIMIO y la teoría de Triz para proponer estrategias de mejora en las células de trabajo

y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: M.C. Constantino G. Moras Sánchez

SECRETARIO: Dr. Guillermo Cortés Robles

VOCAL: Dr. Alberto A. Aguilar Lasserre

VOCAL SUP.: M.C. Magno Angel González Huerta

EGRESADO (A) DE LA **MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL.**

OPCION: **I Tesis**



Agradecimientos

Amado dios gracias por ayudarme a concluir esta meta por ser mi guía y eterna compañía. En tus manos pongo mi vida, la vida de mi familia y mis amigos. Posteriormente, dedico mi tesis a mi familia, en especial a mis abuelos que aunque ya no estén presentes para expresarles lo mucho que los amo quiero decirles gracias, por aquellos momentos y consejos que siempre tenía para mí, eternamente los llevaré en mi corazón. A mi madre, pues este logro es gran parte gracias a ti, por tus regaños que se volvieron consejos, por tu apoyo y cariño he logrado cumplir todos mis retos; nunca terminaría de agradecerte todo lo que me has dado, mis más sinceras gracias, te amo mamá.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT- México) le agradezco por permitirme ser becario con el número (CVU/Becario): 920933 y con este apoyo obtener el grado de Maestro en Ingeniería Industrial. Así mismo, un agradecimiento a mi Tecnológico Nacional de México/ITO que fue mi segundo hogar durante mi crecimiento como profesionista, a la División de Estudios de Posgrado e Investigación les agradezco las atenciones prestadas durante mi estancia en sus instalaciones.

Un especial agradecimiento a mi director de tesis el M.C. Gerardo Constantino Moras Sánchez por su gran apoyo durante toda mi formación y realización de este proyecto. Gracias por compartir sus conocimientos, por el tiempo brindado hacia mi persona, y por su comprensión. Bendiciones para usted y su familia.

Agradezco a mis Co-Directores al Dr. Guillermo Cortés Robles y al Dr. Alberto A. Aguilar Lasserre por su contribución a mi tesis y formación académica. A mi profesor y coordinador el M.C. Magno Ángel González Huerta por brindarme la oportunidad para estudiar esta Maestría. Muchas gracias maestro.

- A todos mis profesores durante mi formación en la maestría, ustedes con sus conocimientos me brindaron técnicas, herramientas y sabiduría para poder enfrentar cualquier problema en el campo laboral, gracias infinitas.

- Agradezco a la empresa que permitió que se llevara a cabo este proyecto, por darme entrada a sus instalaciones, brindarme su apoyo y compartir su experiencia para que la empleara en mi tesis.

- A mi compañero y amigo Jesús, por brindarme su amistad y solidaridad en el transcurso de esta etapa de mi vida, bendiciones para ti hermano.

- A mis compañeros de la maestría: Javier, Rodrigo, Eduardo, Carlos Edu y a mi hermosa amiga Verónica por su amistad y lealtad.

*Todos los triunfos nacen
cuando nos atrevemos
a comenzar.*

Eugene War.

Resumen

De acuerdo con la presidenta del consejo Mexicano de la carne (*Comecarne*), Carla Suárez Flores (*Universal, 2018*) en México la salchicha ocupa el primer lugar en la lista de consumo de embutidos en el país, seguida por el jamón, chorizo y mortadela. El consumo per cápita de embutidos en el país va al alza, porque mientras en 2011 fue al mes de 7.8 kilos por persona, en 2017 la cifra subió al mes a 8.6 kilos, por otro lado el año pasado según el INEGI, la producción nacional de esta industria fue de 863 mil toneladas, con un valor de 28 mil millones de pesos.

El presente estudio consiste en primero observar todo el proceso de producción desde la llegada de materia prima hasta la entrada al almacén de producto terminado, para modelar el sistema de producción de cárnicos con simulación discreta y analizar el desempeño respecto a cuellos de botella, utilización de recursos, cantidad de producción y porcentaje de capacidad de las máquinas. Posteriormente, la segunda fase de este análisis consiste en modificar la mesa de trabajo empleada en la etapa de pelado de la línea de producción de salchicha, mediante la aplicación de herramientas de la metodología TRIZ, con el propósito de determinar la siguiente fase de diseño del producto que se pretende construir, utilizando como base los principios de las diferentes tendencias de evolución. Cabe resaltar en este punto que existen máquinas similares que realizan esta tarea pero con costos muy elevados que le son imposibles adquirir en este momento a la empresa. Seguidamente, se muestra la búsqueda de patentes correspondientes a la mesa de trabajo y se describe a detalle el prototipo desarrollado, anexando sus respectivos diagramas y matrices AHP, QFD y FAST.

Finalmente, las pruebas y validación del diseño de la mesa multifuncional de trabajo, nuevamente se realizará en el software SIMIO con el propósito de plantear diferentes escenarios y conocer la utilidad adquirida para la empresa.

Abstract

According to the president of the Mexican meat council (Comecarne), Carla Suárez Flores (Universal, 2018) in Mexico, sausage occupies the first place on the list of sausages consumption in the country, followed by ham, chorizo and mortadella. The per capita consumption of sausages in the country is on the rise, because while in 2011 it was 7.8 kilos per person per month, in 2017 the figure rose to 8.6 kilos per month. On the other hand, last year according to INEGI, the national production of this industry was 863 thousand tons, with a value of 28 thousand million pesos.

This study consists of first observing the whole production process, from the arrival of raw material at the entrance to the finished product warehouse, to model the meat production system with discrete simulation and to analyze the performance regarding bottlenecks, use of resources, production quantity, and the percentage of machines capacity. The second phase of this analysis consists of modifying the work table used in the peeling stage of the sausage production line, through the application of TRIZ methodology tools, in order to determine the next phase of product design that it is intended to be built, using as a basis the principles of the different evolutionary trends. It should be noted at this point that there are similar machines that perform this task but with very high costs that it is impossible to acquire them at this time by the company. Subsequently, the search for patents corresponding to the work table is shown and the developed prototype is described in detail, attaching their respective AHP, QFD and FAST diagrams and matrices.

Finally, the tests and validation of the design of the multifunctional work table will again be carried out with the SIMIO software with the purpose of proposing different scenarios and economic profit for the company.

Contenido	
Resumen	i
Abstract.....	ii
Contenido de Figuras.....	vi
Contenido de Tablas	ix
Contenido de Gráficas	x
Contenido de Ecuaciones	xi
Introducción.....	1
Planteamiento del problema	3
Objetivos.....	4
Objetivo general	4
Objetivos particulares.....	4
Justificación.....	5
Hipótesis.....	5
Capítulo I. Generalidades	6
1.1 Generalidades de la empresa.....	6
1.1.1 Historia	6
1.1.2 Misión.....	7
1.1.3 Visión	7
1.1.4 Valores.....	7
1.1.5 Ubicación.....	8
1.1.6 Productos	8
Capítulo II. Marco Teórico.....	9
2.1 Simulación	9
2.1.1 Introducción a la simulación	9
2.1.2 Definición de la Simulación.....	10
2.1.3 Clasificación de los modelos de Simulación.....	10
2.1.3.1 Modelo discreto.....	11

2.1.3.2 Modelo continuo.....	11
2.1.3.3 Modelo probabilístico.....	11
2.1.3.4 Modelo determinístico.....	11
2.1.3.5 Modelo estático	11
2.1.3.6 Modelo dinámico.....	11
2.1.3.7 Modelo Estocástico	11
2.1.4 Características de la simulación.....	12
2.1.4.1 La razón de la simulación.....	12
2.1.5 Ventajas y desventajas de la simulación	12
2.1.6 Beneficios de la simulación	14
2.1.7 Áreas de aplicación	14
2.1.8 Metodología de la Simulación	15
2.1.9 Pruebas de bondad de ajuste	17
2.1.9.1 Prueba Chi-cuadrada X^2	17
2.1.9.2 Prueba Kolmogorov-Smirnov	18
2.1.9.3 Prueba Anderson- Darling.....	20
2.1.10 Selección de distribuciones en ausencia de datos.	21
2.1.10.1 Procedimiento heurístico basado en la distribución triangular.....	21
2.1.10.2 Procedimiento heurístico basado en la distribución beta	22
2.1.11 Verificación y validación del modelo de simulación	23
2.1.12 Pruebas estadísticas para comparar datos reales contra datos simulados.	23
2.1.13 Determinación del número óptimo de corridas	25
2.2 Simulation Modelling Based On Intelligent Objects (SIMIO)	25
2.2.1 Introducción a SIMIO	25
2.2.2 Elementos de SIMIO.....	27
2.2.2.1 Objetos.....	27
2.2.2.2 Biblioteca de proyectos	28
2.2.2.3 Biblioteca de objetos estándar	29
2.2.3 Procesos en SIMIO	30
2.2.3.1 Procesos estándar.....	31
2.2.4 Elementos estadísticos en SIMIO	32

2.3.1 Modelo KANO.....	33
2.3.2 Objetivos del Modelo KANO	33
2.3.3 Cómo funciona el Modelo KANO.....	33
2.3.4 Gráfico del Modelo de Kano.....	34
2.3.5 Proceso de Analisis Jerárquico-AHP	35
2.3.6 Ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio.....	36
2.3.7 QFD.....	37
2.3.8 Análisis Funcional (FAST)	37
2.3.9 Diagrama FAST	38
2.3.10 Premisa.....	41
2.3.11 Condiciones del TRIZ.....	42
2.3.12 Tendencia Evolutiva.....	42
2.3.13 Exploración en la base de datos de patentes.....	43
2.3.14 Prototipo	43
Capítulo III. Metodología	44
3.1 Introducción.....	44
3.2 Metodología de la Simulación	44
3.2.1 FASE 1: Análisis Inicial.....	45
3.2.1.1 Formulación del problema.	45
3.2.1.2 Objetivos.	45
3.2.1.3 Áreas Piloto	46
3.2.2 FASE 2: Construcción del modelo de simulación	51
3.2.2.1 Recolección de datos	51
3.2.2.2 Ajuste estadístico de datos	53
3.2.2.3 Elaboración del modelo en SIMIO.....	55
3.2.3 FASE 3: Evaluación del modelo de Simulación	62
3.2.3.1 Validación	62
3.2.3.2 Análisis de KPI'S	67
3.1.2 FASE 4: Diseño de experimentos	80
3.1.2.1 Creación y evaluación de diferentes escenarios	80

3.1.3 FASE 5: Análisis de resultados.....	80
3.1.3.1 Análisis de KPI'S finales.	80
3.1.4 FASE 6: Documentación e implementación de resultados	80
Capítulo IV. Propuestas de mejora.....	81
Modelación y análisis	81
4.1 Introducción.....	81
4.2 Modelado y análisis de escenarios de mejora	83
4.2.1 Alternativa 1.....	83
4.2.1.1 FASE 1: Analisis inicial	83
4.2.1.2 FASE 2: Construcción del modelo de simulación.....	84
4.2.1.3 FASE 3: Evaluación del modelo de simulación - Alternativa 1.....	90
4.2.1.4 FASE 4: Análisis de resultados	91
4.2.2 Alternativa 2.....	99
4.2.2.1 FASE 1. Búsqueda de patentes.....	100
4.2.2.2 FASE 2. Determinar los atributos de la mesa multifuncional.....	100
4.2.2.3 FASE 3. Aplicar el QFD	100
4.2.2.4 FASE 4. Llevar a cabo el Análisis Funcional	101
4.2.2.5 FASE 5. Aplicación de TRIZ.....	101
4.2.2.6 FASE 6. Realizar el diseño conceptual	101
4.2.2.7 Desarrollo de la metodología.	101
Conclusiones y Recomendaciones	143
Referencias bibliográficas.....	147
Anexo 1	149
Grabación de video en Software SIMIO	149
Anexo 2	154
Planos de la innovación de la mesa multifuncional en SolidWorks.....	154

Contenido de Figuras

Figura 1.1 Visualización satelital de la planta (Google Maps, 2020).....	8
Figura 2.1 Metodología de la simulación (Law y Kelton ,2000).....	16
Figura 2.2 Prueba Kolmogorov-Smirnov (Moras, 2017)	19

Figura 2.3 Distribución triangular (Moras, 2017).....	22
Figura 2.4 Ejemplo de un modelo en SIMIO vista 2D (SIMIO, 2019)	26
Figura 2.5 Ejemplo de un modelo de simulación en Simio en vista 3D (SIMIO, 2019).....	27
Figura 2.6 Biblioteca de Proyectos en SIMIO, (SIMIO, 2019).....	29
Figura 2.7 Diagramas de flujo para la realización de procesos en SIMIO, (SIMIO, 2020). ..	31
Figura 2. 8 Gráfico-Modelo KANO (Roldán, 2020).	35
Figura 2.9 Esquema de solución de problemas usando TRIZ (Florineschi, 2018).....	41
Figura 2.10 Estrategia básica de TRIZ (Florineschi, 2018).....	42
Figura 3.1 Metodología propuesta para la simulación de la línea de embutidos (elaboración Propia).....	44
Figura 3.2 Diagrama del Proceso General de Salchicha (elaboración Propia).	46
Figura 3.3 Máquina-Mezcladora (elaboración Propia).....	47
Figura 3.4 Máquina de Embulsificado y embutido (elaboración Propia).....	48
Figura 3.5 Horno-Parte delantera (elaboración Propia).....	48
Figura 3.6 Mesa de segmentación (elaboración Propia).....	49
Figura 3.7 Máquina de Empaquetado (elaboración Propia).	50
Figura 3.8 Recepción y etiquetado de lotes de salchichas (elaboración Propia)	50
Figura 3.9 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de mezclado (elaboración Propia).	53
Figura 3.10 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de embutido (elaboración Propia)	54
Figura 3.11 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Hornos (elaboración propia)	54
Figura 3.12 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Pelado (elaboración propia)	55
Figura 3.13 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Empaquetado (elaboración propia).....	55
Figura 3.14 Ambiente de Trabajo Principal de Software Simio (elaboración propia)	56
Figura 3.15 Ambiente de Procesos en Software SIMIO (elaboración Propia).	57
Figura 3.16 Simulación 2D Vista planta (elaboración propia).	59
Figura 3.17 Simulación 3D Vista lateral de la empresa (elaboración Propia).	59
Figura 3.18 Simulación 3D Vista frontal de la empresa (elaboración Propia).	59
Figura 3.19 Simulación 3D Vista trasera de la empresa (elaboración propia). 60	60
Figura 3.20 Área de Materia Prima (elaboración propia).	60
Figura 3.21 Área de Mezclado (elaboración propia).	60
Figura 3.22 Área de Embutido (elaboración propia).	61
Figura 3.23 Área de Hornos (elaboración propia)	61
Figura 3.24 Área de Pelado y embutido (elaboración propia).....	61

Figura 3.25 Área de Producto terminado.....	62
Figura 3.26 Interfaz de los resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO (elaboración propia).....	62
Figura 4.1 Área de segmentación y apilamiento (elaboración propia).....	82
Figura 4.2 Mesa de trabajo (elaboración propia).....	82
Figura 4.3 Simulación 2D vista superior-primera sección (elaboración propia).....	86
Figura 4.4 Simulación 2D vista superior-segunda sección (elaboración propia).....	87
Figura 4.5 Simulación 2D vista superior-tercera sección (elaboración propia).....	87
Figura 4.6 Simulación 3D Vista frontal de la empresa (elaboración propia).....	87
Figura 4.7 Área de recepción de Materia Prima (elaboración propia).....	88
Figura 4.8 Área de Mezclado (elaboración propia).....	88
Figura 4.9 Área de Embutido (elaboración propia).....	88
Figura 4.10 Área de Hornos (elaboración propia).....	89
Figura 4.11 Área de Pelado y Embutido (elaboración propia).....	89
Figura 4.12 Área de Producto Terminado (elaboración propia).....	89
Figura 4.13 Interfaz de resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO - alternativa 1.....	90
Figura 4.14 Diagrama de la Metodología a aplicar en la alternativa 2 / innovación de la mesa de trabajo (elaboración propia).....	100
Figura 4.15 QFD de la empresa (elaboración propia, 2020).....	109
Figura 4.16 Analisis Funcional (elaboración propia, 2020).....	110
Figura 4.17 Bill of Materials para la mesa multifuncional (elaboración propia 2020).....	120
Figura 4.18 Diseño prototipo de la mesa multifuncional propuesta para la alternativa 2 (elaboración propia 2020).....	122
Figura 4.19 Divisiones de la mesa multifuncional propuestas para la alternativa 2 (elaboración propia 2020).....	122
Figura 4.20 Simulación 3D producto terminado (elaboración propia).....	126
Figura 4.21 Vista lateral del área de pelado (elaboración propia).....	126
Figura 4.22 Vista frontal del área de pelado (elaboración propia).....	127
Figura 4.23 Área de empaquetado y producto terminado (elaboración propia).....	127
Figura 4.24 Vista del área de pelado al interior de la planta (elaboración propia).....	127
Figura 4.25 Interfaz de resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO - alternativa 2.....	128
Figura 4.30 Estado de ganancias y pérdidas-modelo actual (elaboración propia).....	142
Figura 4.27 Estado de ganancias y pérdidas-alternativa 2 (elaboración propia).....	142

Figura A.1 Cinta de opciones de la pestaña view (elaboración propia).	149
Figura A.2 Compresión de video (elaboración propia)	150
Figura A.4 Prism, convertidor de archivos de vídeo (NCH-Software,2019)	151
Figura A.6 Pantalla de navegación de Software Video Pad (NCH-Software,2019)	153
Figura A.7 Ventana de Tutoriales del Software VideoPad (NCH-Software, 2019).....	154

Contenido de Tablas

Tabla 2.1 Valores Críticos $C1-\alpha$ para la prueba Kolmogorov-Smirnov.....	20
Tabla 2.2 Tipos de objetos en SIMIO	28
Tabla 2.3 Descripción de objetos estándar en SIMIO parte A.	29
Tabla 2.3 Descripción de objetos estándar en SIMIO parte B	30
Tabla 2.4 Escala de preferencias.....	36
Tabla 2.5 Herramientas Inventivas.....	40
Tabla 3.1 Ingredientes necesarios para 4 toneladas.....	47
Tabla 3.2 Componentes necesarios para 1 tonelada	48
Tabla 3.3 Base de Datos-Ingreso de materia prima.....	52
Tabla 3.4 Base de Datos-Ingreso y Egresos de Producción.	52
Tabla 3.5 Pruebas de bondad de ajuste en la LP de salchicha.....	53
Tabla 3.6 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Mezclado	63
Tabla 3.7 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Embutido.	64
Tabla 3.8 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Hornos.	64
Tabla 3.9 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Hornos. 64	
Tabla 3.10 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Pelado.	65
Tabla 3.11 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI´s en la Célula de Empaquetado.	65
Tabla 3.12 Tabla de Resultados de la prueba t-pareada.....	66
Tabla 3.13 Número de corridas óptimo para cada variable de interés.....	67
Tabla 3.14 Resultados de las corridas de Simulación la máquina de embutido	70
Tabla 3.15 Resultados de las corridas de Simulación del área de hornos.....	73
Tabla 3.16 Resultados de las corridas de Simulación del área de pelado.....	76
Tabla 3.17 Resultados de las corridas de Simulación en el área de producto terminado.	79
Tabla 4.1 Pruebas de bondad de ajuste en la LPS - Alternativa 1.	85
Tabla 4.2 Resultados de la simulación de las dos máquinas de Pelado de la alternativa 1. ..	92
Tabla 4.3 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 1 en el área de producto terminado.	98
Tabla 4.4 Demandas primarias de la mesa multifuncional para la alternativa 2.	102
Tabla 4.5 Jerarquización de atributos para la alternativa 2.....	102
Tabla 4.6 Escala de ponderación AHP para la alternativa 2.....	103
Tabla 4.7 Desarrollo del método AHP para la alternativa 2.	103
Tabla 4.8 Nomenclatura A2.....	103

Tabla 4.9 Demanda/Ponderación.....	103
Tabla 4.10 Porcentajes de importancia de cada elemento para la alternativa 2.....	104
Tabla 4.11 Resultados de la Metodología AHP aplicada a la alternativa 2.....	104
Tabla 4.12 Características secundarias de la mesa multifuncional alternativa 2.....	105
Tabla 4.13 Jerarquización por ponderación del AHP aplicado en la alternativa 2.....	106
Tabla 4.14 Simbología FAST.....	110
Tabla 4.15 Relaciones entre los componentes de la mesa multifuncional.....	110
Tabla 4.16 Patentes relacionadas con el diseño de la mesa multifuncional.	112
Tabla 4.17 Recurso de espacio de la mesa de trabajo del área de pelado Alternativa 2.....	118
Tabla 4.18 Recursos necesarios de sustancia necesarios para la mesa de trabajo.....	119
Tabla 4.19 Parámetros de evaluación para la mesa multifuncional.....	120
Tabla 4.20 Contradicciones físicas necesarias de la mesa multifuncional.	121
Tabla 4.21 Pruebas de bondad de ajuste en la LPS – Alternativa.....	124
Tabla 4.22 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 2 en el área de pelado.	130
Tabla 4.23 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 2 en el área de producto terminado.	131
Tabla 4.24 Porcentaje de utilización del modelo actual vs alternativas propuestas en el área de pelado.....	133
Tabla 4.25 Tiempo de producción del modelo actual vs alternativas propuestas en el área de pelado.....	134
Tabla 4.26 Tiempo muerto del modelo actual vs alternativas propuestas para el área de pelado.	136
Tabla 4.27 KIP’S finales –número de pallets.	138
Tabla 4.28 KIP’S finales –excedentes de paquetes.	140
Tabla A.1 Comandos usados en la grabación de video en software SIMIO.	150

Contenido de Gráficas

Gráfica 3.1 Tiempo de producción en el área de Embutido por día.....	68
Gráfica 3.2 Porcentaje de utilización en el área de Embutido por día.....	69
Gráfica 3.3 Tiempo muerto en el área de Embutido por día.....	69
Gráfica 3.4 Tiempo de producción en el área de Hornos por día.....	71
Gráfica 3.5 Porcentaje de Utilización en el área de Hornos por día.....	71
Gráfica 3.6 Tiempo muerto en el área de Hornos por día.	72
Gráfica 3.7 Tiempo Producción en el área de Pelado por día.	74
Gráfica 3.8 Porcentaje de utilización en el área de Pelado por día.....	75
Gráfica 3.9 Tiempo muerto en el área de Pelado por día.....	75
Gráfica 3.10 Total de salchichas por cada día de producción Simulado en SIMIO.....	77
Gráfica 3.11 Excedente de producción por cada día Simulado en SIMIO.....	78
Gráfica 4.1 Tiempo de producción alternativa 1 MAQ-1.....	93
Gráfica 4.2 Tiempo de producción alternativa 2 MAQ-2.....	93
Gráfica 4.3 Porcentaje de utilización MAQ-1.	94
Gráfica 4.4 Porcentaje de utilización MAQ-2.	94
Gráfica 4.5 Tiempo muerto MAQ-1.....	95
Gráfica 4.6 Tiempo muerto MAQ-2.....	95

Gráfica 4.7 Total de salchichas por cada día de producción Simulado en SIMIO – A1.	96
Gráfica 4.8 Excedente de producción por cada día Simulado en SIMIO - A1.....	97
Gráfica 4.9 Comparación del porcentaje de utilización del área de pelado.....	132
Gráfica 4.10 Comparación del tiempo de procesamiento del área de pelado.....	135
Gráfica 4.11 Comparación del tiempo muerto en el área de pelado.....	135
Gráfica 4.12 Comparación del número de pallets en el área de producto terminado.	137
Gráfica 4.13 Comparación de excedentes de paquetes en el área de producto terminado. ..	139

Contenido de Ecuaciones

(Capítulo II Ec. 1).....	18
(Capítulo II Ec. 2).....	18
(Capítulo II Ec. 3).....	19
(Capítulo II Ec. 4).....	19
(Capítulo II Ec. 5).....	24
(Capítulo II Ec. 6).....	25
(Capítulo II Ec. 7).....	22
(Capítulo II Ec. 8).....	22
(Capítulo II Ec. 9).....	24
(Capítulo II Ec. 10).....	24
(Capítulo II Ec. 11).....	24
(Capítulo II Ec. 12).....	22
(Capítulo II Ec. 13).....	24
(Capítulo II Ec. 14).....	24
(Capítulo II Ec. 15).....	24
(Capítulo II Ec. 16).....	25
(Capítulo III Ec. 1)	66

Introducción

En la actualidad, toda empresa enfrenta diversos cambios que les demandan la búsqueda constante de nuevas alternativas, máquinas y equipos de tecnología de punta que les permitan tener una ventaja competitiva que los posicione y distinga en el mercado. La experiencia ha demostrado que lo que una compañía necesita para sobrevivir es innovar sistemáticamente sus productos, procesos o servicios (Sebastián, 2012). Esto es posible a través de la materialización de nuevas ideas o conceptos en productos, servicios o procesos con el objetivo de incrementar la productividad (Orloff, 2008). Un elemento esencial de la innovación es su exitosa aplicación en el ámbito comercial. Para innovar no sólo se requiere de inventar algo, sino también introducir este nuevo producto en el mercado, de forma tal que las personas puedan disfrutar del mismo. De acuerdo a diferentes Asociaciones Nacionales de Industrias de la Carne nos dicen que es de gran importancia considerar a la innovación como una estrategia de mejora continua en la industria cárnica ya que cumplen los siguientes objetivos: aumentan la competitividad y la sostenibilidad del sector, así como también la adaptación a las nuevas tendencias del consumidor (ANICE, 2019).

El presente proyecto de tesis se llevó a cabo en una empresa productora de embutidos. Durante este estudio una de las metodologías a utilizar para resolver el problema consiste en la creación de un modelo de simulación de eventos discretos, que imite uno de los procesos de producción más importante en dicha empresa. Mediante los experimentos y resultados generados por el modelo de simulación se obtendrá información suficiente para la aplicación de técnicas y la creación de una o varias mejoras al proceso.

Este proyecto presenta los resultados de la utilización de herramientas de Ingeniería Industrial, mediante simulación y la metodología de TRIZ, aplicados a uno de los procesos de producción de una empresa de embutidos. El problema de estudio corresponde al análisis en la línea tres correspondiente al producto denominado salchicha en el cual se determinarán y examinarán cuellos de botella, tiempos perdidos en la etapa de pelado, método de selección y apilamiento para poder ser procesado a la última etapa de producción que es el área de empaquetado. Cabe destacar que la simulación de la línea de producción en el software SIMIO es una herramienta

de apoyo a la toma de decisiones que en combinación con la teoría TRIZ o Teoría de Resolución de Problemas Inventivos se obtendrían ventajas competitivas para la empresa.

El trabajo está estructurado de la siguiente forma: En el capítulo 1 se presentan las generalidades de la empresa donde se realizó el proyecto, las generalidades del proyecto, el estado del arte, el alcance, la justificación y la hipótesis. El Capítulo 2 presenta el marco teórico de dicho proyecto. El capítulo 3 muestra los resultados de la simulación en SIMIO. El capítulo 4 aborda las alternativas de mejora, la búsqueda de patentes, la aplicación de TRIZ y sus respectivos diagramas y matrices AHP, QFD y FAST de igual forma la modelación en 3D con el software SIMIO en apoyo a la toma de decisiones. Para finalizar se muestran las conclusiones derivadas del uso de simulación y la teoría de TRIZ como el impacto directo en la línea de producción y en la economía de la empresa.

Los resultados esperados de la implementación del presente proyecto son: añadir flexibilidad y confiabilidad a la producción, satisfacer mejor las necesidades y requisitos de los clientes, responder más rápido a la variación de la demanda, reducir el desperdicio y reducir los costos. Esto se traduce en mayor competitividad, más contratos o pedidos obtenidos, mayores beneficios económicos y supervivencia de la empresa.

Planteamiento del problema

La empresa donde se desarrolló la tesis actualmente cuenta con una variedad de productos; sin embargo, la salchicha debido a su versatilidad en el mercado es un embutido que genera un gran margen de ganancia para la empresa, no obstante también es la línea de producción con problemáticas y un número eminente de personal, lo que ha generado la contratación excesiva de operarios sin obtener grandes resultados en la línea de producción.

Para que la empresa entregue a tiempo su producción sin la necesidad de contratar más personal, es preciso evaluar y analizar la línea de producción, para proponer alternativas de mejora que permitan reducir operarios, eliminar cuellos de botella y lograr adecuados flujos de producción en todas sus etapas.

El proyecto de investigación considera implementar mediante TRIZ, una metodología de innovación que permita aplicar soluciones factibles a la línea de producción de salchichas y con el soporte de los principios inventivos favorezca su validación en patentes a nivel mundial, para proponer alternativas de solución que permitan reducir al menos un 35% de los operarios, eliminar cuellos de botella, deducir tiempos de procesamiento de manera significativa y lograr un adecuado flujo del producto a su etapa final que es empaquetado. En este documento se muestra la aplicación de la metodología de simulación (*propuesta por Law y Kelton*) para construir los modelos en el software SIMIO y así describir lo relativo a la validación de escenarios planteados en la línea de producción.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la línea de producción de salchichas con el software SIMIO para presentar estrategias de mejora e implementar la metodología de TRIZ con el propósito de innovar algunas áreas, disminuir tiempo ocioso en las máquinas, deducir el tiempo de procesamiento como la reducción de operarios en la línea de producción, resultados que se verán reflejados monetariamente para la empresa.

Objetivos particulares

- Desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos mediante herramientas estadísticas para identificar las áreas de mejora en la línea tres correspondiente a la producción de salchichas.
- Elaboración de un modelo de simulación en SIMIO para evaluar la línea de producción.
- Desarrollo de propuestas de alternativas de mejora mediante SIMIO con la autorización del dueño y directivo de la empresa.
- Exploración en la base de datos de patentes.
- Identificación de las necesidades del cliente mediante un Modelo KANO.
- Determinación de la jerarquización de las características primarias y las características secundarias, mediante un modelo AHP (Proceso de Análisis Jerárquico).
- Identificación de las necesidades y expectativas de los clientes para priorizar la satisfacción de estas expectativas en función de su importancia, mediante un modelo QFD.
- Detallar la estructura funcional del sistema técnico, mediante el diagrama FAST.
- Aplicación de la metodología TRIZ en el diseño conceptual.
- Diseñar el Prototipo en 3D en SolidWorks.
- Análisis y evaluación de los escenarios en el software SIMIO para generar recomendaciones a la empresa.

Justificación

Debido a la necesidad de la empresa por trabajar con una mayor productividad, manteniendola calidad en sus productos y reduciendo su personal en la etapa de pelado, ha considerado la evaluación de su línea de producción y la propuesta de alternativas que incorporen el proceso de innovación para aportar a sus intereses, disminuir operarios, tiempos que no agregan valor al producto terminado, tener un proceso más eficiente en la operación y producción de salchichas. La Simulación en SIMIO y la implementación de la teoría de TRIZ, aumentará la productividad en la línea de producción de salchichas. Esto retornará a la empresa a ser más competitiva, lograr así la mejora del reparto de utilidades que se obtendrán mediante la eliminación de aquellos gastos innecesarios, dando como resultado una producción constante y libre de cualquier tipo de paro.

Hipótesis

La adecuada implementación de las herramientas y la generación de alternativas sustentadas con la aplicación de Simulación en SIMIO y el desarrollo de innovación mediante la teoría de TRIZ en la línea de producción de salchichas, facilitará crear soluciones como disminuir el tiempo de producción al menos a un 20%, reducir operarios por lo menos a un 35%, mejorar la productividad en la línea de producción de salchichas de la empresa; asimismo permitir llevar a la empresa a escenarios de cambio que optimicen sus ganancias.

Capítulo I. Generalidades

En este capítulo se presenta información que describe el lugar donde se realizó el trabajo de investigación, el cual se ubica en la República Mexicana.

1.1 Generalidades de la empresa

A continuación, se presenta información general de la empresa en donde se desarrolló el proyecto, describiendo los procesos y fases de producción principales que serán evaluados en esta investigación.

1.1.1 Historia

La empresa está dedicada a la elaboración de carnes frías y embutidos. La política organizacional se encuentra fundamentada en la mejora continua y en la gestión de equipos de trabajo resaltando valores como respeto, honestidad, trabajo en equipo, responsabilidad entre otros.

La empresa procesa diversos tipos de embutidos crudos o cocidos, como lo son Pierna de Cerdo York, Jamón horneado de pavo, Jamón crudo, Jamón holandés, Jamón Virginia de pavo, Jamón americano horneado, Espaldilla horneada, Espaldilla cocida, Pastel de pollo con pimiento, Salchicha tipo XYZ, Salchicha tipo hot-dog, Salchicha de pavo, Entrecot ahumado entero, marcado y rebanado, Chuleta de pavo rebanado, Longaniza, Chorizo, Pierna ahumada, Tocino ahumado y Tocino holandés, todos estos productos cuentan con los más altos estándares de calidad.

Actualmente la empresa cuenta con varios trabajadores en la planta y con varias líneas de producción, los cuales se encargan del proceso de elaboración de los productos que la empresa ofrece, asegurando la máxima calidad e inocuidad del producto final que a diario se procesan para los diversos clientes con los que la empresa cuenta.

Actualmente la empresa distribuye sus productos principalmente en el sureste de nuestro país teniendo presencia en más de diez estados como son Puebla, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Edo. de México, Distrito Federal, Campeche y Guerrero.

1.1.2 Misión

Producir y distribuir cárnicos, bajo la dirección de su selecto equipo de colaboradores, cumpliendo así con los más rigurosos y altos estándares tanto ambientales como de calidad, para finalmente garantizar un producto de excelente conservación e inigualable sabor, satisfaciendo las necesidades de sus distinguidos clientes y contribuyendo al cuidado ambiental.

1.1.3 Visión

Ser la empresa de fabricación y ventas de productos cárnicos de mayor rentabilidad, logrando una amplia aceptación en el mercado y comprometida con el cuidado medioambiental del mismo, potenciando los esfuerzos en base a los principios de la mejora continua empresarial, manteniendo un crecimiento sostenible y cumpliendo con los objetivos de la empresa.

1.1.4 Valores

Los valores de la empresa son los siguientes:

- Excelencia: La empresa busca constantemente la mejora continua.
- Honestidad: Se realizan todas las operaciones con transparencia y rectitud.
- Responsabilidad: Se obra con seriedad, en consecuencia, con los deberes y derechos.
- Respeto: Se busca armonía en las relaciones interpersonales, laborales y comerciales.
- Confianza: Se cumple con lo prometido al ofrecer los mejores productos y servicios a un precio justo y razonable.
- Trabajo en Equipo: Con el aporte de todos los que intervienen en los diferentes procesos, se busca el logro de los objetivos organizacionales.

1.1.5 Ubicación

La empresa en estudio se ubica en la República Mexicana.

En la Figura 1.1 se presenta la visualización de la planta de manera satelital.



Figura 1.1 Visualización satelital de la planta (Google Maps, 2020).

1.1.6 Productos

La empresa cuenta con varias líneas de producción y veinte tipos de embutidos ya sean crudos o cocidos como lo son Pierna de cerdo York, Jamón horneado de pavo, Jamón crudo, Jamón holandés, Jamón Virginia de pavo, Jamón americano horneado, Espaldilla horneada, Espaldilla cocida, Pastel de pollo con pimiento, Salchicha tipo XYZ, Salchicha tipo hot-dog, Salchicha de pavo, Entrecot ahumado entero, marcado y rebanado, Chuleta de pavo rebanado, Longaniza, Chorizo, Pierna ahumada, Tocino ahumado y Tocino holandés, todos estos productos cuentan con los más altos estándares de calidad.

La línea en estudio es la de producción de salchicha tipo XYZ, debido a que aporta aproximadamente el 35 % de ganancias para la empresa.

Capítulo II. Marco Teórico

En el segundo capítulo se muestran los fundamentos teóricos y conceptuales que fueron utilizados para la investigación, los cuales abarcan la página oficial de la empresa, tesis consultadas, libros y artículos relacionados.

La presente tesis tiene como herramienta principal el uso y aplicación de la simulación, por lo que es necesario definir simulación, sus principales usos, ventajas, desventajas y aplicaciones. También fue necesario definir qué es y en que consiste la teoría de TRIZ ya que se propondrán mejoras mediante el uso de esta metodología de innovación.

2.1 Simulación

A continuación, se describen los tipos de modelos de simulación, las ventajas y desventajas de la simulación, la metodología empleada, así como las situaciones en las cuales es útil la aplicación de la simulación.

2.1.1 Introducción a la simulación

En ocasiones se presentan problemas que pueden ser resueltos o modelados mediante simples relaciones lógicas, técnicas de investigación de operaciones o modelación matemática; sin embargo, muchos sistemas o procesos en el mundo real son muy complejos para resolverse mediante estas técnicas. No obstante, con la invención de las computadoras y su gran desarrollo en las últimas décadas se han creado diferentes tipos de softwares de simulación que ayudan a crear sistemas muy complejos de una manera sencilla, dando grandes ventajas para resolver problemas complejos.

La simulación en la actualidad representa una herramienta que es estudiada y aplicada en diversas instituciones académicas, organizaciones y empresariales. Alrededor del mundo en diversas áreas del conocimiento, que van de las áreas biológicas a las áreas exactas, como la física o la química, esta herramienta ha evolucionado en gran medida debido a sus grandes beneficios que se han obtenido en las aplicaciones llevadas a cabo.

2.1.2 Definición de la Simulación

Antes de iniciar a profundizar en la simulación se empezará definiendo a la simulación. La simulación es una imitación de una situación real, que en un tiempo determinado manipula los parámetros, variables, restricciones, y alternativas que comprende el modelo, expresado mediante un lenguaje de programación en un ordenador (*Hitomi, 1996*). En la revista Colombiana de estadística (*Garces, 1981*) define a la simulación como la representación de la realidad mediante el empleo de un modelo u otro mecanismo que reaccionará del mismo modo que la realidad bajo una serie de condiciones dadas.

De acuerdo a la tesis propuesta por (*MonLeon, 2005*) caracteriza la simulación como una técnica experimental de resolución de problemas, lo que comporta la necesidad de repetir múltiples ejecuciones de la simulación para poder entender las relaciones implicadas por el sistema, en consecuencia el uso de la simulación en un estudio debe planificarse como una serie de experimentos cuyo diseño debe seguir las normas del diseño de experimentos para que los resultados obtenidos puedan conducir a interpretaciones significativas de las relaciones de interés.

Una importante definición es la del libro *simulation with software Arena* (*Kelton W. D. Sadowski, 2002*) dice: “En Simulación se usa una computadora para evaluar un modelo numéricamente en un período de tiempo de interés. Durante este período se recolectan datos para estimar las características verdaderas del sistema”.

En resumen se puede decir que la simulación es una herramienta que, por medio del uso de un software en computadora, se crean modelos que representan un sistema real bajo estudio permitiendo evaluar el funcionamiento y los efectos de las variables que intervienen en dicho sistema al ser modificadas a través del tiempo.

2.1.3 Clasificación de los modelos de Simulación

La clasificación de los modelos de simulación puede darse de diferentes formas dependiendo del criterio a seguir (*Moras, Simulacion en SIMIO, 2017*). Pero en el área de ingeniería industrial y de sistemas, los más utilizados son los siguientes:

2.1.3.1 Modelo discreto

Es aquel en que el estado de las variables cambia en determinados puntos separados en el tiempo, que pueden ser contados. La simulación de eventos discretos generalmente evalúa una secuencia cronológica de acontecimientos en un sistema. Los sistemas de fabricación, transporte y servicios, son ejemplos de sistemas reales que presentan colas y eventos que alteran las variables de estado de un sistema (*Wrasse, 2015*).

2.1.3.2 Modelo continuo

Es aquel en que el estado de las variables cambia continuamente con respecto al tiempo. Por ejemplo, un proceso químico, en el cual la temperatura y la presión cambian continuamente a través del tiempo.

2.1.3.3 Modelo probabilístico

Es aquel que contiene variables aleatorias que son definidas por una función de probabilidad. Por ejemplo, la simulación de un banco.

2.1.3.4 Modelo determinístico

Es aquel que contiene variables matemáticas que se conocen con certeza. Por ejemplo, la simulación de una línea de ensamble controlada por robots.

2.1.3.5 Modelo estático

Es aquel en el que las variables del modelo no cambian en el tiempo. Por ejemplo, la distribución de planta de todos los departamentos de producción.

2.1.3.6 Modelo dinámico

Es aquel en el que las variables del modelo sí cambian en el tiempo. Por ejemplo, todos los modelos de colas.

2.1.3.7 Modelo Estocástico

Representan sistemas donde los hechos suceden al azar, lo cual no es repetitivo. No se puede asegurar cuáles acciones ocurren en un determinado instante. Se conoce la probabilidad de ocurrencia y su distribución probabilística.

2.1.4 Características de la simulación

En la construcción de un modelo de simulación es muy importante no perder de vista cuales son los requerimientos que deberá cumplir. A continuación, se presentan algunas características importantes a tomar en cuenta.

2.1.4.1 La razón de la simulación

- No se puede o debe interrumpir el sistema.
- No es costable experimentar con el sistema.
- Es imposible: el sistema no existe.
- El sistema es demasiado complejo para usar una solución analítica.

2.1.5 Ventajas y desventajas de la simulación

La clave del éxito en un proyecto de simulación es muchas veces el saber cuándo podemos aplicar simulación para conseguir los objetivos que se han marcado en el momento de plantear el estudio de un sistema. La simulación es una técnica de resolución de problemas de forma experimental. (*Coss Bu., 2003*) ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

1. Muchos sistemas reales no pueden ser descritos por modelos matemáticos.
 2. Varios sistemas se comparan usando simulación para elegir el mejor.
 3. La simulación permite estudiar un sistema con un marco de tiempo largo en un tiempo comprimido. También es posible analizar el sistema expandiendo el tiempo.
 4. A través de un estudio de simulación se puede evaluar el efecto de cambios internos y externos del sistema al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observar los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
 5. Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
 6. La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadísticos, análisis teórico, etc.
 7. Muchos sistemas reales no pueden ser descritos por modelos matemáticos.
 8. Varios sistemas se comparan usando simulación para elegir el mejor.
 9. La simulación permite estudiar un sistema con un marco de tiempo largo en un tiempo
-

comprimido. También es posible analizar el sistema expandiendo el tiempo.

10. A través de un estudio de simulación se puede evaluar el efecto de cambios internos y externos del sistema al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observar los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
11. Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
12. La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadísticos, análisis teórico, etc.
13. La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.
14. La técnica de simulación puede ser usada para experimentar con nuevas situaciones sobre las cuales se tiene poca o ninguna información y a través de esta experimentación se puede anticipar de mejor manera posibles resultados no previstos.
15. La técnica de simulación se puede utilizar también para entrenamiento de personal.
16. Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que pudiera surgir en el comportamiento del sistema.

A diferencia de las ventajas mencionadas, la técnica de simulación presenta las siguientes desventajas:

1. Cada corrida de simulación produce sólo valores estimados de las características del sistema.
 2. Si un modelo no es representativo del sistema real, de nada servirán los resultados obtenidos.
 3. La técnica de simulación presenta el problema de requerir equipo computacional y recursos humanos costosos, así como mucho tiempo para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado.
 4. No se debe utilizar cuando existan técnicas analíticas que permitan plantear, resolver y optimizar todo el sistema o alguna parte del mismo.
-

5. No es posible asegurar que el modelo sea válido: Se corre el riesgo de tomar medidas erróneas basadas en la aplicación de conclusiones falsas obtenidas mediante un modelo que no representa la realidad.
6. No existe criterio científico de selección de alternativas a simular (Estrategia). Es posible omitir una buena sugerencia de innovación simplemente porque a nadie se le ocurrió ensayarla.
7. Existe el riesgo de utilizar un modelo fuera de los límites para el cual fue construido, queriendo realizar ensayos para los cuales el modelo no es válido.
8. Es posible que la alta administración de una organización no entienda esta técnica y esto crea dificultad para vender la idea.

2.1.6 Beneficios de la simulación

- Diseña, valida y mejora procesos.
- Amplia visión del efecto producido por cambios en el sistema de manufactura, ya sea que exista o no.
- Comunica y demuestra la factibilidad y conveniencia de determinadas acciones.
- Gran capacidad de crear modelos realistas (*MBA, Febrero-2011*).

2.1.7 Áreas de aplicación

Se ha demostrado grandes beneficios mediante la aplicación de la Simulación en diversas áreas, (Garcia, 2018) nos despliega algunas de ellas:

- Simulación del cuidado de la salud.
- Análisis del impacto ambiental causado por diversas fuentes.
- Análisis y diseño de sistemas de manufactura.
- Análisis y diseño de sistemas de comunicaciones.
- Evaluación del diseño de organismos prestadores de servicios o públicos. Por ejemplo: hospitales, oficinas de correos, telégrafos, o casas de cambio, etc.
- Análisis de sistemas de transporte terrestre, marítimo o por aire.
- Análisis del departamento de producción de una fábrica.
- Análisis financiero de sistemas económicos.
- Evaluación de sistemas tácticos o de defensa militar.

2.1.8 Metodología de la Simulación

La esencia del arte del modelo son la abstracción y la simplificación. Se trata de identificar el pequeño conjunto de características o propiedades del sistema suficientes para servir los objetivos específicos del estudio (Moraleda, 2008-2009). Dentro de un estudio de simulación, la metodología de Law y Kelton (2000) describe cómo desarrollar dicho estudio. A grandes rasgos, la metodología para la construcción del modelo es la siguiente:

1. Formular el problema.

En este paso se establecerán los objetivos que busca alcanzar el estudio, así como determinar el plan para la realización de éste.

2. Recolectar datos y definir el modelo.

Se deben recolectar todos los datos necesarios para la modelación del sistema, para que se les realice pruebas de bondad de ajuste y se determine qué distribución de probabilidad representa su comportamiento. Además, es necesario realizar el modelo del sistema mediante un diagrama de flujo o lo escrito por el analista.

3. ¿Es válido el modelo conceptual?

Aquí se corroborará que el modelo conceptual esté representando el sistema real.

4. Construir el modelo y verificarlo.

Mediante el uso de un software de simulación se construirá el modelo del sistema real, tratando de no entrar a un grado de detalle excesivo.

5. Realizar corridas piloto.

Después de elaborado el modelo de simulación es necesario realizar pruebas piloto para probar que el modelo corra cómo se comporta el sistema real.

6. ¿Es válido el modelo programado?

Para este paso se debe realizar la prueba t-apareada con la finalidad de comprobar que el modelo de simulación arroje datos estadísticamente iguales a los del sistema real.

7. Diseño de experimentos.

Se busca determinar el número de corridas óptimo del modelo.

8. Realizar corridas del programa.

Llevar a cabo el número de corridas óptimo obtenido en el paso anterior y registrar los datos de salida de los parámetros que se van a analizar.

9. Analizar datos de salida.

Los datos obtenidos de los parámetros de interés del modelo de simulación deben analizarse de forma estadística con el objetivo de obtener una mejor visión de lo que está pasando en el sistema real.

10. Documentar e implementar resultados.

En este paso se deben plasmar las propuestas de mejora, haciendo los cambios pertinentes en el modelo y registrando los resultados obtenidos mediante estas mejoras, con la finalidad de ver el impacto de estas propuestas respecto a la situación actual del sistema.

A continuación, en la Figura 2.1 se muestra un diagrama de las etapas para el desarrollo de un estudio de simulación.

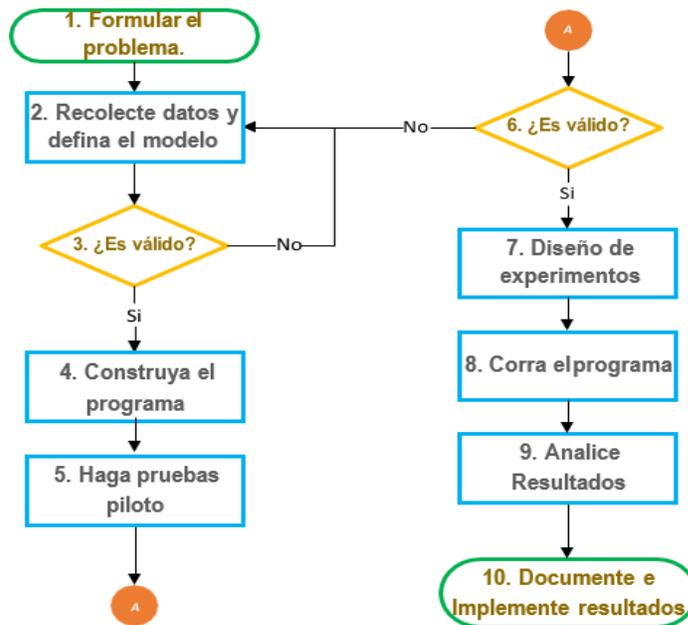


Figura 2.1 Metodología de la simulación (Law y Kelton ,2000).

2.1.9 Pruebas de bondad de ajuste

El propósito de las pruebas de bondad de ajuste es únicamente responder a la cuestión de si los datos se desvían una cantidad estadísticamente significativa respecto al modelo de predicción. Las pruebas de bondad de ajuste se aplican a los datos recolectados para verificar si se ajustan a alguna distribución de probabilidad teórica conocida o en caso contrario se puede emplear una distribución empírica. En algunos casos las empresas no cuentan con información sobre algún proceso o actividad que es necesario incluirla en el modelo de simulación y que además no es posible tomarla, para esos casos se puede emplear distribuciones triangulares o beta (*Moras, Manual SIMIO, 2019*).

Se puede definir a la prueba de bondad de ajuste como un valor que mide la cercanía en la que se ajustan los datos muestrales observados, a una forma de distribución particular planteada como hipótesis. Si el ajuste es cercano, puede concluirse que existe la forma de distribución planteada como hipótesis.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son:

- La prueba Chi- cuadrada χ^2 .
- La prueba Kolmogorov – Smirnov.
- La prueba Anderson– Darling.

2.1.9.1 Prueba Chi-cuadrada χ^2

La distribución Chi- cuadrada desempeña un papel fundamental en la inferencia estadística. Tiene una aplicación considerable tanto en la metodología como en la teoría, además es un componente importante tanto en la prueba estadística de hipótesis como en la estimación estadística (*Warpole, 2012*). Lo que se realiza al aplicar la prueba Chi-cuadrada es que se subdivide el eje x en intervalos. Después se calculan las probabilidades que corresponden a estos intervalos bajo la hipótesis de que cierta función $F(x)$ es la función de distribución de la población que se considera.

Finalmente, se comparan estas probabilidades con las frecuencias de clase relativas de una muestra dada, en donde si la discrepancia es demasiado grande, se rechaza la hipótesis (*Kreyszig, 2011*). Las hipótesis para este tipo de pruebas se pueden establecer de la siguiente forma (*Moras, 2017*):

- *H₀*: Las X_i 's son variables aleatorias IID (idénticamente e independientemente distribuidas) con función de distribución F .
- *H_a*: Las X_i 's no son variables aleatorias IID con función de distribución F . De acuerdo al estadístico de la prueba es el siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (\text{Capítulo II Ec.1})$$

Dónde:

O_i = es la frecuencia de los eventos observados en los datos muestrales.

E_i = es la frecuencia de los eventos esperados si la hipótesis nula es correcta.

k = es el número de categorías o clases.

La prueba tiene $k - m - 1$ grados de libertad, en donde m es el número de parámetros a estimar. Es importante recalcar que la distribución Chi –cuadrada puede ser usada siempre y cuando el valor esperado en cada celda sea mayor o igual a cinco.

La zona de rechazo es la siguiente:

$$\chi^2 > \chi^2_{\alpha, k-1-p} \quad (\text{Capítulo II Ec.2})$$

2.1.9.2 Prueba Kolmogorov-Smirnov

Esta prueba es apropiada únicamente para distribuciones continuas. La hipótesis a probar es que cierta función $F(x)$ es la función de distribución de una población de la que se ha tomado una muestra X_1, \dots, X_n (Kreyszig, 2011).

Kolmogorov – Smirnov se basa en probar el comportamiento de la muestra en relación a la función de distribución acumulada $F(x)$, comparando las desviaciones en cada punto de la función escalonada. La diferencia más grande es el estadístico que se usará para probar la hipótesis (Leoncio, 2016).

Para la prueba *Kolmogorov - Smirnov* se define la función de distribución empírica como $F_n(x)$ a partir de los datos reales observados X_1, X_2, \dots, X_n como:

$$F_n(x) = \frac{(\text{número de } X_i \leq X)}{n} \quad (\text{Capítulo II Ec.3})$$

Para todos los números reales X , por lo que $F_n(x)$ será una función escalonada continua tal que:

$$F_n(x_i) = \frac{i}{n} \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (\text{Capítulo II Ec. 4})$$

Si $F(x)$ es la función de distribución teórica hipotetizada, el estadístico K-S se definirá como “ D_n ” y mide la cercanía entre la función $F_n(x)$ y $F(x)$, es decir, D_n es la distancia vertical máxima entre $F_n(x)$ y $F(x)$ para todos los valores de X .

Como la función de distribución teórica hipotetizada puede estar por encima o por debajo de la función de distribución empírica, entonces el estadístico D_n se expresa mediante las siguientes fórmulas:

$$D_n^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - F(x_i) \right\} \quad D_n^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ F(x_i) - \frac{(i-1)}{n} \right\} \quad D_n = \max\{D_n^+, D_n^-\}$$

A continuación, se muestra la obtención de la prueba K-S mediante la Figura 2.2.

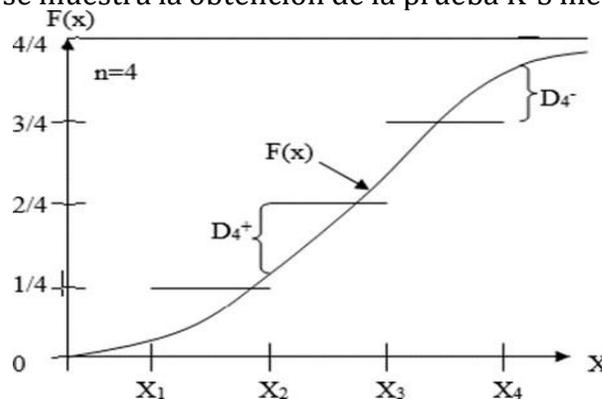


Figura 2.2 Prueba Kolmogorov-Smirnov (Moras, 2017).

Si D_n es grande, se rechazará H_0 indicando un ajuste muy pobre, ya que se está mostrando que la función de distribución empírica se aleja “mucho” de la función de distribución teórica hipotetizada.

Por lo tanto, rechace H_0 si $D_n > D_{n,1-\alpha}$. Esto es equivalente a rechazar H_0 cuando en el estadístico ajustado es mayor a $C_{1-\alpha}$ (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Valores Críticos $C_{1-\alpha}$ para la prueba Kolmogorov-Smirnov.

Caso	Estadístico Ajustado	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99
		Todos los parámetros conocidos	$\{\sqrt{n} + 0.12 + 0.11/\sqrt{n}\} D_n$	1.13	1.22	1.35
Normal	$\{\sqrt{n} - 0.01 + 0.85/\sqrt{n}\} D_n$	0.77	0.81	0.89	0.95	1.03
Exponencial	$\{D_n - 0.2/n\} \{\sqrt{n} + 0.26 + 0.5/\sqrt{n}\}$	0.92	0.99	1.09	1.19	1.30

Fuente: (Moras, 2017)

2.1.9.3 Prueba Anderson- Darling

De acuerdo a Marques la prueba Anderson Darling es, en general, más potente que las pruebas χ^2 y de Kolmogorov – Smirnov, ya que resulta lógico debido a que en la Chi- Cuadrada al trabajar con datos agrupados se pierde información. Por su parte la prueba Kolmogorov Smirnov es, menos sensible a desajustes que pudieran existir en las colas de distribución. La prueba de Anderson – Darling evalúa si una muestra viene de una distribución especificada. Esta prueba asume que los datos provienen de una distribución fundamental hipotética. Posteriormente, los datos deben ser transformados a una distribución uniforme. Con los datos de la muestra transformados ahora pueden ser probados para la uniformidad con una prueba de distancia. El estadístico de prueba para asegurar que los datos vienen de una distribución con una función de distribución acumulativa F es:

$$A^2 = -n - S \quad (\text{Capítulo II Ec. 5})$$

Dónde:

$$S = \sum_k^n = 1 \frac{2^{k-1}}{n} [\ln(F(Y_K)) + \ln(1 - F(Y_{n+1-k}))] \quad (\text{Capítulo II Ec. 6})$$

2.1.10 Selección de distribuciones en ausencia de datos.

Cuando el sistema que se va a simular no existe, no será posible tomar datos, por lo que se tendrá que seguir un procedimiento especial para realizar la simulación. Asuma que la cantidad de interés es una variable aleatoria continua X, la cual puede ser el tiempo para realizar una tarea, el tiempo para reparar una máquina, etc. (Moras, 2017).

Para seleccionar una distribución en ausencia de datos reales, se podrá aplicar cualquier de los dos siguientes procedimientos:

2.1.10.1 Procedimiento heurístico basado en la distribución triangular

Una distribución triangular es una distribución continua que se describe por sus valores mínimos, máximos y su moda. Comienza en el valor mínimo, aumenta de manera lineal hasta alcanzar el valor pico en la moda y luego disminuye de manera lineal hasta alcanzar el valor máximo. La forma del triángulo puede ser simétrica o asimétrica.

1. Identifique un intervalo [a, b], en donde a, b son números reales con $a < b$, en el que se cree que X estará con probabilidad de 1 $\{P(X < a) \text{ o } P(X > b) = 0\}$. Para obtener estas estimaciones platique con los “expertos”.
2. Pregunte a los “expertos” el valor más probable de X, llame a este valor c.
3. Dado los valores a, b, c, la variable aleatoria X se considera que sigue una distribución triangular en el intervalo [a, b] con moda c.
4. A partir de esta distribución (Figura 2.3) genere valores de la variable aleatoria X.

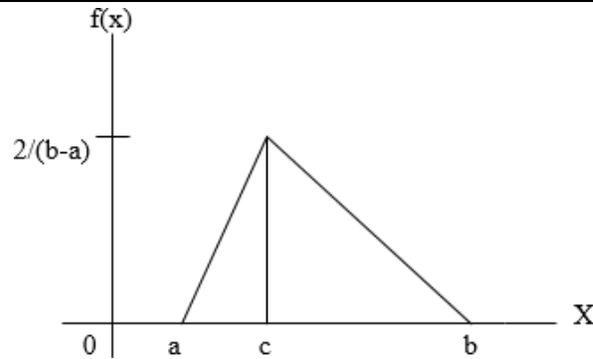


Figura 2.3 Distribución triangular (Moras, 2017).

2.1.10.2 Procedimiento heurístico basado en la distribución beta

La distribución beta es una distribución continua definida por dos parámetros de forma. La distribución puede adoptar diferentes formas dependiendo de los valores de los dos parámetros.

1. Identifique el intervalo $[a, b]$ en el cual se encuentra la variable aleatoria X con probabilidad de uno.
2. Asuma que la variable aleatoria X tiene una distribución Beta con parámetros α_1 y α_2 . Este procedimiento ofrece más flexibilidad debido a la gran variedad de formas que toma la distribución beta.
3. Se supone que la función densidad de X está sesgada a la derecha. Esto se debe a que la experiencia con sistemas reales muestra que el tiempo para hacer algo sigue esta distribución. Esta función densidad corresponde a $\alpha_2 > \alpha_1 > 1$ en la distribución beta.

Una distribución beta así tiene una media (μ) y una moda (C) dadas por:

$$\mu = \alpha + \frac{\alpha_1 * (b-a)}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \mu = \alpha + \frac{(\alpha_1 - 1)(b-a)}{\alpha_1 + \alpha_2 - 2} \quad \left\{ \text{(Capítulo II Ec. 7)} \right\}$$

Estas ecuaciones pueden ser resueltas para obtener las siguientes estimaciones de α_1 y α_2

(estime antes μ y c):

$$\alpha_1 = \{(\mu - a)(2c - a - b) / (c - \mu)(b - a)\}$$

$$\alpha_2 = \{(b - \mu) \alpha_1 / (\mu - a)\} \quad \text{(Capítulo II Ec. 8)}$$

Debe ser mayor que C para que la función densidad esté sesgada a la derecha.

4. Una vez que se define la función densidad de la distribución beta, entonces genere valores de la variable aleatoria X .

2.1.11 Verificación y validación del modelo de simulación

Al realizar un modelo de simulación es necesario comprobar que éste se comporta como el sistema real y de esta manera confirmar que es una buena representación del mismo. Para ello es necesario realizar la verificación y validación del modelo de simulación. El profesor *Moras (2017)*, describe la verificación y validación de la siguiente manera:

Verificación: Es la que se realiza al determinar que el programa o modelo de simulación realizado en la computadora corre como se planeó que lo haría, es decir con la verificación se analiza que la traducción del modelo conceptual de simulación (por ejemplo: diagrama de flujo y suposiciones) al programa de computadora sea la correcta.

Validación: Consiste en corroborar que el programa arroje datos estadísticamente iguales a los del sistema real. Para tal efecto se utiliza la prueba t-pareada, la cual compara los resultados arrojados por la simulación con los datos reales observados.

2.1.12 Pruebas estadísticas para comparar datos reales contra datos simulados.

Para comparar los datos recolectados del sistema real contra los datos producidos por el modelo de simulación es necesario llevar a cabo una prueba estadística, la cual se realiza con el siguiente procedimiento:

En primer lugar, se debe suponer que se recolectan m conjuntos de datos independientes del sistema y n conjuntos de datos del modelo. En donde X_j es el promedio de las observaciones en el j -ésimo conjunto del sistema y Y_j el promedio de las observaciones en el j -ésimo conjunto de datos del modelo.

- Las X_j 's son variables aleatorias IID con media $\mu_x = E(X_j)$, y las Y_j 's son variables aleatorias IID (asumiendo que los n conjuntos de datos se obtuvieron de replicaciones diferentes) con media $\mu_y = E(Y_j)$, por lo que se tratará de comparar el modelo con el sistema construyendo un intervalo de confianza para:

$$Z = \mu_x - \mu_y \quad (\text{Capítulo II Ec. 9})$$

Nota: Usando la prueba t-pareada (se requiere que $m = n$).

Para aplicar la prueba t-pareada, se deben considerar las siguientes hipótesis:

$$H_0 : \mu_x = \mu_y \quad (\text{Capítulo II Ec. 10})$$

$$H_1: \mu_x \neq \mu_y \quad (\text{Capítulo II Ec. 11})$$

Al evaluar los resultados se rechaza la hipótesis nula si el intervalo de confianza calculado no incluye al cero, esto indica que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa. Si esto ocurre el modelo de simulación no es válido. Por el contrario, si el intervalo de confianza calculado incluye al cero indica que la diferencia entre las medias no es estadísticamente significativa, por lo que la hipótesis nula no se rechaza. Al no rechazar la hipótesis nula se considera que el modelo de simulación es válido y que los resultados obtenidos son de utilidad.

Las fórmulas para aplicar la prueba t-pareada son las siguientes:

$$Z_i = X_i - Y_i \quad (\text{Capítulo II Ec. 12})$$

$$\bar{Z}_{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad (\text{Capítulo II Ec. 13})$$

$$\hat{V}ar[\bar{Z}_{(n)}] = \frac{\sum_{i=1}^n [Z_i - \bar{Z}_{(n)}]^2}{n(n-1)} \quad (\text{Capítulo II Ec. 14})$$

Para calcular el intervalo de confianza $(100(1 - \alpha))$: se aplica la siguiente formula:

$$\bar{Z}_{(n)} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}ar(\bar{Z}_{(n)})} \quad (\text{Capítulo II Ec. 15})$$

2.1.13 Determinación del número óptimo de corridas

La fórmula para calcular el número de corridas óptimas es la que se muestra a continuación:

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\} \quad (\text{Capítulo II Ec. 16})$$

Para realizar el cálculo del número de corridas óptimas se recomienda iniciar con un valor para el error absoluto β del 5% de la media obtenida para cada medida de desempeño o variable de interés, con esto se busca asegurar que el valor de β sea menor que la desviación estándar calculada.

2.2 Simulation Modelling Based On Intelligent Objects (SIMIO)

A continuación, se da una introducción al software de simulación SIMIO, describiendo los elementos que lo componen como objetos, procesos y bibliotecas. Además, se describen los complementos con los que cuenta el software como el diseño de experimentos, la animación y vista 3D, así como el complemento de optimización OptQuest.

2.2.1 Introducción a SIMIO

SIMIO es un reciente software de simulación que satisface en gran medida la demanda actual, especialmente en el mundo industrial, en cuanto a la necesidad de un software potente y fiable con el cual dar solución a grandes problemas de la industria por medio de la simulación. Está basado en la inteligencia de los objetos, ha sido modelado para apoyar el paradigma de éstos, aunque es completamente compatible con sistemas discretos y continuos. Mediante este software pueden desarrollarse simulaciones que incluyan varios sistemas.

La calidad del software permite probar los cambios en una línea de producción, cadena de suministro o sistemas y procesos generales, todo sin riesgo. Esto es de suma importancia para las empresas ya que, cuando se están considerando cambios a gran escala, un buen software de simulación puede predecir con precisión las consecuencias del cambio, por lo que se eliminan las decisiones deficientes. Los modelos de SIMIO se construyen utilizando un nuevo modelado basado en objetos, lo cual permite que los modelos se construyan con mayor rapidez. SIMIO

integra perfectamente los paradigmas de objetos y procesos sin necesidad de programarlos para proporcionar una representación más precisa del sistema.

Los objetos inteligentes se construyen y luego pueden ser reutilizados en múltiples proyectos por que se almacenan en las bibliotecas de fácil acceso. La construcción de modelos puede ser jerárquica ya que se pueden guardar diversos modelos en un conjunto que les otorga prioridades. Esto es de gran utilidad debido a que se debe llevar un orden en la combinación de objetos que representan a los componentes físicos de un sistema y estos a la vez se relacionan con otros sistemas. Un objeto puede ser una máquina, robot, avión, cliente, doctor, tanque, autobús, barco o cualquier otra cosa que se puede encontrar en un sistema. Un objeto puede ser animado para reflejar el estado de cambio que presenta este elemento en la vida real, el modelo animado proporciona una imagen en movimiento del sistema en funcionamiento (Figura 2.4).

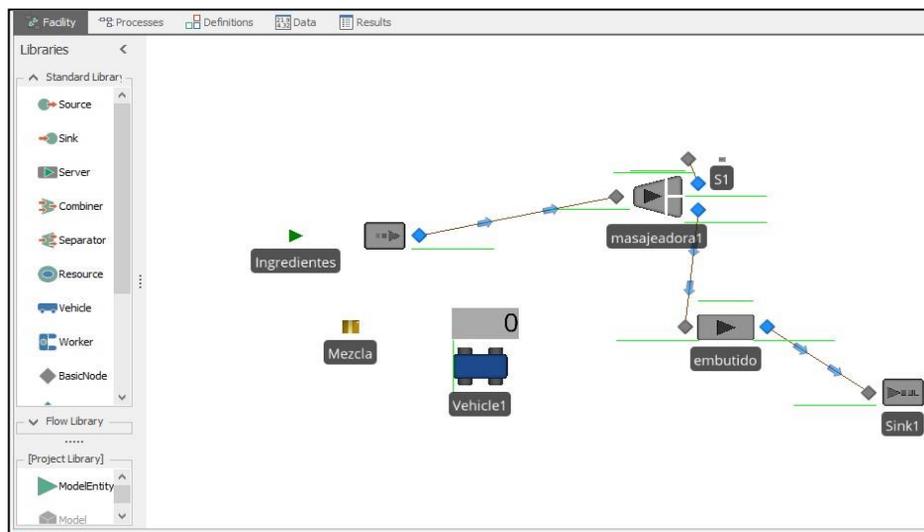


Figura 2.4 Ejemplo de un modelo en SIMIO vista 2D (SIMIO, 2019).

Cada objeto de SIMIO tiene sus propios procesos, elementos, propiedades, variables, etc. También tiene un punto de vista externo, el cual determina cómo aparecerá el objeto cuando se coloca en otro modelo. SIMIO es un software de simulación que proporciona un verdadero entorno de modelado 3D basado en objetos, lo cual permite construir el modelo en un solo paso desde el plano 2D y cambiar fácilmente del plano 2D a 3D y viceversa. El software permite descargar símbolos 3D desde una biblioteca de libre disposición para añadir realismo a los modelos con facilidad y rapidez.

El software SIMIO permite visualizar el modelo en vista 3D. El que se muestra en la Figura 2.5 hace referencia a la línea de producción de la empresa en donde se pueden observar claramente los objetos del modelo como es la banda transportadora, personal, área de producto terminado y el comedor industrial de los operadores, etc.

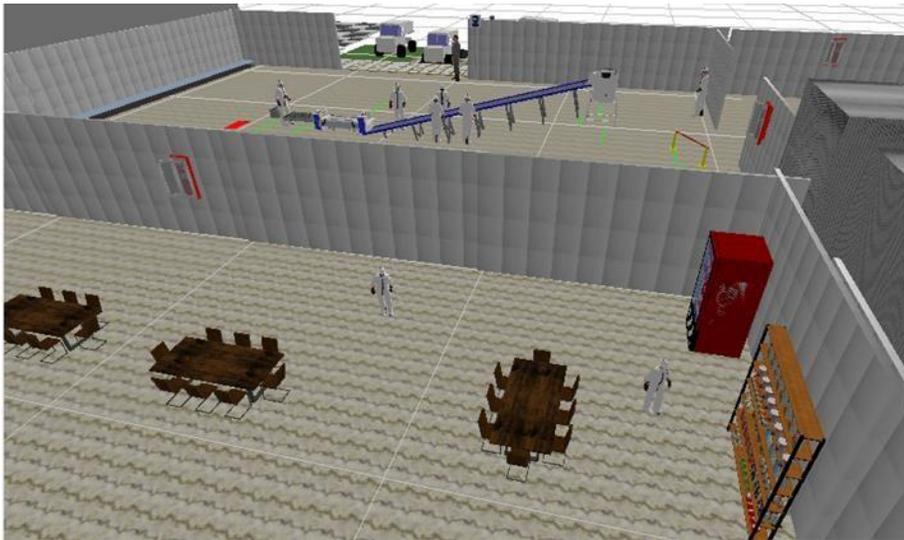


Figura 2.5 Ejemplo de un modelo de simulación en Simio en vista 3D (SIMIO, 2019).

2.2.2 Elementos de SIMIO

Cuando se lleva a cabo la construcción de un modelo de simulación es necesario representar las características del proceso que se está estudiando para poder analizar adecuadamente el sistema, obtener resultados y tomar decisiones. Para ello SIMIO cuenta con elementos que ayudan a representar adecuadamente el sistema a modelar.

2.2.2.1 Objetos

Un objeto en SIMIO es una construcción de modelado autónomo que define las características, los datos, el comportamiento, la interfaz de usuario y la animación de la construcción. Los objetos son los constructos más comunes usados para construir modelos. Un objeto tiene su propio comportamiento personalizado que responde a eventos en el sistema como lo define su modelo interno. A continuación, en la Tabla 2.2 se muestra una lista de objetos y sus funcionalidades principales en SIMIO.

Tabla 2.2 Tipos de objetos en SIMIO.

Tipo	Derivado de:	Descripción
Objeto inteligente	Ninguno	Es un objeto de base con una capacidad opcional que puede ser ocupada, liberada y sigue su horario de disponibilidad.
Agente	Objeto Inteligente	Normalmente se utiliza para representar a todo un sistema que está siendo modelado o componentes dentro de un sistema que tienen una ubicación fija.
Entidad	Agente	Se desenvuelve en el flujo de trabajo del sistema, incluyendo la capacidad de utilizar una red de enlaces para moverse entre los objetos, la posibilidad de visitar, entrar y ubicación de las salidas dentro de otros objetos a través de los nodos y la capacidad de ser recogido, transportado y retirado por un transportador.
Transportador	Agente	Un objeto transportador es un tipo especial de entidad que puede recoger objetos en un lugar, llevar a esas entidades a través de una red de enlaces o espacio libre y luego soltar las entidades en un destino. Un objeto transportador también tiene la capacidad de moverse fuera de una red manteniendo asociación con nodo específico.
Link (Enlace)	Objeto Inteligente	Agrega comportamientos para modelar objetos fijos que son vías para el movimiento entidad/transportador. Un objeto de enlace transfiere una entidad a través de una ruta definida por una poli-línea que conecta dos objetos de nodo en la ventana de instalación.
Nodo	Objeto Inteligente	Agrega comportamientos para modelar objetos fijos que son puntos de intersección entre objetos de enlace o los puntos de entrada/salida para visitar un objeto. Las entidades pueden ser recogidas/depositadas por un transportador en un nodo. Un nodo define un punto en el espacio y puede restringir el movimiento, pero no representa ningún espacio físico en sí.

Fuente: (SIMIO, 2019)

2.2.2.2 Biblioteca de proyectos

La biblioteca de proyectos es una lista de objetos que están contenidos en un proyecto, ésta tiene su propia ventana para acceder a su contenido de manera estandarizada. De igual modo se puede ampliar para poder observar todas las funciones de estas bibliotecas. A continuación, se muestra en la Figura 2.6 la ubicación de la biblioteca de proyectos en el ambiente de trabajo del software SIMIO.

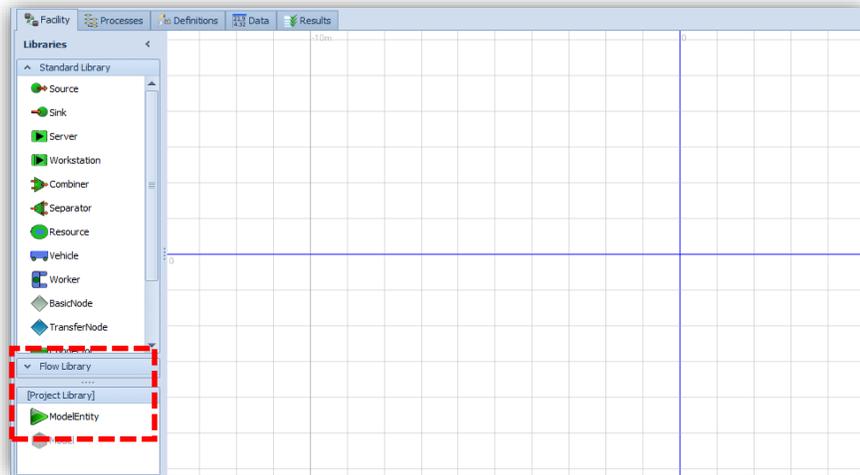


Figura 2.6 Biblioteca de Proyectos en SIMIO, (SIMIO, 2019).

2.2.2.3 Biblioteca de objetos estándar

SIMIO tiene una biblioteca de objetos estándar que incluye 15 tipos de objetos pre-construidos, éstos se usan para modelar una amplia gama de sistemas. Los objetos y sus definiciones se encuentran en la Tabla 2.3 parte A Y B.

Tabla 2.3 Descripción de objetos estándar en SIMIO parte A.

Objeto	Nombre	Descripción
 Source	Origen	Crea, introduce entidades al sistema
 Sink	Desechador	Destruye entidades y almacena estadísticos.
 Workstation	Estación de Trabajo	Modela una estación de trabajo de tres fases con una configuración, procesamiento y arranque.
 Combiner	Combinador	Combina entidades en lotes.
 Server	Servidor	Modela un proceso multi-canal de servicio con colas de entradas/salidas
 Separator	Separador	Separa entidades de lotes.
 BasicNode	Nodo Básico	Crear una conexión entre dos enlaces.

Tabla 2.3 Descripción de objetos estándar en SIMIO parte B.

 TransferNode	Nodo de Transferencia	Una intersección donde las entidades eligen un destino y esperan a un transportador.
 Connector	Conector	Conecta nodos, de los cuales no consume tiempo ni espacio.
 Path	Trayectoria	Una trayectoria entre dos nodos donde las entidades se desplazan de acuerdo a una velocidad específica.
 TimePath	TimePath	Una trayectoria con un tiempo de viaje establecido
 Conveyor	Conveyor	Funciona como banda transportadora y sirve para acumular entidades mientras éstas esperan a ser atendidas.
 Vehicle	Vehículo	El vehículo es un objeto que transporta a las entidades del sistema, de un nodo a otro, estas entidades pueden ser personas, materiales, etc.

Fuente: (SIMIO, 2019)

En la biblioteca estándar, los retardos de tiempo de procesamiento para el servidor, el combinador y el separador están marcados como interrumpible.

El proceso en el que se desarrolla el procedimiento de retardo de objetos se denomina “OnEnteredProcessing” (SIMIO, 2018). Por lo tanto, para interrumpir la actividad de procesamiento en un servidor, combinador, o separador, puede ahora utilizar el paso de interrupción para interrumpir el proceso de “OnEnteredProcessing” del objeto de destino.

2.2.3 Procesos en SIMIO

Un proceso en SIMIO se compone de pasos, elementos y fichas. Un proceso es una secuencia de acciones (por ejemplo, asignar un estado, retardo por tiempo, aprovechar un recurso, etc.) que puede extender el tiempo y cambiar el estado del modelo.

Los símbolos fluyen a través de un proceso que ejecuta pasos que alteran el estado de uno o más elementos. SIMIO proporciona una función de diseño automático que crea flujos de proceso. Los procesos se crean y modifican en la ventana de procesos, que se encuentra haciendo clic en la pestaña Processes. Los procesos se utilizan para personalizar el comportamiento de un objeto existente o para crear nuevas definiciones, se puede observar un ejemplo en la Figura 2.7.

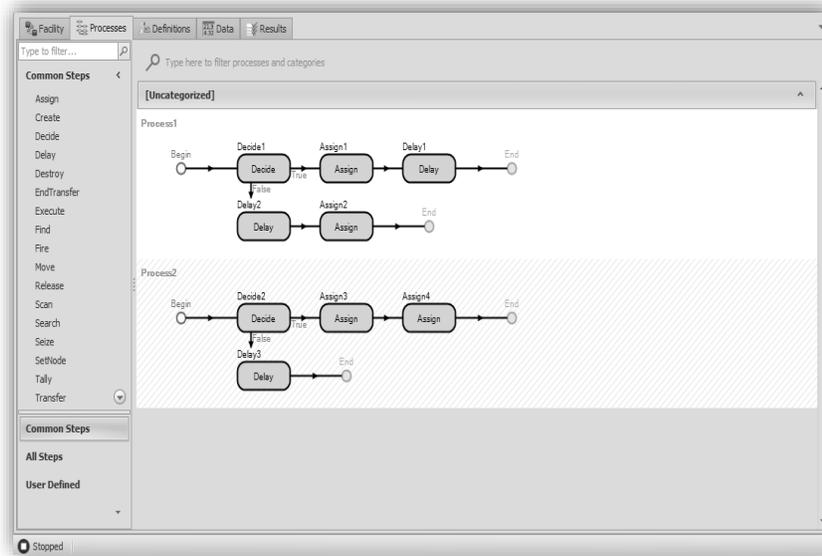


Figura 2.7 Diagramas de flujo para la realización de procesos en SIMIO, (SIMIO, 2020).

2.2.3.1 Procesos estándar

Hay nueve procesos estándar que están disponibles para un objeto o modelo dado. Dentro de la ventana *Process*, cualquiera de ellos se puede seleccionar para añadir procesos lógicos a un modelo de simulación. Estos procesos incluyen:

OnCapacityAllocated. Éste se ejecuta cuando se asigna la capacidad de un recurso. El testigo de la ejecución del proceso se asocia con el objeto del que se apoderó la capacidad. Este proceso se utiliza dentro de los objetos de la biblioteca estándar como lo son los recursos de los trabajadores y del vehículo.

OnCapacityChanged. Éste se ejecuta cuando la capacidad de un recurso ha cambiado. El *token* de ejecutar el proceso se asocia con el objeto que cambió la capacidad.

OnCapacityReservationCancelled. Éste se ejecuta cuando una reserva de capacidad para un recurso ha sido cancelada, ya sea debido a un tiempo de espera por una reserva o porque la entidad titular de la reserva fue destruida.

OnEnteredFreeSpace. Éste se ejecuta cuando una entidad de transporte tiene una ubicación de espacio libre. Este proceso se utiliza dentro de las entidades, trabajadores y vehículos.

OnEvaluatingAllocation. Éste se ejecuta cuando se ha determinado la capacidad del objeto que debe ser asignado. El testigo de la ejecución del proceso se asocia con el objeto del que se está tratando de aprovechar la capacidad. Este proceso se utiliza dentro de muchos de los objetos de la librería estándar.

OnRunEnding. Si se ejecuta en modo interactivo, entonces éste se ejecuta cuando se produce el paro y acciona el botón *Reset*. También se ejecuta si en el modo de experimento se ha alcanzado el tiempo de finalización y eventos de calendario se han agotado, posteriormente las estadísticas finales están listas.

OnRunInitialized. Esto se produce cuando un modelo comienza a correr.

OnRunWarmUpEnding. Si se está ejecutando en el modo de experimento, si se ha especificado un período de calentamiento y se termina, éste se ejecuta justo antes de que las estadísticas se borren.

2.2.4 Elementos estadísticos en SIMIO

Existen tres tipos de estadísticos diferentes que se presentan como resultados de una simulación. Estos son estadísticos más detallados de una variable de estado y permiten obtener indicadores que se pueden mostrar en el *Facility* a través de *State Labels*. Las características de cada uno se adecuan a las necesidades del usuario, los tres tipos se describen a continuación:

- **Output Statistic:** es un estadístico de salida que calcula el valor de una variable de estado al final de la simulación.
- **Tally Statistic:** es un estadístico que calcula el valor promedio de una variable de estado a lo largo de una simulación.
- **State Statistic:** es un estadístico que calcula el cambio que tiene una variable de estado con respecto al tiempo en una simulación.

2.3 Metodología TRIZ

A continuación, se presentan algunos conceptos que pueden ofrecer una perspectiva concisa sobre los conceptos básicos relacionados con el proceso de innovación en el diseño de la mesa, en el área de pelado y sobre las herramientas a implementar.

2.3.1 Modelo KANO

El modelo de Kano es una herramienta para la gestión de la calidad de los productos, relaciona las características de un producto con el nivel de satisfacción de sus clientes o compradores (Sejzer, 2016). Creada en los años 80's por el profesor japonés Nokiari Kano, quien, junto con los co-autores Seraku, Takahashi y Tsuji, explicó las bases de su modelo en su artículo "*Calidades atractivas y calidad obligatoria*" publicado en el año 1984.

El modelo Kano busca identificar y clasificar los distintos atributos de los productos para luego relacionarlos con el grado de satisfacción que brindan al cliente.

2.3.2 Objetivos del Modelo KANO

Ayuda a identificar los siguientes tres elementos, claves para nuestra estrategia de venta:

- Cuáles son las falencias de un producto, esto es atributos que deberían estar presentes pero no lo están o no en suficiente grado.
- Si es conveniente o no invertir en agregar o no un determinado atributo. ¿El cliente estará o no dispuesto a pagar por este atributo adicional?
- Determinar cuáles atributos pueden superar a nuestros competidores.

2.3.3 Cómo funciona el Modelo KANO

Clasifica los atributos en cinco grandes categorías, de acuerdo a cómo afectan la satisfacción del cliente:

Calidad básica o esperada: son los atributos mínimos con los que debe contar un producto o servicio, es decir es lo mínimo que el cliente espera encontrar y si no se encuentran estos atributos existirá una gran insatisfacción. Así por ejemplo, el que un hotel tenga sábanas limpias y toallas son requisitos mínimos exigibles. Los atributos básicos no sirven para aumentar la

satisfacción del consumidor, probablemente el no agradecerá si las encuentra ya que es lo mínimo que espera.

Calidad deseada o de performance: esta calidad también es conocida como atributos de rendimiento, es empleada en atributos que son solicitados por el cliente y que pueden marcar la diferencia con los competidores. Así por ejemplo, si el hotel es iluminado, cercano a una estación de metro, a una zona tranquila, etc. son atributos que el cliente valora, agradece y que al mismo tiempo los utilizará para hacer comparaciones y decidir con cuál se queda. Es necesario mencionar que los atributos influyen significativamente en la satisfacción del cliente, a mayor cantidad de atributos encuentre, más satisfecho quedará.

Calidad motivadora o emocionante: éstos se definen como los atributos que sorprenden al cliente ya que los valoran pero no esperaba encontrarlos. Es decir, son detalles con los que la empresa es capaz de sobrepasar las expectativas del cliente.

Este tipo de calidad es motivadora ya que produce gran satisfacción al cliente aunque su ausencia no le generará insatisfacción.

Calidad indiferente: son atributos que no influyen en nada en la satisfacción del cliente. Así por ejemplo, un cliente no se da cuenta si la botella de agua que le dejaron en su habitación es de mayor o menor calidad.

Calidad de rechazo: son atributos, más bien características que el cliente percibe como negativos y les causa rechazo. Por ejemplo, un envase de crema o comida incómodo, que se rompe o poco funcional.

2.3.4 Gráfico del Modelo de Kano

El modelo de Kano se puede representar gráficamente. En el eje horizontal ubicamos los atributos o función del producto, que va desde ausente hasta completamente implementado y en el eje vertical en tanto, ubicamos el grado de satisfacción del cliente que va desde descontento (insatisfecho) hasta encantado.

Como se puede observar en la Figura 2.8 los atributos básicos apenas cubren las expectativas del cliente, mientras que los atributos de performance afectan su grado de satisfacción de manera

creciente. No obstante, los atributos de emoción son los únicos que pueden llevar al cliente a un grado de satisfacción máximo.

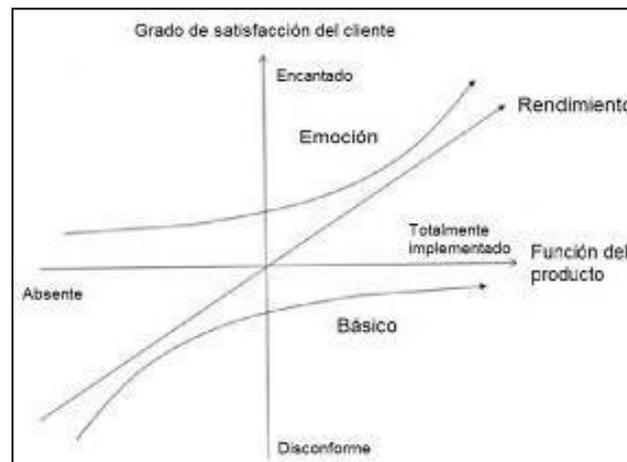


Figura 2. 8 Gráfico-Modelo KANO (Roldán, 2020).

2.3.5 Proceso de Análisis Jerárquico-AHP

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty (*The Analytic Hierarchy Process, 1980*) está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

En conclusión el AHP “se trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión”.

El AHP se fundamenta en:

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de meta, criterios, subcriterios y alternativas).
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico.
- Comparaciones binarias entre los elementos.
- Evaluación de los elementos mediante asignación de “pesos”.
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados.

- Síntesis.
- Análisis de Sensibilidad.

Esta herramienta metodológica ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión.

2.3.6 Ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio

- Presentar un sustento matemático.
- Permitir desglosar y analizar un problema por partes.
- Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso.
- Permitir verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones, si es del caso.
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad.
- Es de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

El AHP utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos. Se presentan las calificaciones numéricas que se recomiendan para las preferencias verbales expresadas por el decisor. Investigaciones anteriores han determinado que ésta es una escala razonable para distinguir las preferencias entre dos alternativas (*Toskano Hurtado, 2015*).

Tabla 2.4 Escala de preferencias.

Planteamiento verbal de preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuerte y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Fuente: (*Decisión Multicriterio, 2018*)

2.3.7 QFD

QFD es básicamente un proceso de planificación con un enfoque de calidad para el diseño de un nuevo producto, su desarrollo e implementación son impulsados por las necesidades y valores del cliente. El QFD ha sido utilizado con éxito por muchas organizaciones de clase mundial en automóviles, construcción naval, electrónica, aeroespacial, servicios públicos, ocio, entretenimiento, finanzas, software y otras industrias.

El Despliegue de la Función de Calidad (Quality Function Deployment) es un enfoque estructurado para definir las necesidades o requisitos del cliente y traducirlos en planes específicos para realizar productos para satisfacer esas necesidades. La "*voz del cliente*" es el término para describir estas necesidades o requisitos declarados y no declarados. La voz del cliente se captura de varias maneras: discusión directa o entrevistas, encuestas, focus group, especificaciones del cliente, observación, datos de garantía, informes de campo, todas estas necesidades del cliente se resumen en un producto (*Djekic, 2016*).

2.3.8 Análisis Funcional (FAST)

El proceso de diseño de ingeniería es una parte clave del nuevo producto, dicho proceso puede verse como una actividad de resolución de problemas humanos en la que las necesidades y las especificaciones funcionales del cliente se traducen en una especificación del producto final. Con la creciente complejidad de los productos y procesos, existe una creciente demanda por parte de los diseñadores de ingeniería para comprender y controlar las complejas relaciones entre el comportamiento requerido y la estructura física del objeto de diseño. Es importante mencionar que, para que el proceso sea efectivo se deben de comprender las relaciones funcionales útiles y perjudiciales, lo anterior, es un aspecto fundamental en la entrega de proyectos para la introducción de nuevos productos.

Las herramientas de soporte de diseño generalmente ayudan a los diseñadores en la generación de modelos y abstracciones, y se requieren debido a las limitaciones cognitivas y la complejidad del problema. En la industria, las herramientas existentes son de naturaleza predominantemente cuantitativa y tienden a centrarse en etapas posteriores del proceso de diseño.

2.3.9 Diagrama FAST

El Diagrama FAST es una técnica de calidad que se enfoca mayormente en la ingeniería de valor, analizando los costos. Se utiliza para analizar la estructura funcional de un sistema técnico. Mediante este método se despliegan y separan las funciones del producto dividiéndose en elementos manejables y así, poder ser tratados individualmente. Este tipo de metodología se orienta a las funciones del producto, y lo que se trata de analizar es el fin del producto para conseguir cubrir las necesidades del cliente; mediante este método se pueden crear nuevas funciones o mejorar las ya existentes mediante la creatividad y la innovación (J., 2011).

De acuerdo al manual por la *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco-Buenos Aires* nos dice; TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad tecnológica, basado en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Las personas que resuelven problemas de forma intuitiva, encontrarán que el método TRIZ les proporcionará ideas adicionales. Las personas que resuelven problemas de forma estructurada encontrarán que el método TRIZ les proporcionará estructuras adicionales.

TRIZ se considera la primera técnica que se basa en el conocimiento, pero no la única, ya que a partir de ella se han construido otras. El creador del método TRIZ fue Genrich Altshuller, un ingeniero ruso que desarrolló la teoría a través del análisis de un millón y medio de patentes de invención. Se percató de que a pesar de que los inventos que analizó resolvían problemas muy diferentes, en campos también muy diferentes, las soluciones aplicadas podían obtenerse a partir de un conjunto relativamente reducido de ideas básicas o principios de invención generales (Juan Carlos Nishiyama, 2013).

TRIZ es el acrónimo ruso de "*Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach*", es decir, la "*teoría de la resolución de problemas inventivos*" desarrollada anteriormente por Genrich Altshuller, un ingeniero soviético, inventor y escritor de ciencia ficción. La primera publicación ("sobre la *Psicología de la Creación Inventiva*") se remonta a 1956 y discute sobre cómo resolver miles y diferentes de contradicciones técnicas mediante un número limitado de "Principios inventivos". En 1969, Altshuller publicó "*El algoritmo de innovación*", un documento en el que se conocen los 40 Principios de la invención y la primera versión de la llamada "*ARIZ*" (Acrónimo Ruso para el "*algoritmo para la Solución de Problemas Inventivos*").

Las tres observaciones principales hechas por Altshuller como consecuencia de su notable esfuerzo de investigación, pueden resumirse a continuación:

- Los sistemas técnicos evolucionan de acuerdo con las leyes objetivas, hacia un grado cada vez mayor de idealidad (es decir, la relación entre los beneficios y la suma de los costos y los efectos dañinos).
- Cualquier problema técnico específico se puede convertir en un más generalizado a través de un proceso de abstracción. Gracias a abstracción, Altshuller observó que surgen problemas similares en campos muy diferentes, permitiendo agrupar la resolución relacionada.

Los principios inventivos, pueden utilizar soluciones basadas en conceptos similares para resolver problemas técnicos aparentemente diferentes. En consecuencia, ha sido posible construir la teoría de la invención, dirigida a encontrar el camino conceptual más efectivo para la generación de soluciones (*Lasserre, 2018*) .

De acuerdo con las consideraciones antes mencionadas, se han desarrollado herramientas inventivas que constituyen el conjunto de herramientas TRIZ. Se explicarán algunas a continuación:

Tabla 2.5 Herramientas Inventivas.

Herramienta	Descripción
Matriz de Contradicciones	Es una matriz, donde las filas y las columnas contienen los llamados 39 Parámetros de Ingeniería. Cualquier contradicción técnica puede ser representada como una combinación de dos de estos parámetros después de una interpretación amplia de ellos. El parámetro de mejora debe elegirse entre los expuestos en la columna, mientras que el parámetro que empeora debe encontrarse entre los que están en fila. La celda identificada por la intersección de la fila y la columna seleccionada, contiene los números de principios inventivos recomendados para resolver la contradicción.
Evolución de Tendencias	Las tendencias evolutivas, o tendencias (de patente) de evolución, son una consecuencia directa de las leyes de la evolución del sistema. Muchos diferentes números de patrones de evolución se reconocen en diferentes libros y artículos de TRIZ (por ejemplo, 8,10, 20 o incluso 30) pero el consenso correcto parece ser de 8 tendencias. Los estudios de Altshuller demostraron que, si un sistema comienza a seguir una de esas tendencias, durante sus evoluciones llegaría al final previsto. Por lo tanto, es posible analizar el estado actual de un sistema y su historia para identificar qué tendencia ha emprendido y cómo evolucionará el sistema en el futuro.
Principios Inventivos	Del análisis de cientos de miles de patentes, Altshuller extrajo una lista de 40 métodos para superar las contradicciones técnicas: los llamados Principios Inventivos. Tales métodos han sido utilizados por los inventores para generar sus ideas, independientemente del campo del problema. Durante varios años, se han analizado muchas otras patentes para buscar otras formas de resolver problemas, pero no se ha agregado ninguna a la lista de Altshuller.
Contradicciones Físicas	Dos parámetros forman una contradicción técnica, y la mejora de uno de ellos provoca el empeoramiento del otro. Esto significa que hay al menos un parámetro físico que los pone en relación. Los parámetros de dos opuestos entre sí representan las Contradicciones Físicas.

Fuente: (Manual TRIZ, 2019)

TRIZ es compatible con la resolución de problemas y el desarrollo de soluciones innovadoras, la solución de problemas y la prevención de fallos, la gestión de incidentes, la definición de nuevos conceptos de productos-servicios-negocios y la resolución de conflictos administrativos y de gestión. (Florineschi, 2018).

Autores como Rantanen y Domb presentan los pasos de la metodología TRIZ, como se muestra en la Figura 2.9.



Figura 2.9 Esquema de solución de problemas usando TRIZ (Florineschi, 2018).

Donde:

1. Problema particular o específico. Este problema específico se debe plantear en un problema genérico, es decir se deben usar los 39 parámetros técnicos de TRIZ. Todo sistema puede plantearse como un problema genérico y este problema tendrá una contradicción particular.

2. Problema genérico. En esta etapa, vamos a lo que en TRIZ se conoce como la Matriz de Contradicciones, cuya función es mostrar cómo otros problemas generales análogos al que planteamos han sido resueltos por medio de la historia del conocimiento.

3. Solución general. Son conocidas como Principios de Inventiva.

4. Solución específica. Finalmente, al usar estas soluciones generales, tratamos de solucionar nuestro problema específico. Este tipo de procedimiento nos permite romper con la inercia psicológica y, de esta manera, se logran soluciones innovadoras a problemas concretos.

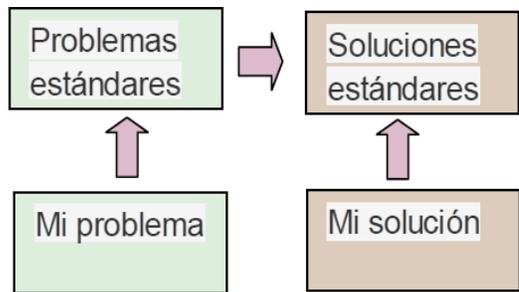
2.3.10 Premisa

Existen dos tipos de problemas que el ser humano debe enfrentar:

- Con soluciones previamente conocidas.
- Con soluciones desconocidas.

Aquellos problemas con soluciones conocidas, usualmente pueden ser resueltos con informaciones obtenidas de los textos técnicos y publicaciones especializadas, asimismo

acudiendo a los especialistas del campo en cuestión. Estas soluciones siguen un patrón de resolución de problemas, tal como se muestra en la siguiente figura:



En TRIZ, el problema particular es elevado hacia un problema estándar de naturaleza análoga o similar. Un estándar es conocido y de éste vendrá mi solución particular. Ver figura de la izquierda.

Figura 2.10 Estrategia básica de TRIZ (Florineschi, 2018).

2.3.11 Condiciones del TRIZ

Geinrich Altshuller construye una teoría con las siguientes condiciones:

- 1) Ser un procedimiento sistemático paso a paso.
- 2) Ser una guía a través de amplios espacios de solución para dirigir los pasos a la solución ideal.
- 3) Ser repetible, confiable y no dependiente de las herramientas psicológicas.
- 4) Debe permitir el acceso al cuerpo del conocimiento inventivo.
- 5) Debe permitir agregar elementos al cuerpo de conocimiento inventivo.
- 6) Ser lo suficientemente amigable para los diseñadores siguiendo la aproximación general en la resolución de los problemas inventivos.

2.3.12 Tendencia Evolutiva

De acuerdo con lo analizado según los patrones establecidos en TRIZ, se debe determinar encontrarse líneas de evolución del producto a estudiar e innovar. Las tendencias de evolución aparecen a partir de identificar patrones en la resolución de problemas. Dichos patrones surgen a partir de diferentes contradicciones que en algunos casos son difíciles de entender e identificar. La finalidad de reconocer los patrones es entender la forma de solucionar el problema e identificar las características del resultado final de las soluciones.

Para esto, la observación es muy importante puesto que al ver la evolución de un sistema es fácil predecir la solución del problema que puede presentar el mismo y ahorrar tiempo en llegar al sistema ideal.

2.3.13 Exploración en la base de datos de patentes

Finalmente, se debe realizar la búsqueda en bases de datos de patentes para encontrar invenciones similares, la finalidad de esto es determinar si no existen patentes que cumplan con la invención propuesta, esto ayuda a que se pueda registrar en un futuro.

2.3.14 Prototipo

Con base a la investigación y el proceso de diseño, se debe desarrollar un prototipo que es afín con la tendencia de evolución, cabe destacar que en esta fase se deben especificar todas las características del producto u objeto a innovar, como su vista 3D.

Capítulo III. Metodología

3.1 Introducción

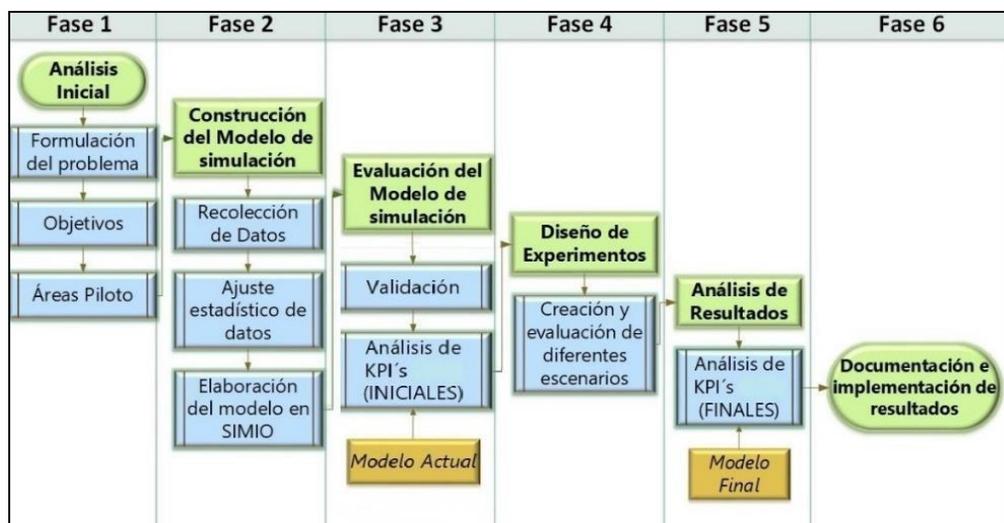
En el presente capítulo se muestra la aplicación de las metodologías utilizadas para la realización del presente proyecto. La metodología de Law-Kelton, la cual está basada en el método científico, se usa para simular procesos de producción, conocer el rendimiento del sistema, visualizar áreas de oportunidad y evaluar estrategias de mejora.

La segunda metodología es la de resolución de problemas basados en el conocimiento conocido también como TRIZ, la cual por medio de la innovación y los modelos de evolución de patentes ayudará a cumplir con el objetivo de elevar la productividad en el sistema de producción de salchichas.

3.2 Metodología de la Simulación

Dentro del estudio de la simulación, una de las metodologías más ocupadas es la propuesta por (Law, 2000) que sirvió como guía para el desarrollo del presente estudio de simulación (Figura 3.1). Para llevar a cabo el análisis del sistema de producción de salchichas en empresa se ocupó el software SIMIO (Modelación en Simulación basada en Objetos Inteligentes).

Figura 3.1 Metodología propuesta para la simulación de la línea de embutidos.



(M. Law & W. Kelton, 2000).

A continuación, se describen las seis fases que conforman la metodología propuesta por *Law y Kelton 2000*.

3.2.1 FASE 1: Análisis Inicial

En esta etapa se realiza un análisis inicial de cada situación en cada uno de los casos a estudiar.

3.2.1.1 Formulación del problema.

De acuerdo a los registros de producción de la empresa existen seis líneas de fabricación de embutido. Actualmente la salchicha tipo XYZ genera aproximadamente el 35% de las ganancias para la empresa, por consiguiente el desarrollo de este proyecto se enfocó en la línea número tres correspondiente a la producción de salchichas, donde se detectó una variabilidad significativa en el proceso, incumplimiento en la producción planeada y actividades que no agregan valor al producto.

3.2.1.2 Objetivos.

En esta etapa se establecen los objetivos que tendrá el estudio, así también se determina el plan para la realización de éste, se establecen las prioridades sobre diseños de nuevos procesos en base a optimización y diagnósticos de los problemas existentes.

A continuación, se describen los objetivos propuestos para el presente proyecto.

a) *Objetivo General*

Evaluación de propuestas de mejora mediante simulación en SIMIO y la metodología de TRIZ en una línea de producción de salchichas de la empresa.

b) *Objetivos Específicos*

- Desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos mediante herramientas estadísticas para identificar las áreas de mejora en la línea tres correspondiente a la producción de salchichas.
 - Elaboración de un modelo de simulación en SIMIO para evaluar la línea de producción.
 - Desarrollo de propuestas de alternativas de mejora mediante SIMIO y una entrevista con el dueño y directivo de la empresa.
-

- Exploración en la base de datos de patentes.
- Identificación de las necesidades del cliente mediante un Modelo KANO.
- Determinar la jerarquización de las características primarias y las características secundarias, mediante un modelo AHP (Proceso de Análisis Jerárquico).
- Identificar las necesidades y expectativas de los clientes para priorizar la satisfacción de estas expectativas en función de su importancia, mediante un modelo QFD.
- Analizar la estructura funcional del sistema técnico, mediante el diagrama FAST.
- Aplicación de la metodología TRIZ en el diseño conceptual.
- Diseñar el Prototipo 3D en el software SolidWorks.
- Análisis y evaluación de los escenarios en el software SIMIO para generar recomendaciones a la empresa.

3.2.1.3 Áreas Piloto

En esta etapa se analizan los siguientes puntos:

1. Factores críticos de los procesos de producción.

Los flujos de materiales, las personas, el flujo de la logística de la empresa, las capacidades de producción de las áreas de trabajo.

2. Áreas piloto y se define dónde se podrían aplicar las mejoras.

En el proceso de producción de salchichas intervienen cinco células de trabajo que se muestran en la Figura 3.2.

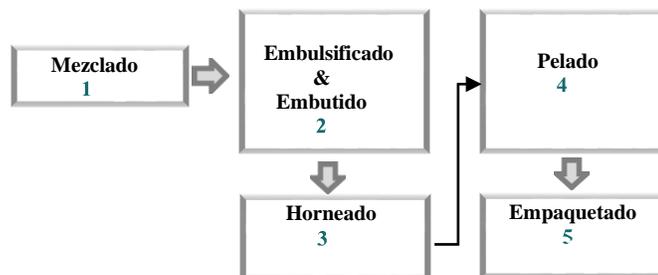


Figura 3.2 Diagrama del Proceso General de Salchicha (elaboración Propia).

Dentro de la información anteriormente mencionada, la empresa cuenta con varias líneas de producción, que hace referencia a sus diferentes productos. El presente trabajo se centra en la línea de producción de salchicha tipo XYZ, debido a que, de acuerdo a la información obtenida

por la empresa, es el producto que genera aproximadamente el 35% de las ganancias; por lo tanto se busca generar alternativas que disminuyan los costos, tiempos y/o recursos de gran interés.

Actualmente el proceso de producción del embutido consta de diferentes etapas y termina en la fase de empaquetado. Cada una de las etapas le agrega valor al producto por lo que la mejora continua en las estaciones de trabajo es una meta constante en la empresa.

El proceso de producción del embutido se describe a continuación:

1.- Mezclado

Este es el primer paso del proceso productivo, consiste en introducir todos los ingredientes a la máquina que se muestra en la Figura 3.3, cabe destacar que se realizó la simulación para una producción equivalente a 4 toneladas, con un tiempo de procesamiento de 60 minutos.

Personal requerido: 1 Operador.

Tabla 3.1 Ingredientes necesarios para 4 toneladas.

Ingrediente	Cantidad
Carne	
Grasa de cerdo	
Almidon,sales, condimentos	

Fuente: Elaboración Propia.

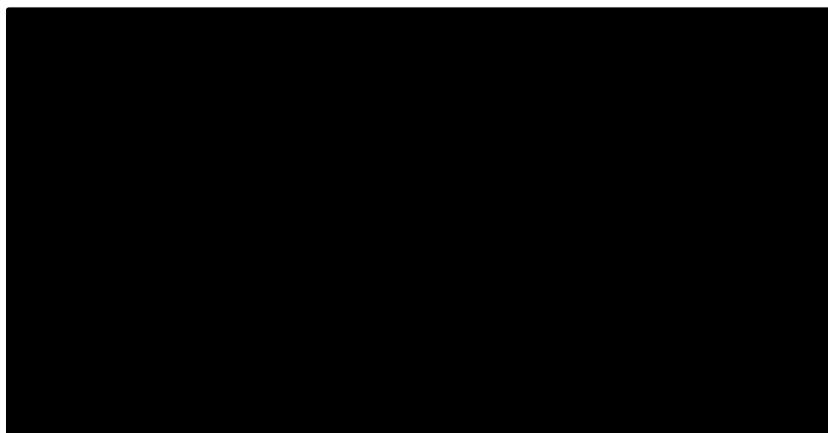


Figura 3.3 Máquina-Mezcladora (elaboración propia).

2.- Embulsificado y Embutido

Los operadores, en esta segunda célula se encargan de transportar los 4 lotes de 700 kg de pasta al emulsificador que se muestra en la Figura 3.4 en la sección A, donde permanece en fila de

espera hasta que se va consumiendo de uno en uno por la embutidora que se muestra en la sección B. Es importante mencionar que existe un tiempo de procesamiento promedio de 138 minutos.

Personal requerido: 3 Operadores.

Tabla 3.2 Componentes necesarios para 1 tonelada.

Componente	Cantidad
Carritos	
Tripas de embutido	

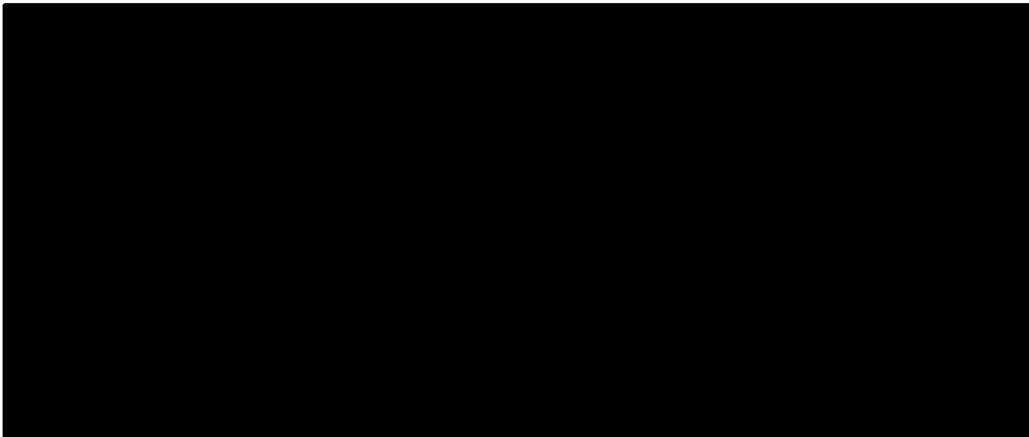


Figura 3.4 Máquina de Embulsificado y embutido (elaboración propia).

3.- Horneado

La célula de trabajo que se muestra en las Figura 3.5 consta de un operador que es el que se encarga de manejar el tablero de los hornos. Los hornos tienen una capacidad de ocho carritos equivalente a dos toneladas, con un tiempo promedio de 75 mnts.

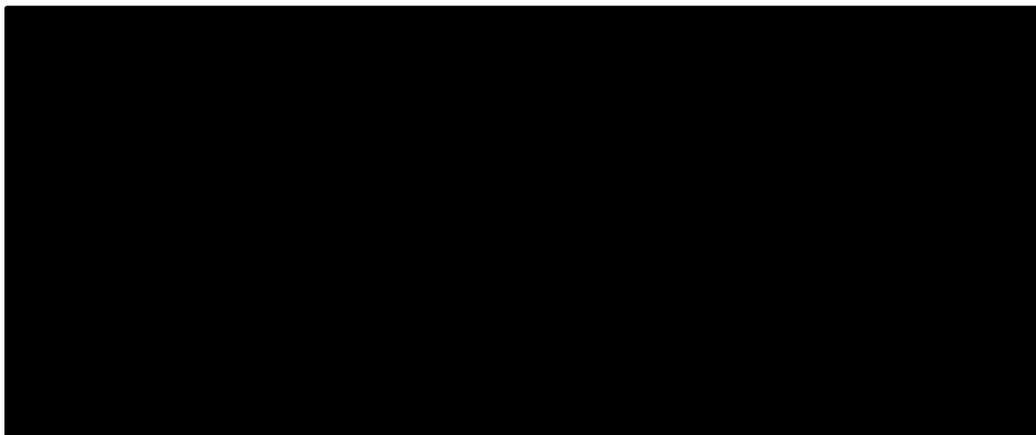


Figura 3.5 Horno-Parte delantera (elaboración propia).

4.- Pelado

En esta célula de trabajo se tienen de 6 a 7 operadores que están distribuidos de la siguiente manera:

- El primer trabajador se encuentra operando la máquina de pelado que se muestra en la Figura 3.6 sección A.
- De cinco a seis operadores se sitúan en la mesa que se presenta en la Figura 3.6 sección B. Área que se encuentra posterior a la máquina de pelado, lugar donde se reciben las salchichas sin la cubierta de celulosa, rápidamente se acomoda de manera segmentada y escalonada para concluir en la etapa de empaquetado.

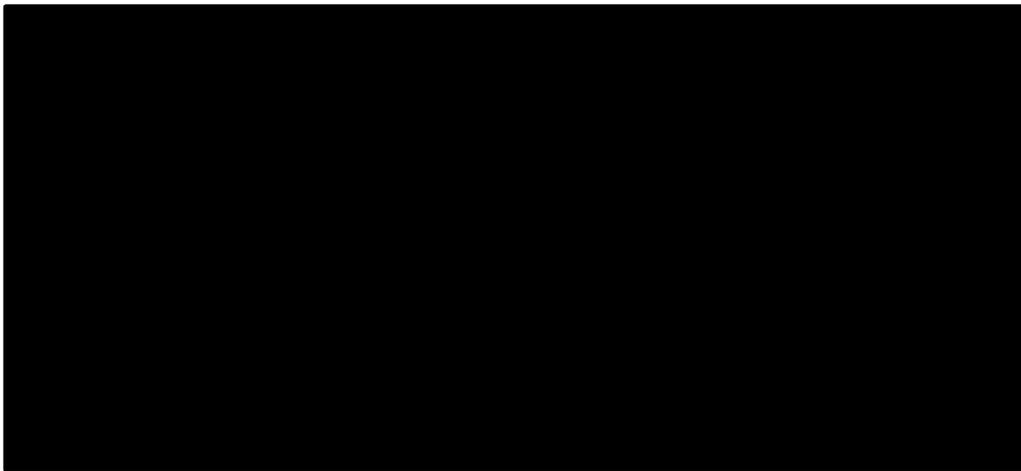


Figura 3.6 Mesa de segmentación (elaboración propia).

5.- Empaquetado

En la Figura 3.7 se observa la máquina de empaquetado. En esta última etapa la salchicha se encuentra seccionada y escalonada para ser acomodada en bolsas y sellada con la marca de la empresa. En la Figura 3.8 se muestra el área de recepción y etiquetado de paquetes, espacio donde se localizan un total de tres operadores. Finalmente, es colocada en cajas y acomodada en tarimas donde cabe destacar que cada tarima está compuesta por nueve cajas equivalente a 204 paquetes.



Figura 3.7 Máquina de Empaquetado (elaboración propia).

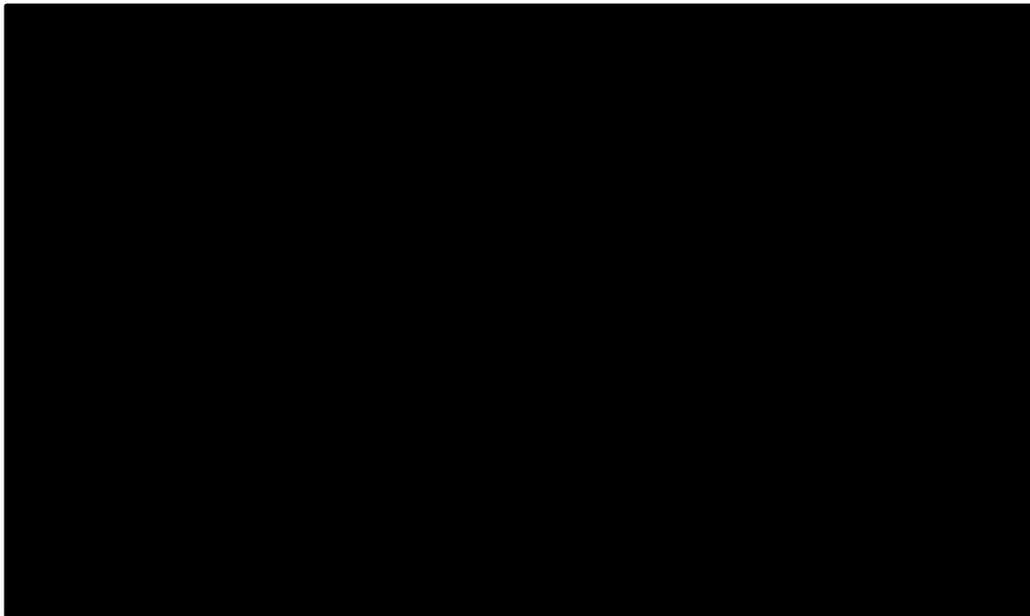


Figura 3.8 Recepción y etiquetado de lotes de salchichas (elaboración propia).

Con la finalidad de analizar adecuadamente el proceso, se establecieron los siguientes supuestos del modelo, los cuales fueron definidos con apoyo del ingeniero de producción y el dueño de la empresa.

1. El sistema comienza con una producción diaria de cuatro toneladas.
2. Se trabaja un turno de 8 horas por cada trabajador de una de las 5 áreas que componen la línea de producción de salchichas tipo XYZ. En conjunto son 12 horas para la producción total de la línea tres. Los días que se labora la empresa es de lunes a sábado.

3. Una vez identificado y analizado el proceso que comprende la línea tres correspondiente a la producción de salchicha, se procedió a definir los principales indicadores claves de desempeño (KPI'S) por sus siglas en inglés, para cada una de las células de trabajo. A continuación, se enlistan las principales variables de entrada: tiempo de procesamiento, tiempo muerto y porcentaje de utilización.

3.2.2 FASE 2: Construcción del modelo de simulación

En la presente fase se ilustra los procesos previamente a realizar antes del proceso de construcción del modelo de simulación en el software SIMIO.

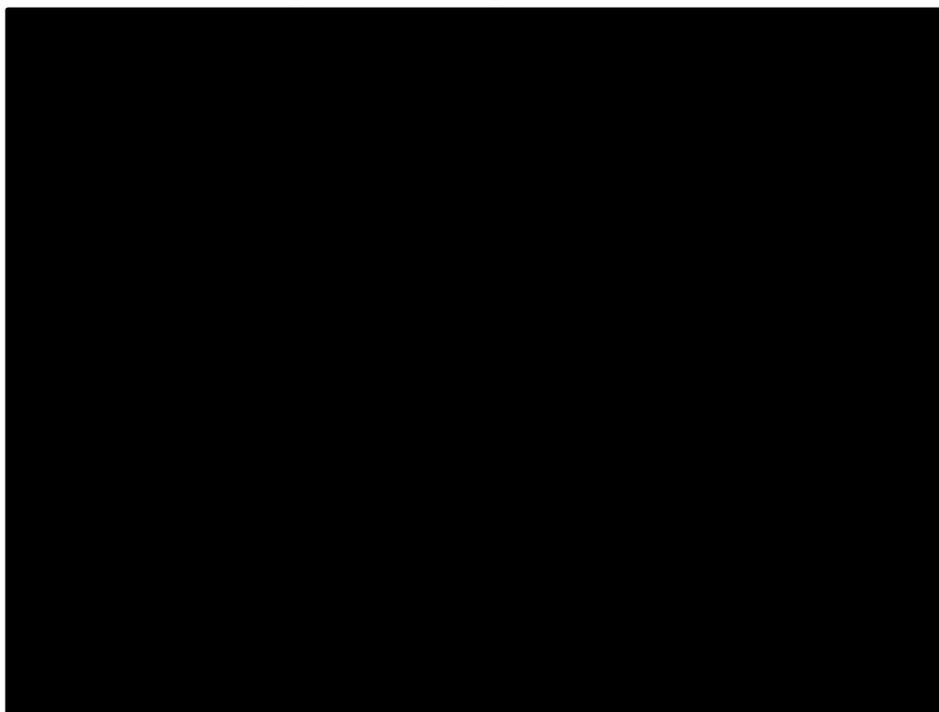
3.2.2.1 Recolección de datos

La recolección de datos del sistema real es un paso decisivo en la construcción de un modelo de simulación, los datos deben ser reales, precisos y confiables ya que de ello dependerá mucho que un modelo de simulación arroje información muy similar a la que brinda el sistema real.

Para la elaboración del presente proyecto se recolectaron diferentes tipos de datos que se pueden observar en las Tablas 3.3 y 3.4. Los datos de entrada para el modelo son datos reales que fueron recabados en un periodo de 5 meses aproximadamente, comprendido del mes de Abril del 2019 al mes de Septiembre del 2019. Estos datos fueron recolectados por medio de la observación de los procesos de cada una de las actividades de las áreas involucradas y aprobados por el ingeniero en producción.

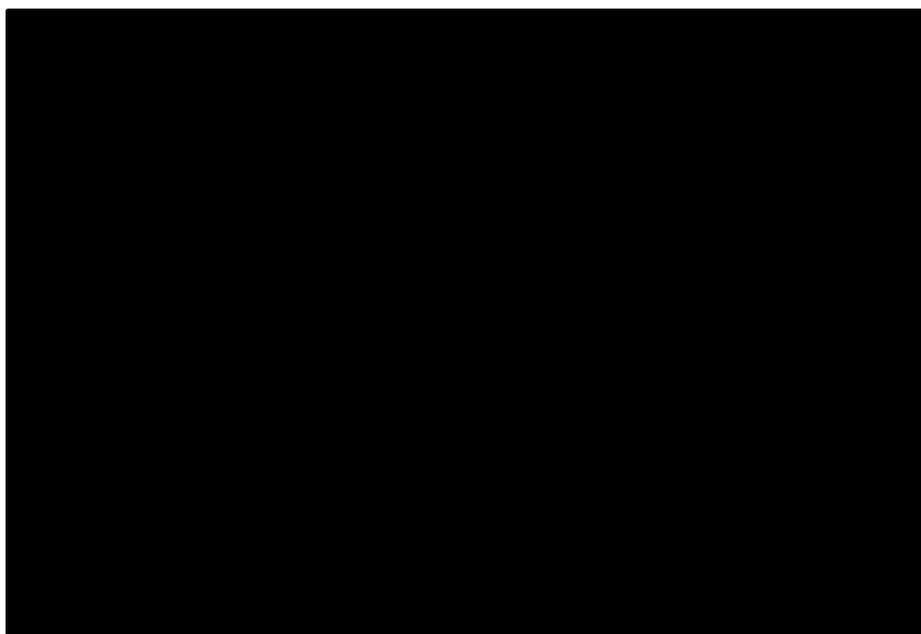
De la información recolectada solo se tomaron las que correspondían a cuatro toneladas ya que el 80% de la producción diaria es de 4 toneladas.

Tabla 3.3 Base de Datos-Ingreso de materia prima.

A large black rectangular box redacting the content of Table 3.3.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Base de Datos-Ingreso y Egresos de Producción.

A large black rectangular box redacting the content of Table 3.4.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2 Ajuste estadístico de datos

A los datos recolectados se les realizó pruebas de bondad de ajuste para determinar a qué distribución de probabilidad se ajustan mejor. Todas las pruebas se realizaron con la ayuda de la herramienta *Stat:fit*. En la Tabla 3.5 se muestra el concentrado de las pruebas de bondad de ajuste que se le hicieron a cada célula de trabajo.

Tabla 3.5 Pruebas de bondad de ajuste en la LP de salchicha.

Célula de Trabajo	Distribución de Probabilidad
Mezcladora	Distribución empírica
Embutido	Distribución uniforme (19-35 mnts)
Hornos	Distribución triangular (60-75-90 mnts)
Pelado	Distribución uniforme (53-220 mnts)
Empaquetado	Distribución empírica

Mezcladora

La primera etapa o célula del proceso productivo de salchichas es la de mezclado, donde se recabaron datos de varios meses los cuales se ajustaron mediante Stat: Fit.

Se puede observar en la Figura 3.9 que los datos son constantes y no es posible ajustarlos a alguna distribución teórica, por lo cual se decidió con el jefe de producción utilizar un valor constante de 60 minutos.

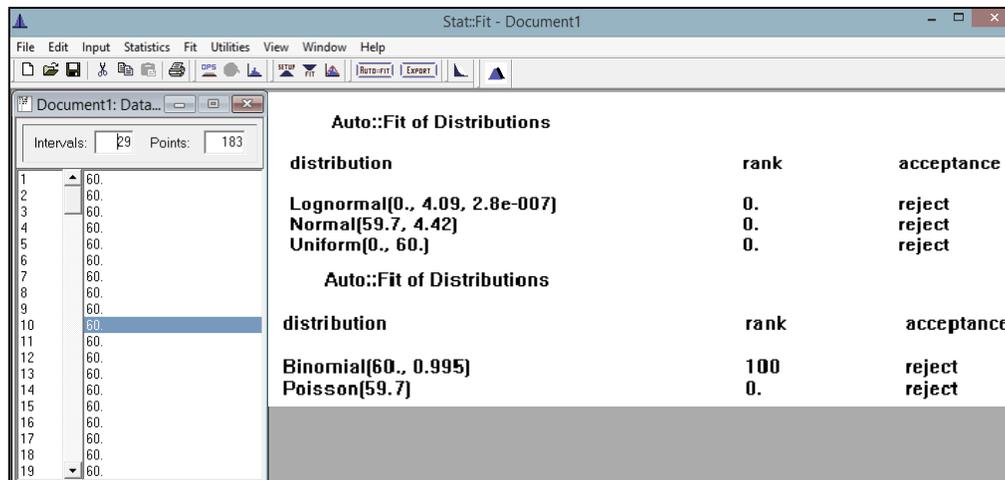


Figura 3.9 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de mezclado (elaboración propia).

Embutido

Para el segundo proceso de producción, tenemos embutido donde se puede observar en la Figura 3.10 que los datos se ajustan a una distribución uniforme (19-35) minutos.

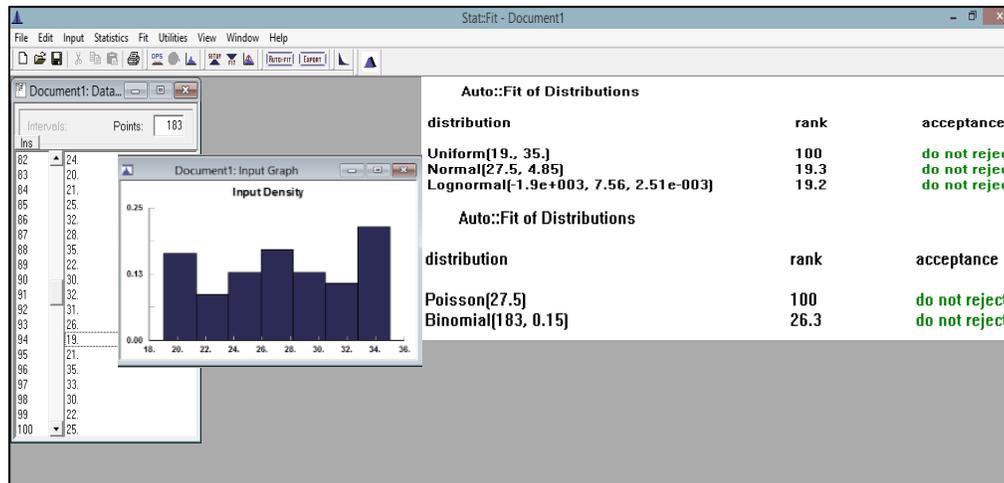


Figura 3.10 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de embutido (elaboración propia).

Hornos

Para el tercer proceso de producción, tenemos cocción dado por hornos donde se puede observar en la Figura 3.11 que los datos no se ajustan a alguna distribución teórica, por lo cual se realizó un histograma para ver el comportamiento de los datos y se decidió con el jefe de producción utilizar una distribución Triangular (60,75, 90) minutos.

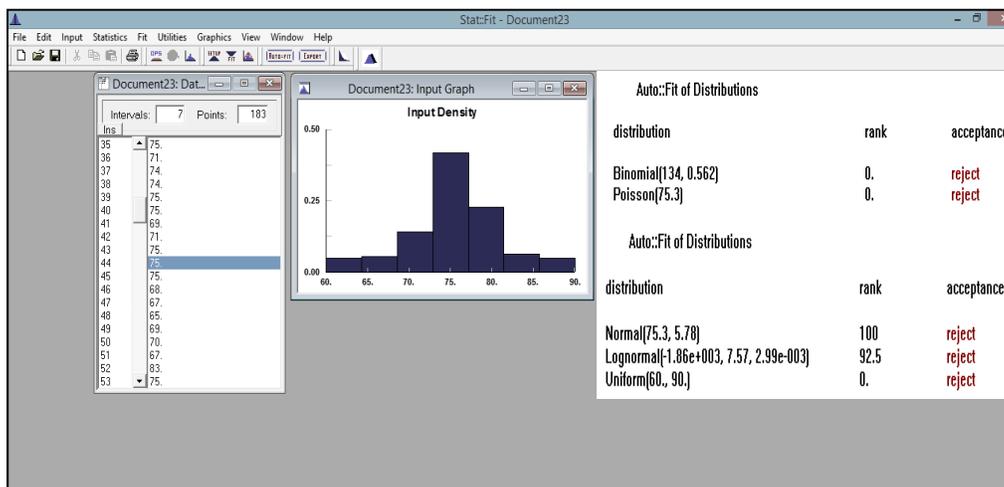


Figura 3.11 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Hornos (elaboración propia).

Pelado

Para el cuarto proceso de producción, tenemos el área de pelado donde se puede observar en la Figura 3.12 que los datos se ajustan a una distribución uniforme (53,220) minutos.

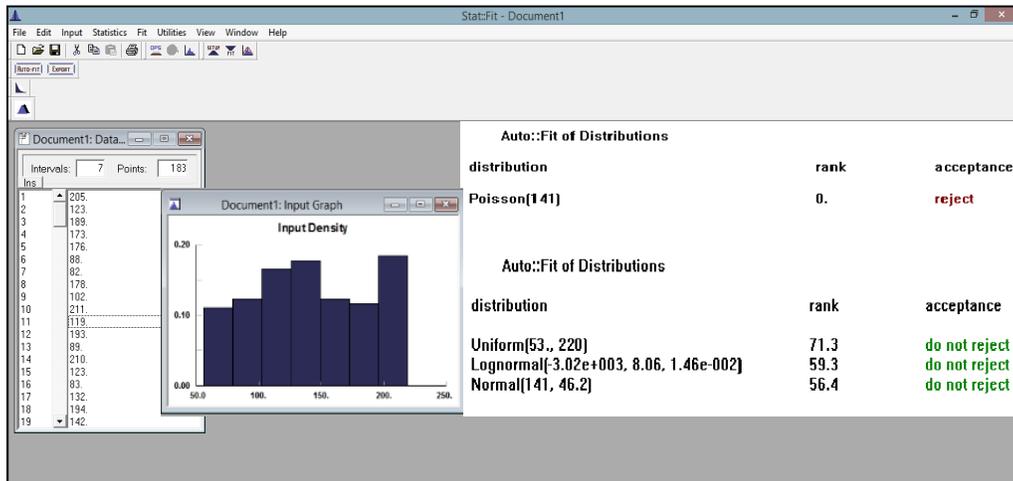


Figura 3.12 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Pelado (elaboración propia).

Empaquetado

Para el quinto y último proceso de producción, tenemos el área de empaquetado donde se puede observar en la figura 3.13 que los datos no se ajustan a ninguna distribución, esto se debe porque tiene un tiempo constante de 21 minutos que de acuerdo con la máquina de empaquetado es el 80% de velocidad, por lo cual se decidió con el jefe de producción utilizar un valor constante de 21 minutos.

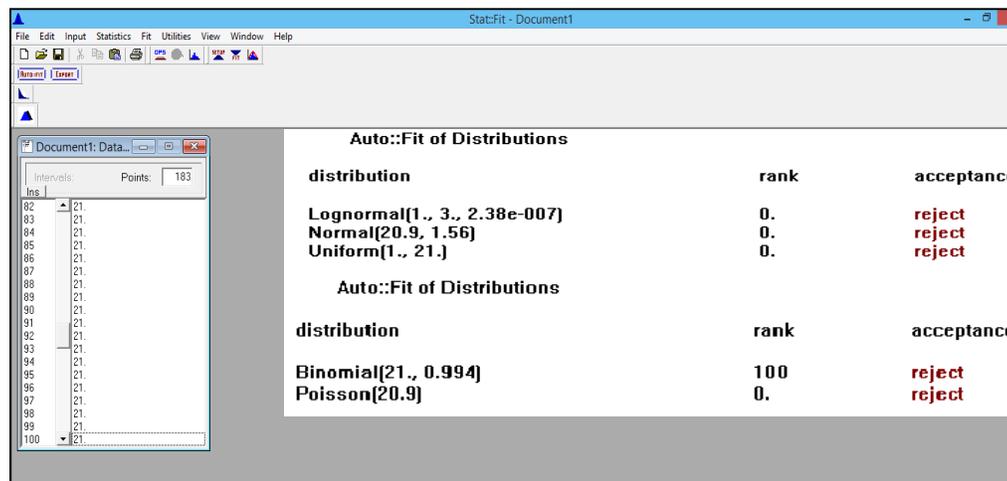


Figura 3.13 Prueba de bondad de ajuste para la etapa de Empaquetado (elaboración propia).

3.2.2.3 Elaboración del modelo en SIMIO

Mediante el uso del software de simulación SIMIO se construyó el modelo del sistema real, correspondiente a la línea de producción de salchichas, es importante mencionar que al simular cualquier modelo no se debe entrar a un grado de detalle excesivo.

Para la construcción del modelo de simulación del presente proyecto, se simuló el sistema de producción de la línea de salchichas, en el cual se presentan eventos discretos. Por esta razón, se decidió utilizar un modelo de simulación discreta.

Al iniciar la construcción del modelo, se abre el software SIMIO y éste otorga un ambiente de trabajo donde se despliegan una serie de herramientas que ayudan a la construcción del mismo. El ambiente de trabajo principal se llama Facility.

Existen cuatro opciones adicionales de navegación dentro del software SIMIO que son necesarias para construir el modelo de simulación, éstas son:

1. Processes Windows: Define la lógica del modelo en términos de un tradicional flujo de proceso.
2. Definitions Windows: Define las properties, states, events, lists y más de un objeto.
3. Data Windows: Permite tener acceso a un número de paneles para crear y editar datos.
4. Results Windows: Muestra los resultados en forma de una Pivot Grid o un Report.

En la Figura 3.14 se muestra la pantalla inicial del Software SIMIO. El menú de herramientas de la pestaña Facility ofrece una biblioteca con objetos inteligentes que serán la parte medular para la construcción del modelo de simulación.

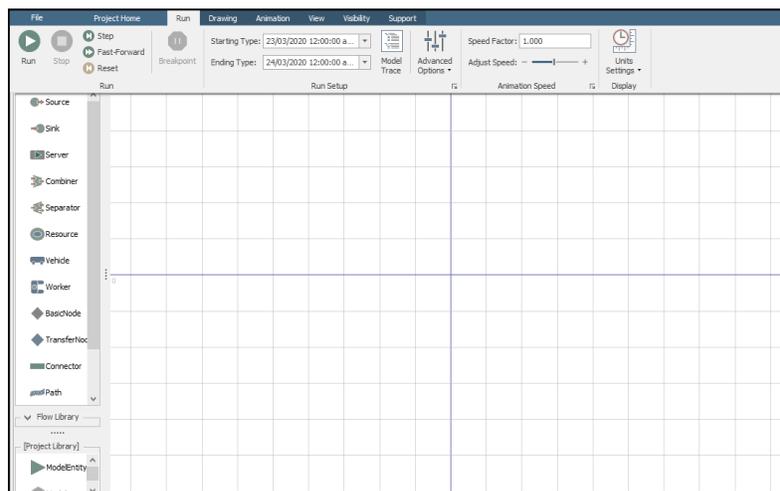


Figura 3.14 Ambiente de Trabajo Principal de Software Simio (elaboración propia).

En la pestaña Process se define la lógica que deben seguir los objetos durante la ejecución de la simulación, a través de steps o pasos del proceso que aparecen en la parte izquierda de la Figura 3.15.

Al revisar el funcionamiento de los procesos en la elaboración del presente proyecto, se agregó el breakpoint en ciertos steps, lo cual hizo que la simulación se detuviera cuando se ejecutara ese paso.

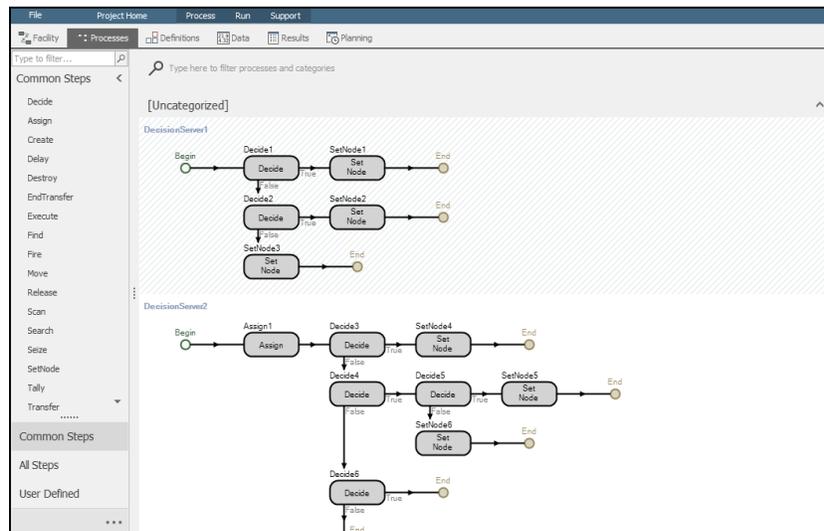


Figura 3.15 Ambiente de Procesos en Software SIMIO (elaboración Propia).

De acuerdo al desarrollo de esta investigación, a continuación se muestra el modelo de simulación paso a paso correspondiente al estado actual de la línea de producción de salchichas.

1.- Célula de mezclado

Para simular el área de mezclado primeramente se insertó un source, el encargado de generar los ingredientes necesarios para la producción con un máximo de un lote equivalente a cuatro toneladas. Posteriormente, el lote es trasladado hasta llegar a la mezcladora, la cual está representada por un separator que al ingresar el lote de ingredientes es eliminado por el primer sink y crea una nueva entidad tipo mezcla, correspondiente a cuatro lotes de 700 kilogramos en un tiempo de 60 minutos.

2.- Célula de embutido

Para simular el área de embutido, primero se necesita que el emulsificador acepte cada uno de los lotes para lo cual se utilizó un server el encargado de mantener la temperatura de la pasta

por un tiempo de cinco minutos. De ahí se generó embutido con la ayuda de un separator que al recibir cada lote se generaba un total de cuatro carritos, teniendo un total de 16 carritos en un tiempo Uniforme (19-35) minutos para cada lote ingresado en el separator.

3.- Célula de hornos

Antes de ingresar los carritos al área de hornos, se incorporó a la simulación un TransferNode para cambiar el destino de viaje de los carritos de salchichas que mediante un combiner se reparten en 8 carritos para cada horno. Para analizar el cocimiento del producto, fue representado cada horno por un server con un tiempo Triangular (60,75,90) minutos para cada uno.

4.-Célula de pelado

Para el área de pelado se incorporó otro TransferNode el cual se encargó de juntar los 16 carritos de los dos hornos, cada uno en lotes de ocho y trasladarlos a un servicio de 60 segundos correspondiente a la espera. Antes de ser ingresados a la máquina de pelado, se agregó un Separator el cual descartó los dos lotes de carritos y por cada lote de carritos género 102 cajas, que da un total de 204 cajas, es decir 42 cajas por pallet que corresponden a 4.8571 pallets por las 4 toneladas ingresadas a la línea de producción. Cabe destacar que el 0.85 de pallets es igual a un total de 36 cajas sobrantes, las cuales se quedan para el siguiente día de producción con la finalidad de incorporar otras cajas e integrar un pallet de 42 cajas y así exportar a producto terminado.

5.- Célula de empaquetado

Para la última área tenemos un Combiner que combina pallets con cajas y con una distribución empírica de 21 minutos para cada pallet.

A continuación, se muestran en las Figuras 3.16 a la 3.25 los diferentes ángulos del modelo de simulación elaborado en SIMIO.



Figura 3.16 [REDACTED] (elaboración propia).



Figura 3.17 Simulación 3D Vista lateral de empresa (elaboración propia).

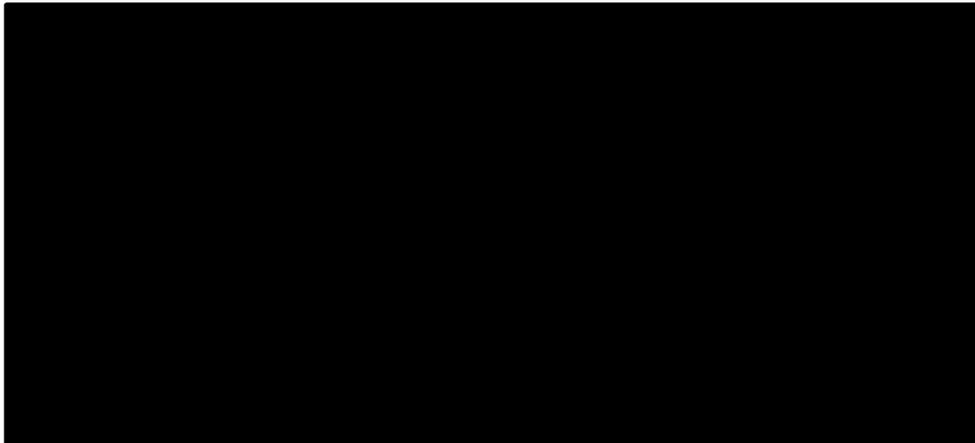


Figura 3.18 Simulación 3D Vista frontal de la empresa (elaboración propia).

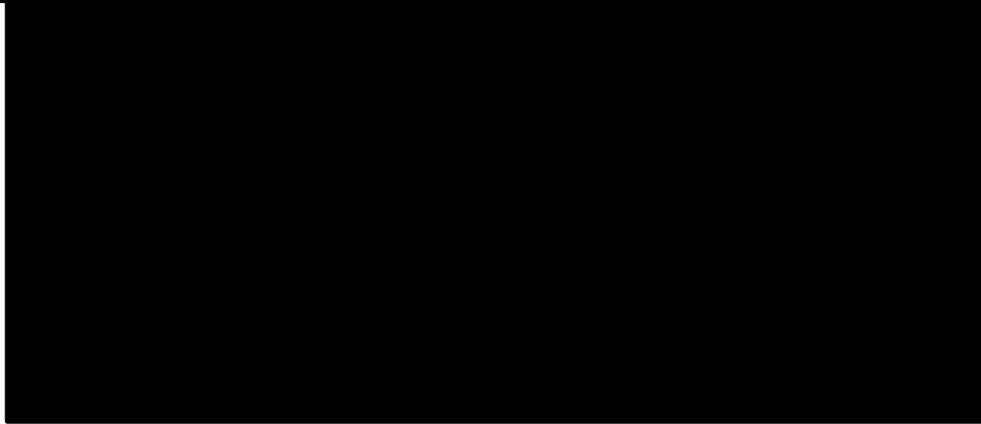


Figura 3.19 Simulación 3D Vista trasera de la empresa (elaboración propia).

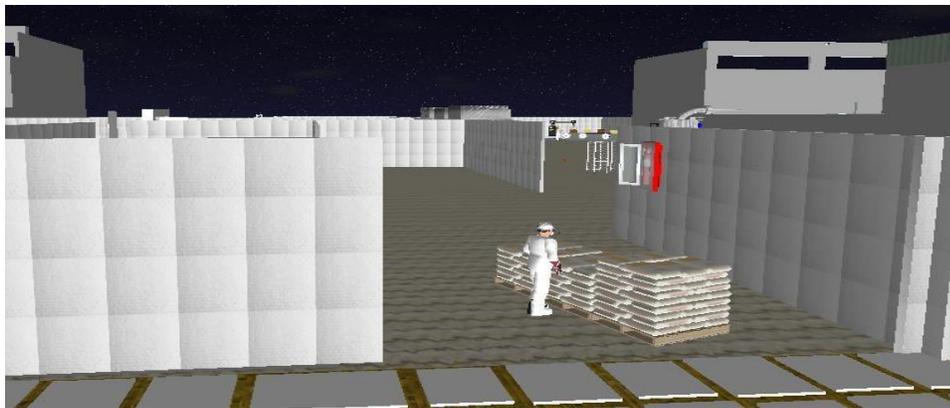


Figura 3.20 Área de Materia Prima (elaboración propia).

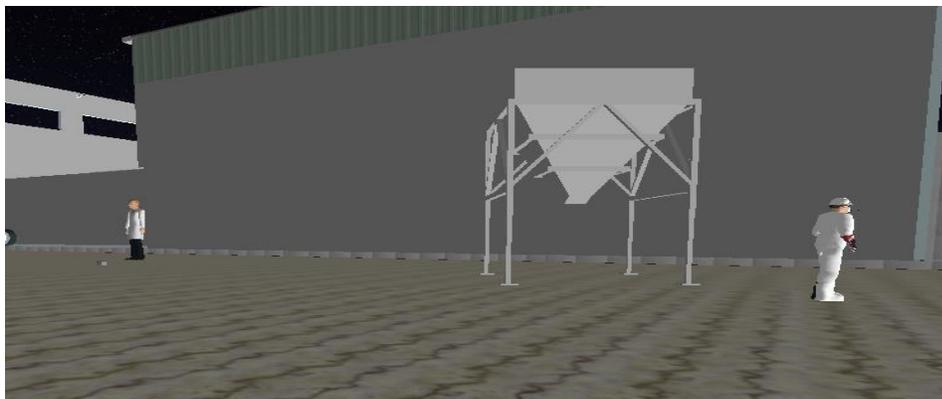


Figura 3.21 Área de Mezclado (elaboración propia).

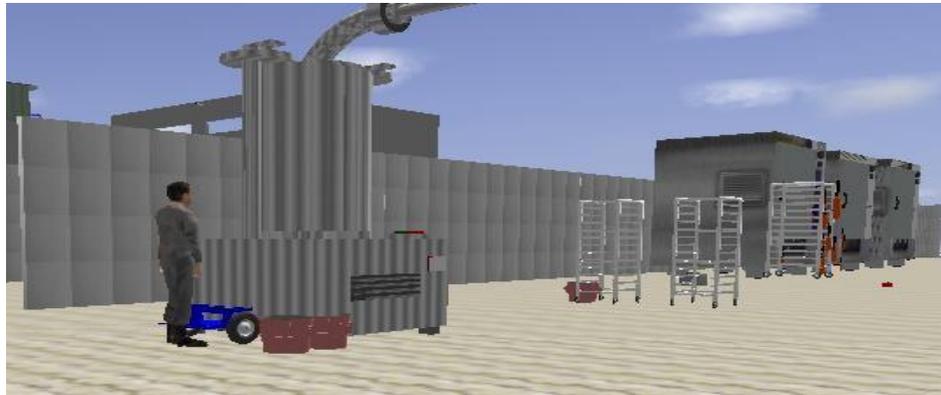


Figura 3.22 Área de Embutido (elaboración propia).



Figura 3.23 Área de Hornos (elaboración propia)



Figura 3.24 Área de Pelado y embutido (elaboración propia).

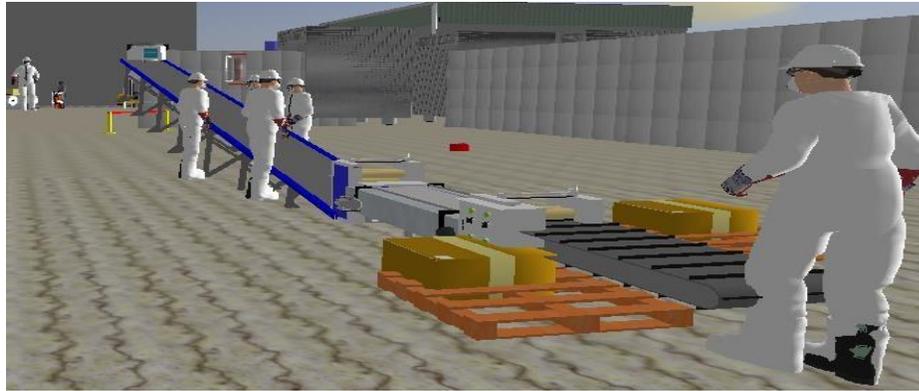


Figura 3.25 Área de Producto terminado (elaboración Propia).

3.2.3 FASE 3: Evaluación del modelo de Simulación

3.2.3.1 Validación

La validación consiste en evaluar si los resultados del modelo de simulación reflejan adecuadamente la realidad, es decir, si el modelo es válido.

Después de haber concluido el modelo de simulación es necesario realizar pruebas piloto para probar que el modelo corra como lo hace el sistema real. Al realizar las corridas piloto previas los resultados que se obtuvieron del modelo se observan en la pestaña Results en la opción Pivot Grid. En la Figura 3.29 se muestra la interfaz del usuario.

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
Sink	LoteInicial	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Maximum (Ho...)	1.1667
					Minimum (Ho...)	1.1667
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	Observations	1.0000
LotesaCarritos	LotesaCarritos	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...)	1.9145
					Maximum (Ho...)	2.5002
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	Minimum (Ho...)	1.3397
LotesHornos	LotesHornos	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Observations	4.0000
					Total	4.0000
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	NumberExited	4.0000
Producto_terminado	Producto_terminado	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...)	9.1331
					Maximum (Ho...)	10.4167
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	Minimum (Ho...)	7.9587
				Observations	4.0000	
				NumberExited	Total	4.0000

Figura 3.26 Interfaz de los resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO (elaboración propia).

Posteriormente, se realizaron 30 corridas piloto cambiando los números pseudoaleatorios o stream en la pestaña de Advanced Options (Randomness), esto con la finalidad de generar en cada corrida de simulación números aleatorios distintos y así obtener diferentes resultados, los cuales servirán para validar el modelo mediante la prueba estadística t-pareada. En esta prueba se construye un intervalo de confianza para algunas medidas de desempeño buscándose que el intervalo contenga al cero para poder afirmar que el modelo es válido.

Utilizando la prueba t-pareada confrontamos los datos obtenidos de la simulación con los datos reales. Se pueden observar en las Tablas 3.6 a la 3.11 los resultados de las corridas piloto de cada una de las máquinas pertenecientes a la línea de producción de salchichas, es indispensable mencionar que por el número de corridas la tabla es extensa y se decidió colocar solo 10 muestras de cada máquina.

Tabla 3.6 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Mezclado

MEZCLADO							
Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	WIP (TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Tiempo Process (mnts)	Tiempo Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	8.33%	60	660	4	1	16
2	0	8.33%	60	660	4	1	16
3	0	8.33%	60	660	4	1	16
4	0	8.33%	60	660	4	1	16
5	0	8.33%	60	660	4	1	16
6	0	8.33%	60	660	4	1	16
7	0	8.33%	60	660	4	1	16
8	0	8.33%	60	660	4	1	16
9	0	8.33%	60	660	4	1	16
10	0	8.33%	60	660	4	1	16

Tabla 3.7 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Embutido.

EMBUTIDO Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	(TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Process (mnts)	Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	14.67%	105.62	614.38	4	1	16
2	0	12.12%	106.89	654.72	4	1	16
3	0	15.87%	133.61	641.19	4	1	16
4	0	14.67%	125.29	645.52	4	1	16
5	0	14.94%	127.27	656.20	4	1	16
6	0	15.79%	133.34	653.16	4	1	16
7	0	14.45%	123.70	657.98	4	1	16
8	0	15.25%	129.47	655.10	4	1	16
9	0	17.05%	142.47	648.60	4	1	16
10	0	16.13%	135.83	651.92	4	1	16

Tabla 3.8 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Hornos.

HORNO 1 Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	WIP (TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Tiempo Process (mnts)	Tiempo Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	1.23%	70.70	649.29	4	1	16
2	0	1.21%	69.48	650.52	4	1	16
3	0	1.19%	68.53	651.47	4	1	16
4	0	1.44%	82.96	637.04	4	1	16
5	0	1.47%	84.43	635.57	4	1	16
6	0	1.21%	69.89	650.11	4	1	16
7	0	1.27%	73.41	646.59	4	1	16
8	0	1.36%	70.59	641.41	4	1	16
9	0	1.37%	78.89	641.11	4	1	16
10	0	1.32%	62.23	637.19	4	1	16

Tabla 3.9 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Hornos

HORNO 2 Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	WIP (TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Tiempo Process (mnts)	Tiempo Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	1.24%	71.11	648.88	4	1	16
2	0	1.38%	79.61	640.38	4	1	16
3	0	1.49%	85.82	634.18	4	1	16
4	0	1.28%	73.73	646.27	4	1	16
5	0	1.43%	82.15	637.85	4	1	16
6	0	1.41%	81.02	638.98	4	1	16
7	0	1.41%	80.94	639.06	4	1	16
8	0	1.30%	74.60	645.40	4	1	16
9	0	1.33%	76.39	643.61	4	1	16
10	0	1.29%	71.51	628.16	4	1	16

Tabla 3.10 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Pelado.

PELADO							
Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	WIP (TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Tiempo Process (mnts)	Tiempo Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	51.55%	371.14	348.86	4	1	16
2	0	50.07%	360.48	316.36	4	1	16
3	0	21.71%	156.32	563.68	4	1	16
4	0	36.94%	265.93	454.07	4	1	16
5	0	23.65%	170.29	549.71	4	1	16
6	0	41.33%	297.56	422.44	4	1	16
7	0	35.04%	252.31	467.69	4	1	16
8	0	23.93%	172.30	547.70	4	1	16
9	0	33.22%	239.18	480.82	4	1	16
10	0	44.41%	319.75	400.25	4	1	16

Tabla 3.11 Resultado de las corridas piloto de los principales KPI's en la Célula de Empaquetado.

EMPAQUETADO							
Medidas de desempeño (KPI)							
Corridas	WIP (TRABAJO EN CURSO)	% Utilización	Tiempo Process (mnts)	Tiempo Muerto (mnts)	# Ton	Lote	Carritos Producidos
1	0	51.55%	371.14	348.86	4	1	16
2	0	50.07%	360.48	316.36	4	1	16
3	0	21.71%	156.32	563.68	4	1	16
4	0	36.94%	265.93	454.07	4	1	16
5	0	23.65%	170.29	549.71	4	1	16
6	0	41.33%	297.56	422.44	4	1	16
7	0	35.04%	252.31	467.69	4	1	16
8	0	23.93%	172.30	547.70	4	1	16
9	0	33.22%	239.18	480.82	4	1	16
10	0	44.41%	319.75	400.25	4	1	16

Una vez obtenido los resultados de las 30 corridas piloto se procedió a validarlos con la prueba estadística t-pareada. A continuación, en la Tabla 3.12 se muestran los resultados obtenidos mediante la prueba estadística t-pareada.

Tabla 3.12 Tabla de Resultados de la prueba t-pareada.

MEDIDA DE DESEMPEÑO (KPI)	INTERVALO DE CONFIANZA		DECISION
	Inferior	Superior	
Tiempo promedio de producción por día	-0.2100	0.5100	Note que el intervalo de confianza incluye al cero, por lo que no se duda de la validez del modelo de simulación.
Tiempo muerto promedio por día	-0.0071	0.2671	Note que el intervalo de confianza incluye al cero, por lo que no se duda de la validez del modelo de simulación.
Porcentaje promedio de utilización por día	-0.3615	0.6415	Note que el intervalo de confianza incluye al cero, por lo que no se duda de la validez del modelo de simulación.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar los experimentos en simulación, es necesario antes encontrar el número óptimo de corridas del modelo. Para poder calcular el número óptimo de corridas se usan los datos obtenidos de las corridas piloto (N=30) realizadas con el modelo de simulación, en las cuales se usaron diferentes valores para el stream, esto para asegurar la intervención de diferentes números pseudo-aleatorios en cada corrida.

A continuación se muestra la fórmula para el calcular el número de corridas óptimas

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right\} \quad (\text{Capítulo II Ec.1})$$

Donde:

i= Aumento en uno del número de corridas.

n=Cantidad de datos obtenidos en las corridas piloto.

t= estadístico t de Student.

S²= Varianza muestral.

β= Error Absoluto.

De acuerdo con el libro “Simulación, Métodos y aplicaciones” (Ríos Insua David, 2000), para iniciar el cálculo del número de corridas óptimas se recomienda iniciar con un valor para el error absoluto β del 5% de la media obtenida para cada medida de desempeño o variable de interés, con la finalidad de asegurar que el valor de β sea menor que la desviación estándar calculada. Para calcular el número de corridas óptimas se estableció un nivel de confianza del 90%. Los resultados del cálculo del número de corridas óptimas se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Número de corridas óptimo para cada variable de interés.

# ÓPTIMO CORRIDAS	Embutido		
	Tiempo de procesamiento	Tiempo Muerto	% Utilización
	30	32	30
	Horno 1		
	30	30	30
	Horno 2		
	30	30	30
	Pelado		
	30	33	30

Fuente: Elaboración propia

Conforme al número óptimo de corridas obtenidas se escoge el número máximo para establecerlo en todas las medidas de desempeño a analizar. En la tabla anterior se muestra el número óptimo de corridas, donde el mayor valor es 33, por lo que se escoge dicho número para todos los indicadores claves de desempeño.

3.2.3.2 Análisis de KPI'S

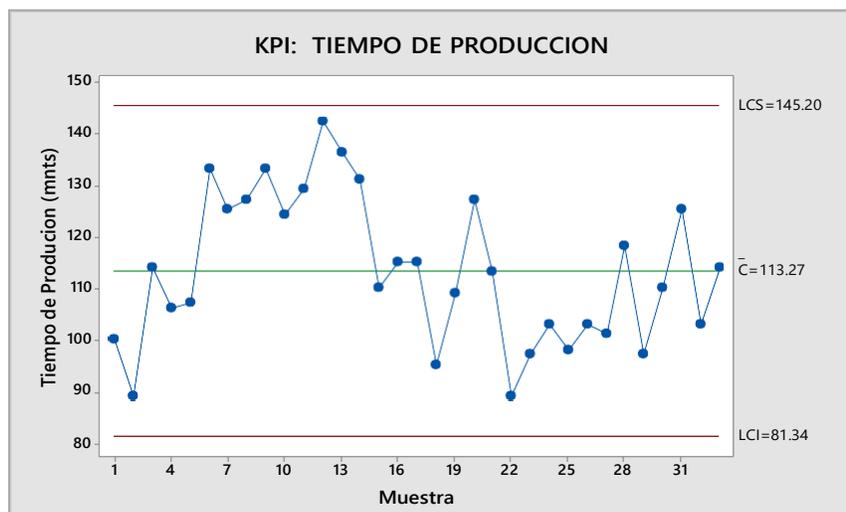
Antes de analizar cada célula de trabajo que compone la línea de producción de salchichas es necesario delimitar las células de trabajo de interés y los KIP'S. De acuerdo al problema de estudio corresponde analizar el tiempo de procesamiento, tiempo muerto, cuellos de botella y porcentaje de utilización en la maquinaria por día de producción, por lo que se establecen los siguientes indicadores de desempeño para cada célula de trabajo de la línea de producción de salchicha:

- Tiempo promedio de producción por día.
- Tiempo muerto promedio por día.
- Porcentaje promedio de utilización por día.

Las células más importantes son las siguientes:

- Embutido
- Hornos
- Pelado

1.- Análisis del área de Embutido

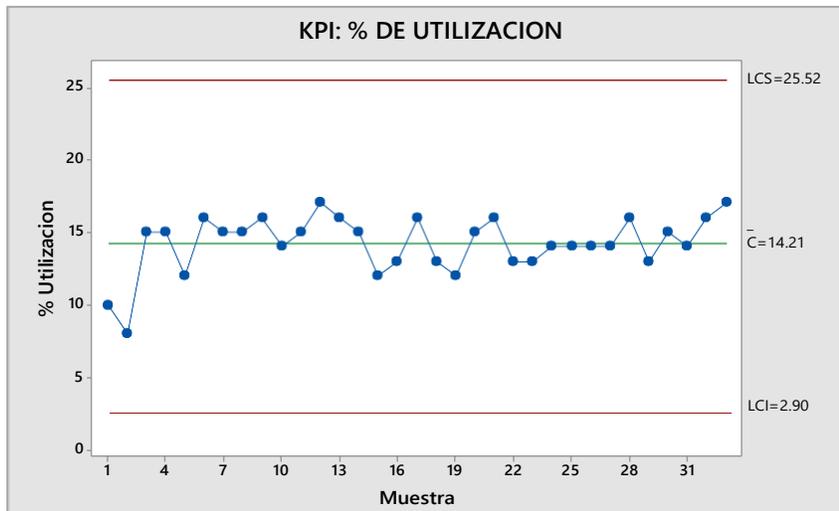


Gráfica 3.1 Tiempo de producción en el área de Embutido por día (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.1 observamos que el tiempo promedio de producción por día actualmente en el área de embutido es de 113.39 minutos, con una desviación estándar entre las muestras de 14.35 minutos. Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra dentro de los límites de control; sin embargo, debido a las especificaciones con la que se trabaja el producto, el tiempo de producción se debe mantener en el límite central, por lo tanto no se encuentra estable, ya que hay días en el que las máquinas tienen un tiempo de producción de 89.25 minutos y en otros turnos alcanza un máximo de 142.47 minutos. Esto se debe a que la máquina de embutido no trabaja a la misma velocidad, lo que ocasiona una amplia desviación estándar entre las muestras y poca estabilidad en el proceso de embutido, por consiguiente es indispensable mantener una velocidad fija para lograr un tiempo óptimo para la producción.

Al analizar la Gráfica 3.2 observamos que el porcentaje de utilización por día actualmente en el área de embutido es de 14.34 % con una desviación estándar entre las otras muestras de 1.87%.

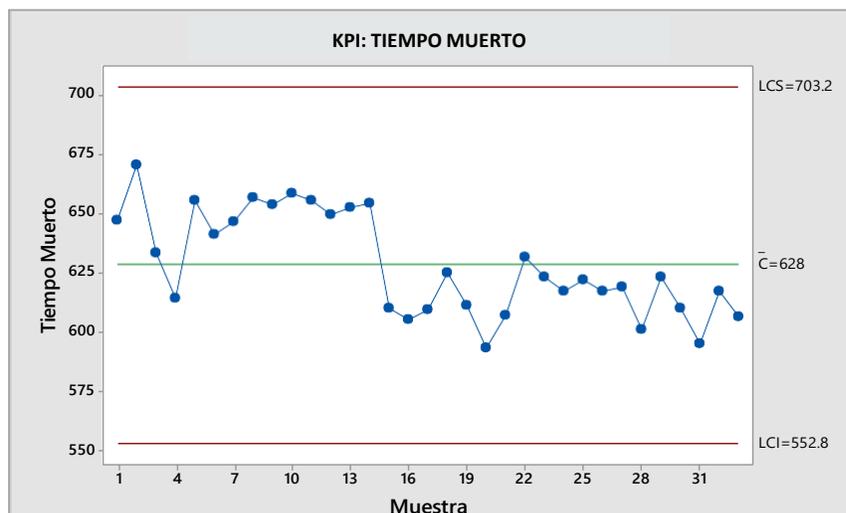
Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra controlado aunque se puede mejorar su porcentaje de utilización de la máquina trabajando a una mayor velocidad y así mejorar un poco la desviación estándar entre los datos.



Gráfica 3.2 Porcentaje de utilización en el área de Embutido por día (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.3 observamos que el tiempo muerto por día actualmente en el área de embutido es de 628.01 minutos con una desviación estándar entre las otras muestras de 21.38 minutos.

Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra contralado; sin embargo, la empresa requiere que se mantenga lo más estable en el límite central y a su vez minimizar los retrasos para el área de hornos.



Gráfica 3.3 Tiempo muerto en el área de Embutido por día (elaboración propia).

Finalmente podemos ver en la en la Tabla 3.14 los resultado de las corridas de simulación para cada medida de desempeño de la célula embutido.

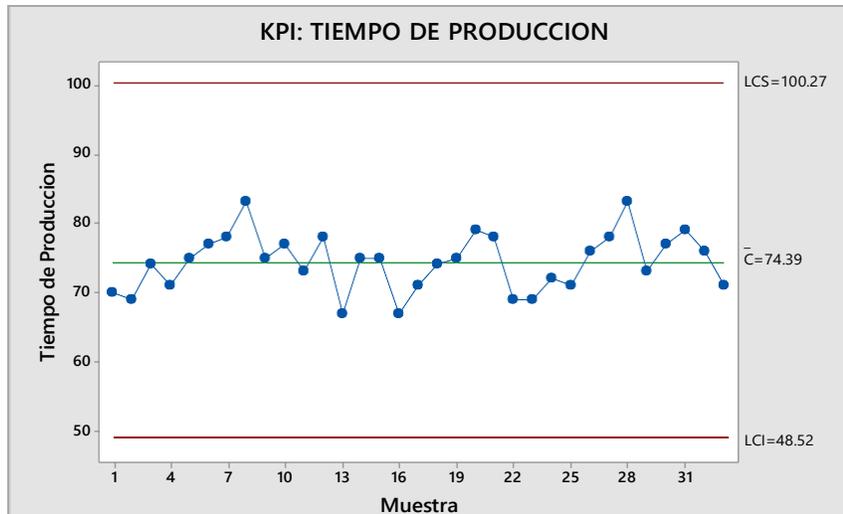
Tabla 3.14 Resultados de las corridas de Simulación la máquina de embutido.

No. Corridas	Tiempo de Producción	% de Utilización	Tiempo Muerto
1	100.12	10.21%	647.09
2	89.25	8.50%	670.15
3	114.20	15.21%	633.37
4	105.62	14.67%	614.38
5	106.89	12.12%	654.72
6	133.61	15.87%	641.19
7	125.29	14.67%	645.52
8	127.27	14.94%	656.20
9	133.34	15.79%	653.16
10	123.70	14.45%	657.98
11	129.47	15.25%	655.10
12	142.47	17.05%	648.60
13	135.83	16.13%	651.92
14	131.20	15.49%	654.23
15	109.84	12.48%	610.16
16	115.42	13.25%	604.61
17	115.39	16.03%	609.25
18	95.14	13.43%	624.86
19	108.70	12.32%	611.30
20	126.88	14.84%	593.12
21	112.79	15.67%	607.21
22	89.45	12.42%	630.55
23	96.68	13.43%	623.32
24	102.85	14.28%	617.15
25	98.41	13.67%	621.59
26	103.01	14.31%	616.99
27	101.48	14.10%	618.52
28	118.27	16.47%	601.42
29	96.99	13.47%	623.01
30	110.27	15.32%	609.73
31	125.47	14.29%	594.53
32	102.89	15.81%	617.11
33	113.83	17.43%	606.17
PROMEDIO	113.39	14.34%	628.01
DESV. EST	14.35	1.87%	21.38

Fuente: Elaboración propia

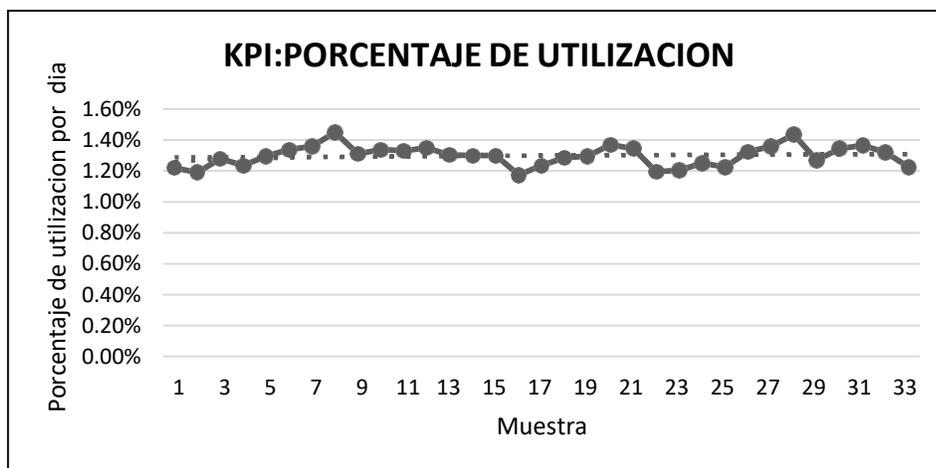
2.- Análisis del área de Hornos

A continuación en la Gráfica 3.4 observamos que el tiempo de producción promedio por horno es de 74.41 minutos por día con una desviación estándar entre las otras muestras de 4.09 minutos. Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra controlado; sin embargo, se pueden mejorar los tiempos de aquellas muestras menores a 74.41 mnts.

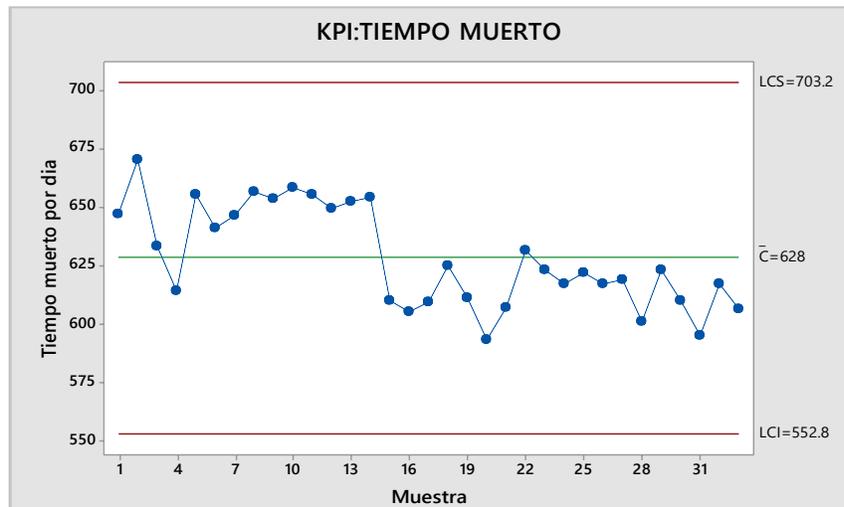


Gráfica 3.4 Tiempo de producción en el área de Hornos por día (elaboración propia).

Posteriormente en la Gráfica 3.5 observamos que el porcentaje de utilización promedio en el Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra controlado.



Gráfica 3.5 Porcentaje de Utilización en el área de Hornos por día (elaboración propia).



Gráfica 3.6 Tiempo muerto en el área de Hornos por día (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.6 observamos que el tiempo muerto por día actualmente en el área de hornos es de 628 minutos con una desviación estándar entre las otras muestras de 4.37 minutos.

Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra controlado; sin embargo, se requiere prestar atención a que las muestras se mantengan constantes al límite central ya que al tener una variación fuera de la línea central, se perjudica de manera directa al tiempo de cocimiento y al mismo instante la temperatura del producto. Actualmente los tiempos de procesamiento de la siguiente etapa se están presentando imprecisos, ya que en ocasiones es necesario esperar mayor tiempo de cocimiento y de enfriamiento para poder iniciar con la próxima etapa, esto a su vez ocasiona retrasos para las siguientes áreas de producción.

Finalmente en la Tabla 3.15 se muestran los resultados de las corridas de simulación, para cada medida de desempeño en la célula de hornos.

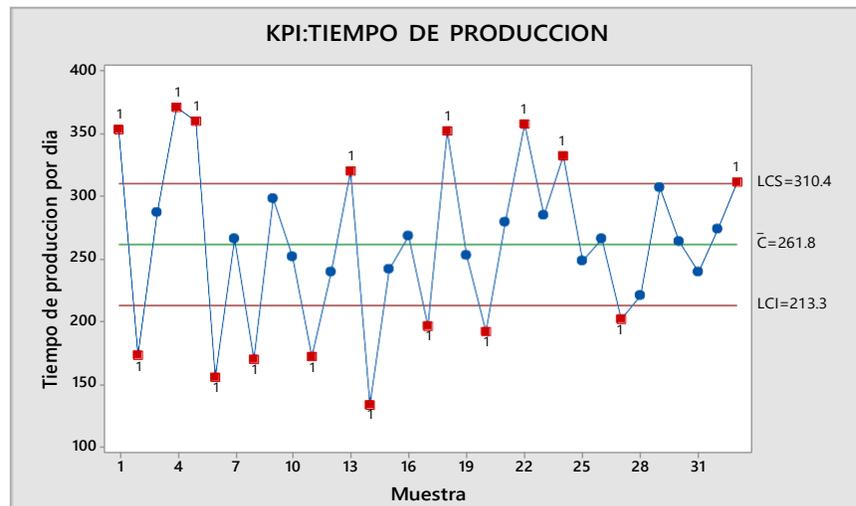
Tabla 3.15 Resultados de las corridas de Simulación del área de hornos.

No Corridas	Tiempo de Producción	% de Utilización	Tiempo Muerto
1	70.42	1.22%	649.19
2	69.36	1.19%	649.62
3	73.69	1.28%	646.31
4	70.905	1.24%	649.09
5	74.545	1.30%	645.45
6	77.175	1.34%	642.83
7	78.345	1.36%	641.66
8	83.29	1.45%	636.71
9	75.455	1.31%	644.55
10	77.175	1.34%	642.83
11	72.595	1.33%	643.41
12	77.64	1.35%	642.36
13	66.87	1.31%	632.68
14	74.835	1.30%	645.16
15	74.925	1.30%	645.08
16	67.47	1.18%	652.53
17	71.215	1.24%	648.79
18	73.91	1.29%	646.09
19	74.65	1.30%	645.35
20	79.095	1.37%	640.91
21	77.67	1.35%	642.33
22	68.825	1.20%	651.18
23	69.32	1.21%	650.68
24	72.205	1.25%	647.80
25	70.53	1.23%	649.47
26	76.295	1.33%	643.71
27	78.31	1.36%	641.69
28	82.54	1.44%	637.46
29	73.215	1.27%	646.79
30	77.165	1.35%	642.36
31	78.945	1.37%	642.06
32	76.23	1.32%	643.77
33	70.645	1.23%	649.36
PROMEDIO	74.41	1.30%	628.00
DESV. EST	4.09	0.07%	4.37

Fuente: Elaboración propia

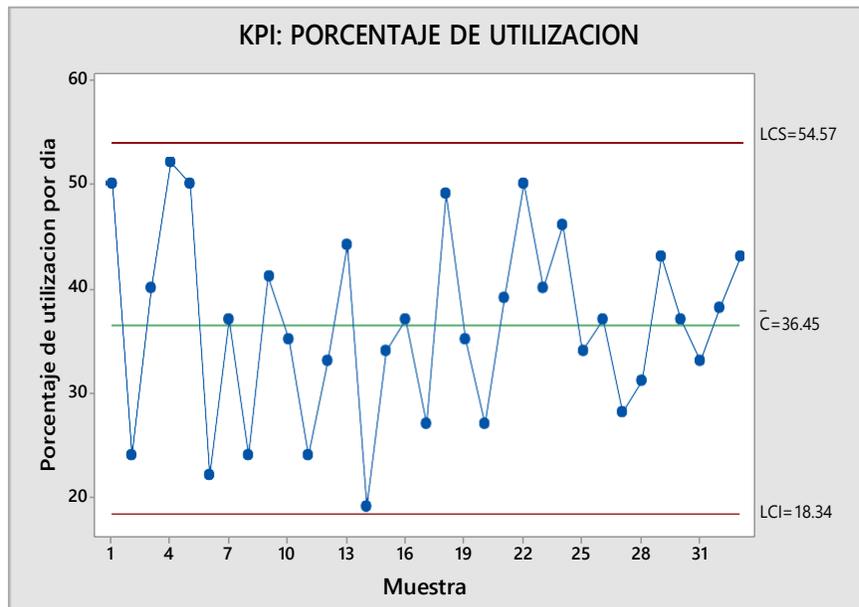
3.- Análisis del área de Pelado

En la Gráfica 3.7 tenemos un tiempo de producción promedio para el área de pelado de 261.83 minutos por día con una desviación estándar entre las otras muestras de 63.91 minutos. Estadísticamente se puede observar que el proceso se encuentra fuera de control y existen cuellos de botella, indicando un problema grave para la producción de salchichas.



Gráfica 3.7 Tiempo Producción en el área de Pelado por día (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.8 se puede observar que el porcentaje de utilización promedio por día para el área de pelado es de 36.45% con una desviación estándar entre las otras muestras de 8.92%. Estadísticamente se puede observar que el área de pelado se encuentra dentro de los límites de control, sin embargo es necesario tomar otras medidas de ejecución o de trabajo. Al cumplir con estas medidas se obtendría un ritmo constante de producción, evitando picos fuera de la línea central del proceso de utilización y a su vez se lograría un tiempo estándar para la etapa de pelado.

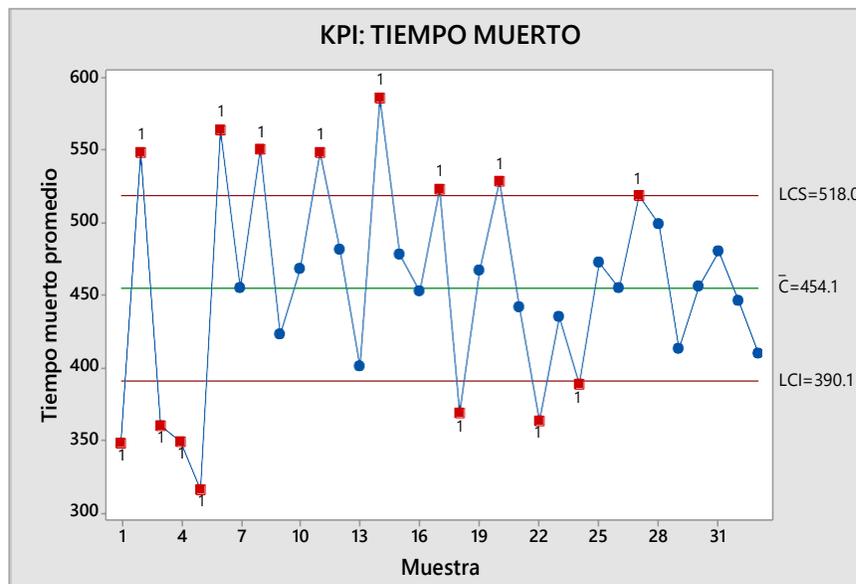


Gráfica 3.8 Porcentaje de utilización en el área de Pelado por día (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.9 se puede observar que el tiempo muerto promedio por día para el área de pelado es de 454.10 minutos por día con una desviación estándar entre las otras muestras de 69.27 minutos. Estadísticamente se puede observar que el área de pelado se encuentra fuera de control y en este caso es necesario reducir el tiempo muerto en el área de pelado para equilibrar el tiempo de producción en esta célula de trabajo.

+

.



Gráfica 3.9 Tiempo muerto en el área de Pelado por día (elaboración propia).

En la Tabla 3.16 se pueden analizar los resultados obtenidos de las corridas de simulación, para cada medida de desempeño de la célula de pelado.

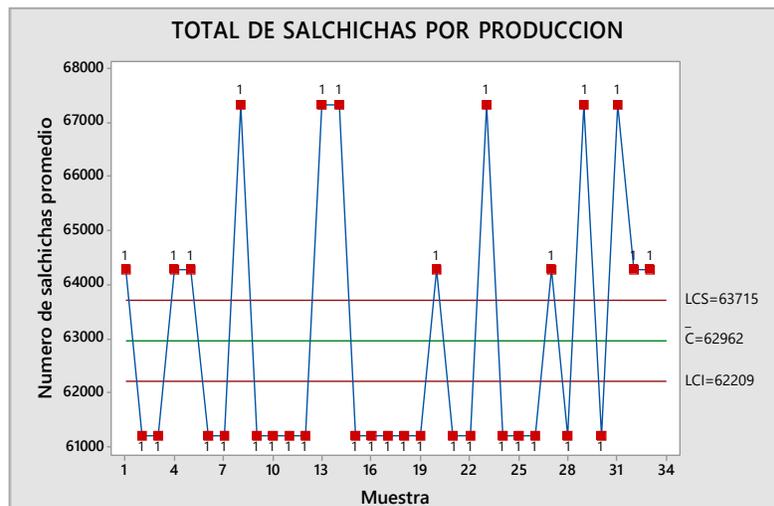
Tabla 3.16 Resultados de las corridas de Simulación del área de pelado.

No. Corridas	Tiempo de Producción	% de Utilización	Tiempo Muerto
1	352.69	50.01%	348.16
2	172.69	23.99%	547.82
3	287.27	39.90%	359.52
4	371.14	51.55%	348.86
5	360.48	50.07%	316.36
6	156.32	21.71%	563.68
7	265.93	36.94%	454.07
8	170.29	23.65%	549.71
9	297.56	41.33%	422.44
10	252.31	35.04%	467.69
11	172.30	23.93%	547.70
12	239.18	33.22%	480.82
13	319.75	44.41%	400.25
14	133.78	18.58%	586.22
15	242.05	33.62%	477.95
16	268.32	37.27%	451.68
17	197.27	27.40%	522.73
18	351.68	48.84%	368.32
19	253.31	35.18%	466.69
20	191.59	26.61%	528.41
21	279.11	38.77%	440.89
22	356.94	49.58%	363.06
23	284.63	39.53%	435.37
24	331.80	46.08%	388.20
25	247.54	34.38%	472.46
26	265.72	36.90%	454.28
27	202.18	28.08%	517.82
28	220.93	30.68%	499.07
29	307.22	42.67%	412.78
30	264.31	36.71%	455.69
31	239.62	33.28%	480.38
32	273.8	38.03%	446.20
33	310.72	43.16%	409.28
PROMEDIO	261.83	36.40%	454.08
DESV. EST	63.91	8.92%	69.27

Fuente: Elaboración propia

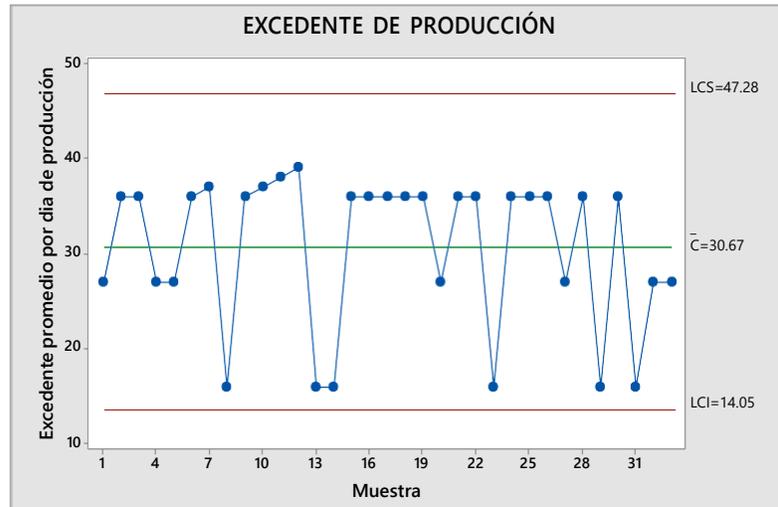
4.- Análisis de los KPI'S finales

En esta evaluación se considera como el KPI'S finales a el número de salchichas producidas por cuatro toneladas y a los excedentes de cada corrida de simulación en SIMIO, más adelante podemos ver estos resultados en la Tabla 3.17. Se puede observar que la información que reporta la tabla es el número de pallets, número de cajas, número de paquetes, número de salchichas y el excedente de producción por cada cuatro toneladas, representado en paquetes. Cabe destacar que actualmente la empresa vende a granel su producto, por lo tantomaneja un peso promedio en sus paquetes de 3.600 kilos a 4 kilos, cantidad que se convierte porpaquete en un total que va de 60 salchichas a 66 salchichas, tomando en cuenta que cada entarimado lo componen 42 cajas con 5 paquetes cada tarima. Los resultados son los siguientes:



Gráfica 3.10 Total de salchichas por cada día de producción Simulado en SIMIO (elaboración propia).

Al analizar la Gráfica 3.10 se puede observar que el número de salchichas promedio por un día de producción de cuatro toneladas es de 62,962 salchichas equivalente a 63 salchichas por paquete, con una desviación estándar entre las otras muestras de 0.182 salchichas. Estadísticamente se puede observar que el área de producto terminado no se encuentra controlado y en este caso es necesario mantener un número continuo de salchichas en cada paquete, para tener un mayor control en cada día de producción, como también obtener cajas enteras y sin excedentes de paquetes.



Gráfica 3.11 Excedente de producción por cada día Simulado en SIMIO (elaboración propia).

En la Gráfica 3.11 se puede observar que el número promedio excedente de paquetes es de 31 piezas, con una desviación de 8 paquetes entre cada muestra. Estadísticamente se puede observar que las muestras se encuentran dentro de los límites de control; sin embargo, es necesario establecer un número continuo de salchichas por paquete para tener un mayor control en los faltantes para cada día de producción, logrando así poder a completar los pallets del día anterior de producción.

Tabla 3.17 Resultados de las corridas de Simulación en el área de producto terminado.

KPI FINAL					
# Muestras	Empresa/Producto terminado				
	Pallets	Cajas	Paquetes	Salchichas	Excedente (paquetes)
	TOTAL				
1	4.65	204	1020	64260	27
2	4.85	204	1020	61200	36
3	4.85	204	1020	61200	36
4	4.65	204	1020	64260	27
5	4.65	204	1020	64260	27
6	4.85	204	1020	61200	36
7	4.85	204	1020	61200	37
8	4.38	204	1020	67320	16
9	4.85	204	1020	61200	36
10	4.85	204	1020	61200	37
11	4.85	204	1020	61200	38
12	4.85	204	1020	61200	39
13	4.38	204	1020	67320	16
14	4.38	204	1020	67320	16
15	4.85	204	1020	61200	36
16	4.85	204	1020	61200	36
17	4.85	204	1020	61200	36
18	4.85	204	1020	61200	36
19	4.85	204	1020	61200	36
20	4.65	204	1020	64260	27
21	4.85	204	1020	61200	36
22	4.85	204	1020	61200	36
23	4.38	204	1020	67320	16
24	4.85	204	1020	61200	36
25	4.85	204	1020	61200	36
26	4.85	204	1020	61200	36
27	4.65	204	1020	64260	27
28	4.85	204	1020	61200	36
29	4.38	204	1020	67320	16
30	4.85	204	1020	61200	36
31	4.38	204	1020	67320	16
32	4.65	204	1020	64260	27
33	4.65	204	1020	64260	27
PROMEDIO	4.72	204	1020	62962	31
DESV. EST	0.182	0.000	0.000	2422.805	8.0

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 FASE 4: Diseño de experimentos

3.1.2.1 Creación y evaluación de diferentes escenarios

La experimentación con el modelo se realizó después de que éste fue validado y de haber obtenido el número óptimo de corridas.

3.1.3 FASE 5: Análisis de resultados

3.1.3.1 Análisis de KPI'S finales.

En esta fase se evalúan los resultados obtenidos de los datos iniciales (indicadores claves de desempeño iniciales) que se plantearon en los modelos iniciales, comparando los datos obtenidos con los modelos experimentales (Indicadores claves de desempeño finales).

3.1.4 FASE 6: Documentación e implementación de resultados

En este paso se deben plasmar las propuestas de mejora haciendo los cambios pertinentes en el modelo y registrando los resultados obtenidos mediante estas mejoras, esto con la finalidad de ver el impacto de estas alternativas respecto a la situación actual del sistema. Cabe mencionar que el desarrollo de las últimas tres fases se llevarán a cabo en el capítulo IV de este proyecto.

Capítulo IV. Propuestas de mejora

Modelación y análisis

4.1 Introducción

Al analizar los resultados obtenidos en el capítulo III, se puede observar claramente un cuello de botella en las actividades involucradas en la etapa de pelado, dicho impacto se manifiesta en el incremento de los tiempos de espera y la reducción de productividad lo cual ha generado un aumento al costo final del producto, debido a que los operarios deben invertir tiempo extra en dicha área.

Para continuar con el presente capítulo se definirán dos alternativas de mejora en la línea de producción de salchichas. La primera alternativa está enfocada en la etapa de pelado, donde se sugiere al jefe de producción introducir una segunda máquina de pelado al proceso de elaboración de salchichas. Esta primera propuesta hacia el jefe de producción se da por dos razones: la primera es por el cuello de botella presente en esta etapa, la segunda es por las modificaciones en hornos y empaquetado, ya que se va a considerar maquinaria que realiza el mismo trabajo pero en menor tiempo con respecto a la maquinaria actual, lo que ocasionaría que el cuello de botella colapsara el área de pelado. La valoración de esta alternativa se ejecutará mediante el desarrollo de la metodología de *Law y Kelton* (2000), para posteriormente realizar el modelado en el software SIMIO e interpretar los resultados mediante el uso de gráficos de control.

La segunda alternativa es la innovación en la mesa de trabajo, área donde el proceso de segmentación de producto y apilamiento es de manera manual, dicha área tiene un exceso de operadores, los cuales llegan a ser hasta 6 operarios. Con el cambio de maquinaria en hornos y la integración de una segunda peladora, generaría posiblemente la contratación de personal u horas extras para poder balancearla en tiempo y forma para la siguiente etapa que es el área de empaquetado.

La etapa donde se realiza el trabajo de manera manual se puede observar en las Figuras 4.1 y 4.2. Esta segunda alternativa de mejora fue desarrollada aplicando diferentes técnicas y herramientas de ingeniería industrial, como son la técnica AHP, el diagrama QFD, análisis funcional entre otras.

Para llevar a cabo la innovación en el área de la mesa se utilizó la teoría de TRIZ. Posteriormente a la aplicación de esta teoría, se realizó el prototipo 3D en el programa SolidWorks, para después modelarlo en el software SIMIO e interpretar los resultados mediante el soporte de los gráficos de control.

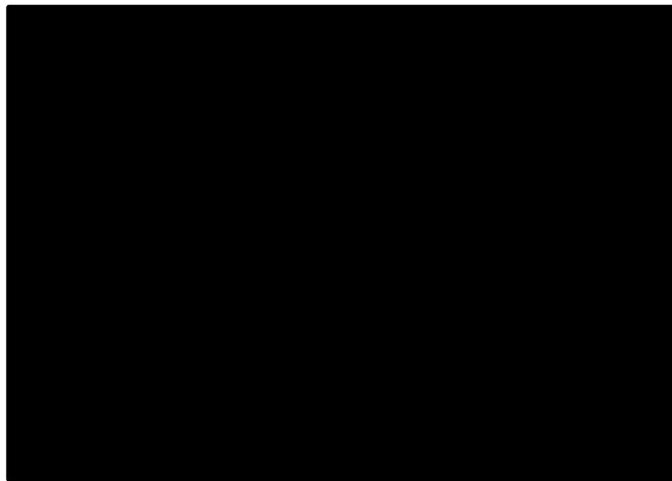


Figura 4.1 Área de segmentación y apilamiento (elaboración propia).

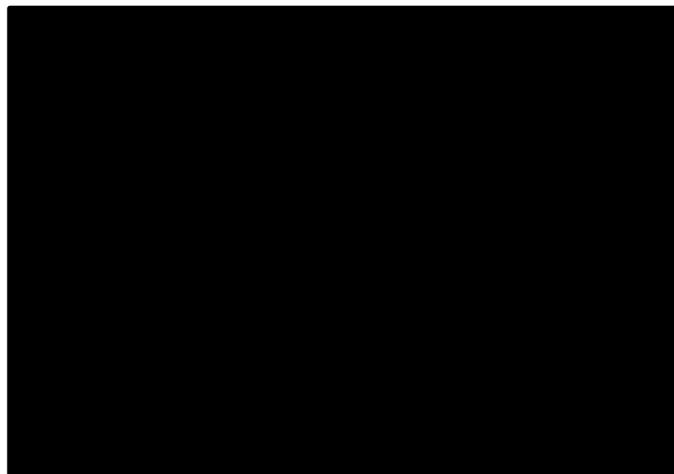


Figura 4.2 Mesa de trabajo (elaboración propia).

4.2 Modelado y análisis de escenarios de mejora

4.2.1 Alternativa 1: Ensamble de una segunda peladora a la línea de producción de salchichas.

Antes de comenzar con la explicación de la propuesta de mejora es necesario mencionar que la empresa desea trabajar con la misma maquinaria para las áreas de mezclado y embutido, pero tiene planeado realizar algunos cambios en el área de hornos y empaquetado los cuales consisten en introducir la cantidad de cinco hornos, con una capacidad de tres carritos por horno, lo cual genera un incremento de producto en los carritos de tal manera que 4 toneladas sean repartidas en 15 carritos, debido a la capacidad de los hornos el tiempo de cocimiento se reduce a un -50% con una distribución triangular (30,35,40) minutos. El área de empaquetado se ve modificada en el tiempo procesamiento de 42 cajas a un tiempo uniforme (10-20) minutos por cada 42 cajas. Para desarrollar la primera alternativa de solución, se llevaron a cabo nuevamente las seis fases de la metodología propuesta por *Law y Kelton 2000*. La prioridad de este estudio es enfocarnos en los resultados obtenidos para el área de pelado, presentar los aportes adquiridos para las tres medidas de desempeño iniciales y las dos KPI'S finales.

4.2.1.1 FASE 1: Analisis inicial

En esta etapa se realiza un análisis inicial de cada situación en cada uno de los casos a estudiar.

Formulación del problema

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se desea reducir las siguientes tres medidas de desempeño: tiempo de procesamiento, tiempo muerto y maximizar el porcentaje de utilización del área de pelado, con la finalidad de lograr un mejor desempeño de la línea de producción de salchichas. Se sugiere a la empresa trabajar con dos máquinas de pelado y verificar los parámetros de los indicadores KIP'S finales. Los resultados adquiridos en el capítulo anterior para los KIP'S iniciales fueron los siguientes:

1) Tiempo de producción en el área de pelado.

- Tiempo máximo de 310 minutos.
- Tiempo promedio de 262 minutos.
- Tiempo mínimo de 213 minutos.

2) Porcentaje de utilización.

- Porcentaje máximo de 54.57%.
- Porcentaje promedio de 36.45%.
- Porcentaje mínimo de 18.34%.

3) Tiempo muerto

- Tiempo máximo de 518 minutos.
- Tiempo promedio de 454 minutos.
- Tiempo mínimo de 390 minutos.

Los KIP'S finales, adquiridos al evaluar la línea de producción en el capítulo 3 fueron los siguientes:

1) Número de salchichas por 4 toneladas de producción.

- Número máximo de 63,715 salchichas por día.
- Número promedio de 62,962 salchichas por día.
- Número mínimo de 62,209 salchichas por día.

2) Excedente de producto por cada día de producción.

- Número máximo de 47 paquetes.
- Número promedio de 31 paquetes.
- Número mínimo de 14 paquetes.

4.2.1.2 FASE 2: Construcción del modelo de simulación

En la presente fase se ilustra los procesos previamente a realizar, antes del proceso de construcción del modelo de simulación en el software SIMIO.

Recolección de datos.

Para la elaboración de la presente alternativa se utilizaron los datos de entrada recabados anteriormente en las Tablas 3.3 y 3.4.

Ajuste estadístico de datos.

Para las siguientes células de trabajo: mezclado y embutido se utilizaron las distribuciones de la Tabla 3.5. Las células de trabajo que tuvieron modificación fueron: hornos, pelado y empaquetado. En la Tabla 4.1 muestra el concentrado de las pruebas de bondad de ajuste para

cada célula de trabajo a simular en el software SIMIO.

Tabla 4.1 Pruebas de bondad de ajuste en la LPS - Alternativa 1.

Célula de Trabajo	Distribución de Probabilidad
Mezcladora	Distribución empírica (60 mnts)
Embutido	Distribución uniforme (76-140 mnts)
Hornos	Distribución triangular (30,35,40 mnts)
Pelado 2 Máquinas	Distribución uniforme (7-28 mnts)
Empaquetado	Distribución uniforme (10-20 mnts)

Fuente: SIMIO, 2019.

Elaboración del modelo en SIMIO de la alternativa 1.

Mediante el uso del software de simulación SIMIO se construyó el modelo del sistema real, correspondiente a la alternativa 1 para la línea de producción de salchichas.

A continuación, se explica de manera general como se fue realizando cada célula de trabajo de la línea de producción de salchichas, incluyendo la modificación en el área de pelado.

1.- Célula de mezclado

Para poder simular el área de mezclado se insertó un source, el encargado de generar los ingredientes necesarios para la producción máxima de un lote equivalente a cuatro toneladas. Posteriormente llega a la mezcladora la cual está representada por un separator que al ingresar el lote de ingredientes es eliminado por el primer sink y crea una nueva entidad, tipo mezcla, correspondiente a cuatro lotes de 700 kilogramos en un tiempo de 60 minutos.

2.- Célula de embutido

Para simular el área de embutido, primero se necesita que el emulsificador acepte el lote que representa las cuatro toneladas, para lo cual se utilizó un server, el cual mantuvo la temperatura de la pasta, de ahí se generó embutido con la ayuda de un separator el cual al recibir el lote de 4 toneladas crea quince carritos, teniendo un total de 15 carritos con un tiempo Uniforme (76-140) minutos para el lote de cuatro toneladas ingresado en el separator.

3.- Célula de hornos

Antes de ingresar los carritos al área de hornos se incorporó a la simulación un TransferNode para cambiar el destino de viaje de los carritos de salchichas, que mediante una lista de nodes se dividieron en los cinco hornos, hasta tener una capacidad de tres carritos por horno. Para

personalizar el cocimiento del producto fue representado cada horno por un server, con un tiempo Triangular (30, 35,40) minutos para cada uno.

4.-Célula de pelado

Posteriormente se insertaron dos servers encargados de recibir los carritos con producto, como el número quince es un número impar se decidió que un server tendría una capacidad de 9 y otro de 6, cada carrito tiene un servicio de 60 segundos correspondiente a la espera. En seguida se agregaron dos Separator que eran los encargados de representar las máquinas de pelado con un tiempo de operación Uniforme (7-28) minutos por cada carrito ingresado, su función es crear por cada carrito un total de 14 cajas con 5 paquetes de 60 a 61 salchichas cada uno, que da un total de 210 cajas, es decir 42 cajas por pallet que corresponden a un máximo de 5.08 pallets.

5.- Célula de empaquetado

Para la última área tenemos un Combiner que combina pallets con cajas, utilizando una distribución uniforme (10-20) minutos para cada pallet. A continuación, se muestran en las Figuras 4.3 a la 4.12 los diferentes ángulos del modelo de simulación elaborado en SIMIO.



Figura 4.3 Simulación 2D vista superior-primera sección (elaboración propia).

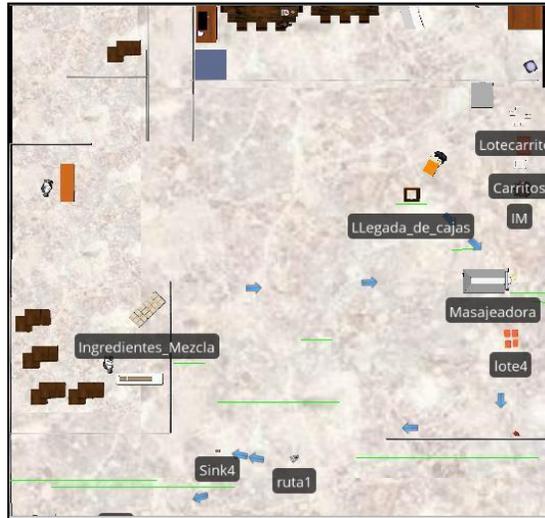


Figura 4.4 Simulación 2D vista superior-segunda sección (elaboración propia).

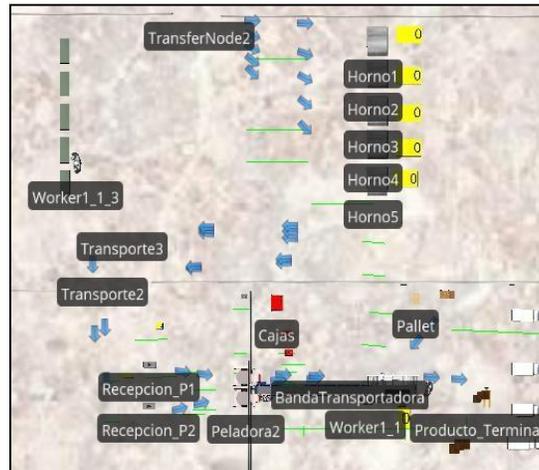


Figura 4.5 Simulación 2D vista superior-tercera sección (elaboración propia).

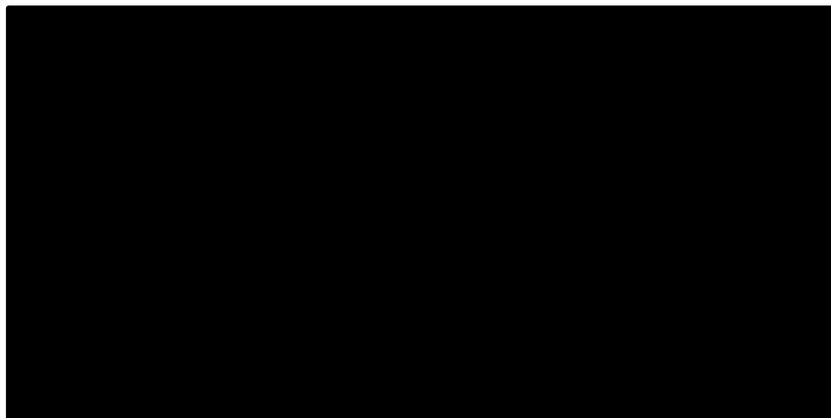


Figura 4.6 Simulación 3D Vista frontal de empresa (elaboración propia).



Figura 4.7 Área de recepción de Materia Prima (elaboración propia).



Figura 4.8 Área de Mezclado (elaboración propia).



Figura 4.9 Área de Embutido (elaboración propia).

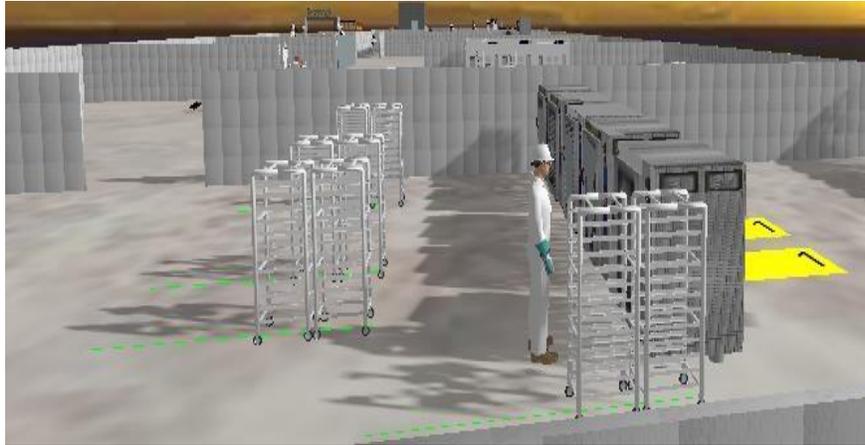


Figura 4.10 Área de Hornos (elaboración propia).



Figura 4.11 Área de Pelado y Embutido (elaboración propia).

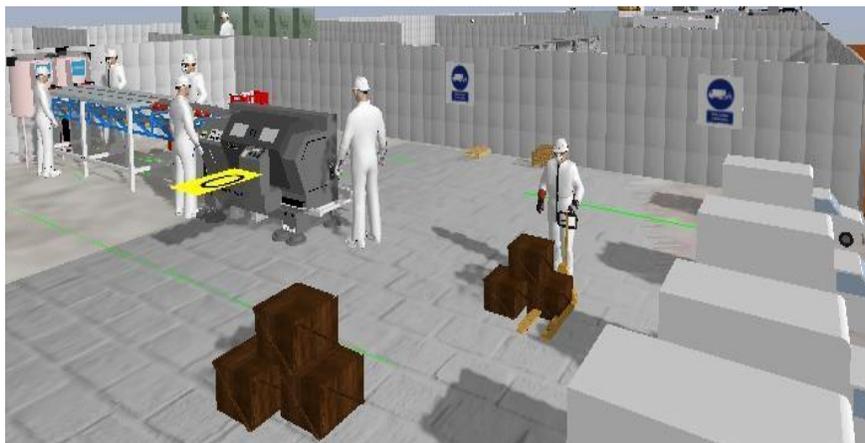


Figura 4.12 Área de Producto Terminado (elaboración propia).

4.2.1.3 FASE 3: Evaluación del modelo de simulación - Alternativa 1.

Al concluir el modelo de simulación, continuamos a realizar pruebas piloto para probar que el modelo corra como lo hace el sistema real. Los resultados que se obtuvieron del modelo, se observan en la pestaña Results en la opción Pivot Grid. En la Figura 4.13 se muestra la interfaz del usuario, tipo Sink para cada máquina que integra la línea de salchichas.

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total	
Sink	Salida1_Mezcla	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Minimum (Hou...	1.4167	
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	1.0000	
				NumberExited	Total	1.0000	
	Salida2_Lotes	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	1.8810	
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	1.8810	
				NumberExited	Total	1.8810	
	Salida3_CarroLot1	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	1.5877	
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	2.2371	
				NumberExited	Total	0.9126	
	Sink	Salida4_CarroLot2	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	6.0000
			InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	6.0000
					NumberExited	Total	6.0000
Salida_P		[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	1.8804	
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	2.8060	
				NumberExited	Total	0.9787	
Salida_P		[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	5.4553	
		InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	6.2643	
				NumberExited	Total	4.7698	
InputBuffer		Throughput	NumberEntered	Total	5.0000	5.0000	
			NumberExited	Total	5.0000	5.0000	

Figura 4.13 Interfaz de resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO - alternativa 1. (elaboración propia).

Después de obtener la interfaz de resultados, se debe realizar la validación del modelo con la prueba t-pareada para obtener el número óptimo de corridas, mediante la Ecuación 1 citada en el capítulo 3, se realizó la primera evaluación del modelo del sistema actual de la línea de salchichas, por lo que saltaremos estos pasos. De acuerdo con el modelo del sistema actual dio un total de 33 corridas, así que para el modelo de la alternativa 1 se realizarán directamente el mismo número óptimo de corridas.

4.2.1.4 FASE 4: Análisis de resultados

Análisis de KPI'S

Este análisis se encuentra limitado a los resultados obtenidos en la célula de pelado, ya que es el área de interés para este estudio. Se establecen los siguientes indicadores de desempeño para la maquinaria de pelado.

- Tiempo promedio de producción por día.
- Tiempo muerto promedio por día.
- Porcentaje promedio de utilización por día.

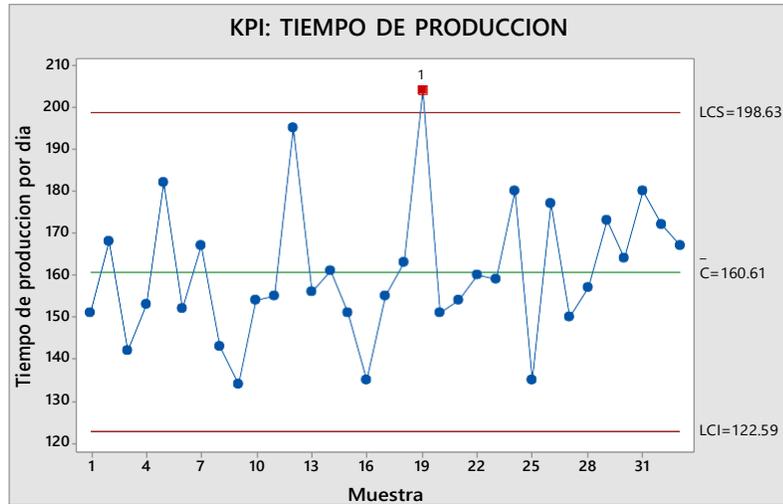
Análisis del área de Pelado

A continuación podemos ver en la en la Tabla 4.2 los resultado obtenidos de las 33 corridas de simulación, para cada medida de desempeño de la célula pelado.

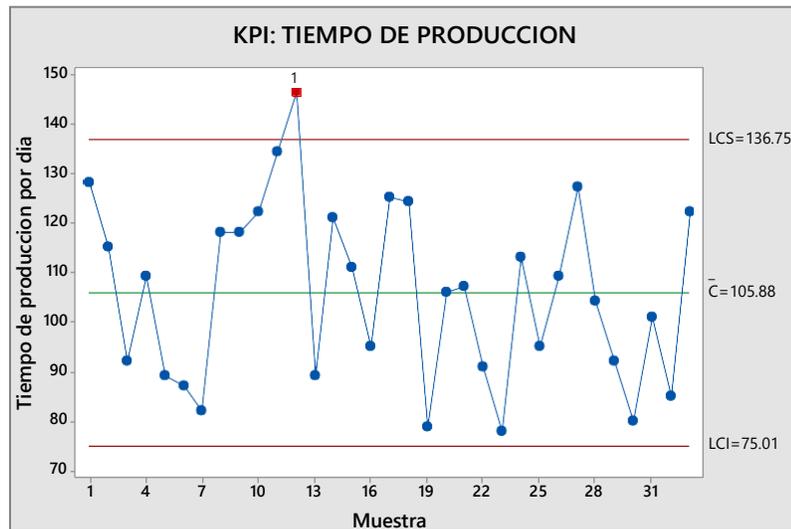
Tabla 4.2 Resultados de la simulación de las dos máquinas de Pelado de la alternativa 1.

PELADO MAQUINAS 1-2						
Medidas de desempeño (KPI)						
	Maq-1	Maq-2	Maq-1	Maq-2	Maq-1	Maq-2
No Corridas	Tiempo de producción	Tiempo de producción	% de Utilización	% de Utilización	Tiempo Muerto	Tiempo Muerto
1	151.20	128.40	21.00%	17.88%	568.80	591.00
2	168.00	114.60	23.33%	15.93%	551.40	604.80
3	142.20	92.40	19.78%	12.84%	577	627.00
4	153.00	108.60	21.32%	15.14%	566.40	610.80
5	182.40	89.40	25.40%	12.45%	537.00	630.00
6	151.80	86.40	21.09%	12.01%	567.60	633.00
7	166.80	82.20	23.21%	11.44%	552.60	637.20
8	142.80	118.20	19.89%	16.42%	576.60	600.00
9	134.40	118.20	18.69%	16.47%	585.00	600.00
10	154.20	121.80	21.45%	16.97%	565.20	581.40
11	154.80	133.80	21.52%	18.66%	564.60	585.60
12	195.00	145.80	27.14%	20.26%	524.40	573.60
13	156.00	88.80	27.73%	12.31%	563.40	630.60
14	160.80	121.20	22.36%	16.86%	558.60	598.20
15	151.20	111.60	20.99%	15.54%	568.80	607.80
16	135.60	94.80	18.88%	13.23%	583.80	624.60
17	154.80	124.80	21.51%	17.33%	564.60	594.60
18	163.20	123.60	22.72%	17.17%	556.20	595.80
19	204.00	78.60	28.41%	10.94%	515.40	640.80
20	151.20	105.60	21.00%	14.67%	574.20	613.80
21	154.20	107.40	21.48%	11.66%	565.20	636.00
22	160.20	90.60	22.26%	12.64%	559.20	628.80
23	159.00	78.00	22.16%	10.89%	564.00	641.40
24	180.00	112.80	25.03%	15.66%	539.40	606.00
25	135.00	95.40	18.77%	13.24%	584.40	624.00
26	177.00	109.20	24.64%	15.18%	540.00	610.20
27	149.40	127.20	20.82%	17.68%	570.00	592.20
28	156.60	104.40	21.79%	14.55%	562.80	615.00
29	172.80	92.40	24.06%	12.89%	546.60	627.00
30	163.80	80.40	22.76%	11.23%	555.60	636.00
31	180.00	100.80	25.42%	14.07%	539.40	618.00
32	171.60	84.60	23.88%	11.77%	547.80	634.80
33	166.80	121.80	23.18%	17.00%	552.60	597.60
PROMEDIO	160.60	105.87	22.54%	14.64%	559.05	613.56
DESV. EST	16.12	17.87	2.45%	2.54%	16.39	18.89

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.1 Tiempo de producción alternativa 1 MAQ-1 (elaboración propia).

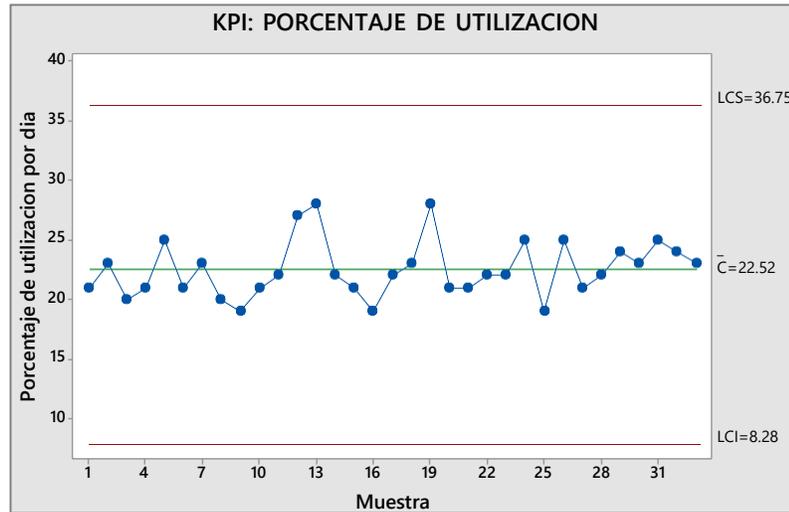


Gráfica 4.2 Tiempo de producción alternativa 2 MAQ-2 (elaboración propia).

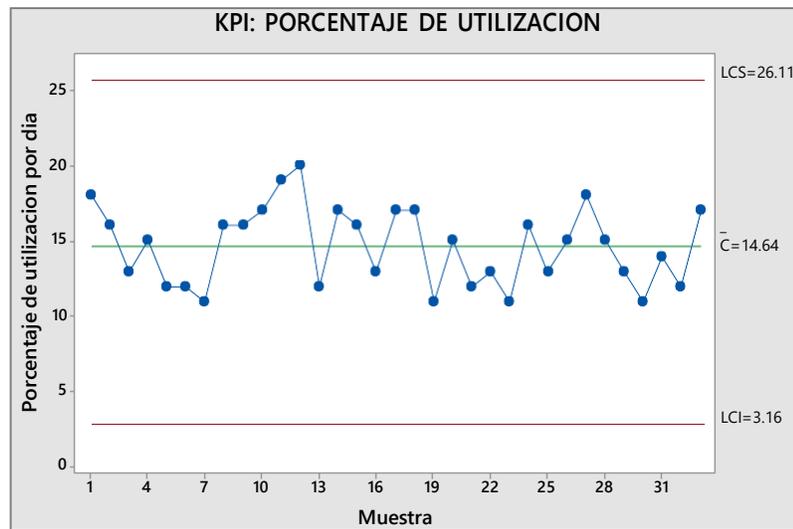
Al analizar las Gráficas 4.1 y 4.2 se puede observar el tiempo promedio de producción, para la máquina 1 se tiene un tiempo de procesamiento de 161 mnts y para la maquina 2 de 106 mnts.

Al cambiar la capacidad y tiempo de cocimiento en los hornos, impactan de manera positiva a la siguiente etapa del proceso de producción de salchichas. Impacto que se ve reflejado en estabilizar el flujo de entradas en el área de pelado, ya que la desviación estándar de 63.91 bajo a 49.41 tomando en cuenta los resultados de las dos peladoras. Estadísticamente se puede observar menor dispersión en las muestras; sin embargo, si se profundiza un poco más en las actividades que integran la célula pelado, se podrían mantener más cerca los puntos a la línea

central del diagrama de control y estabilizar aún más es el proceso.



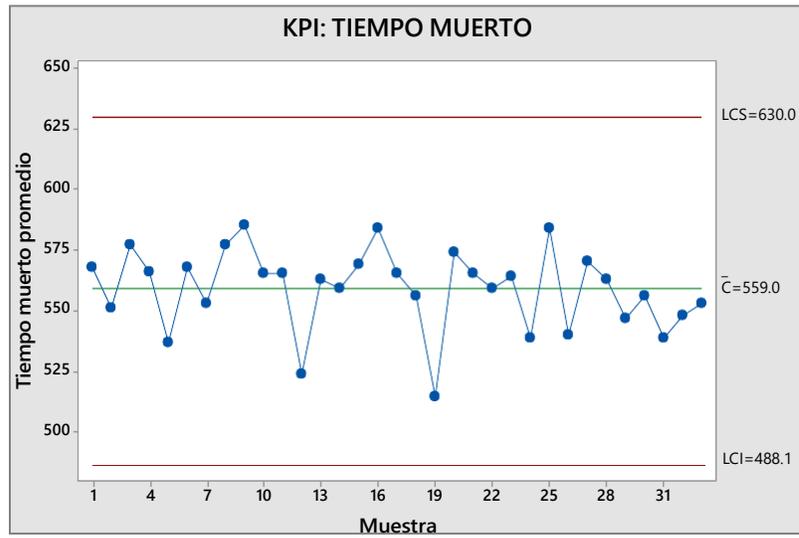
Gráfica 4.3 Porcentaje de utilización MAQ-1 (elaboración propia).



Gráfica 4.4 Porcentaje de utilización MAQ-2 (elaboración propia).

En las Gráficas 4.3 y 4.4 se puede observar el porcentaje promedio de utilización para cada peladora. Evidentemente al comparar los resultados con la primera evaluación de la línea de producción del sistema actual, se puede observar una disminución en la desviación estándar lo cual nos indica menos variabilidad entre las 33 muestras, sin embargo el porcentaje de utilización deseable se obtendría sí, la cantidad de producción aumentara a más de 4 toneladas diarias, por lo cual es necesario profundizar un poco más en las actividades que integran la célula pelado, para poder realizar una segunda alternativa de solución que permita trabajar con una máquina de pelado y se puedan observar resultados más favorables para la línea de

producción.



Gráfica 4.5 Tiempo muerto MAQ-1 (elaboración propia).



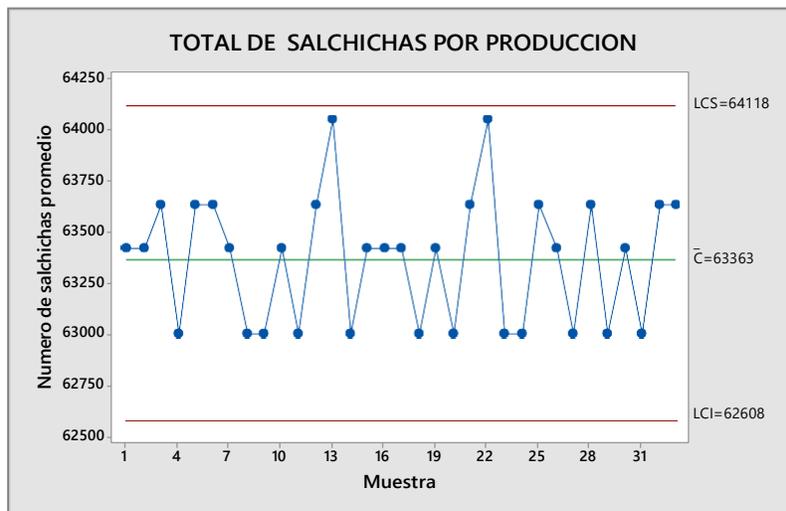
Gráfica 4.6 Tiempo muerto MAQ-2 (elaboración propia).

Al analizar la Gráficas 4.5 y 4.6 se puede observar que el tiempo muerto promedio por día para el área de pelado se incrementó aproximadamente un 35% por día, no obstante la desviación estándar disminuyó y los datos se encuentran controlados. Se recomienda a la empresa profundizar las actividades relacionadas en la etapa de pelado para generar una segunda alternativa de solución más apegada a los intereses de producción de la empresa ya que se tiene excedente de maquinaria para procesar la producción promedio y aun así existen variaciones de tiempo en el proceso de producción.

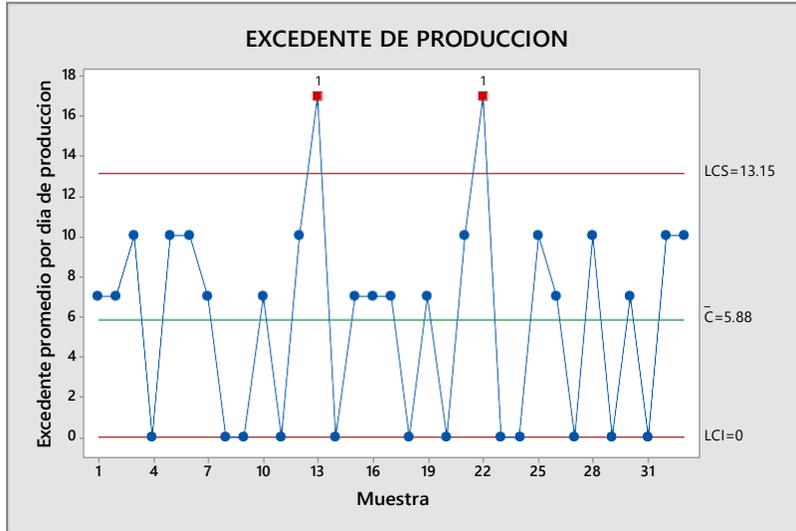
Análisis de los KPI'S finales

Al concluir esta primera alternativa de solución se analizan los KPI'S finales, los cuales se muestran en la Tabla 4.3. Se puede observar que la información que reporta la tabla es el número de pallets, número de cajas, número de paquetes, número de salchichas y el excedente de producción por cada cuatro toneladas, representado en paquetes. De acuerdo a como se planteó y realizó el modelo en SIMIO se espera que por cada carrito se originen un total de 14 cajas con 5 paquetes con un total de 60 a 61 salchichas cada uno, que da un total 210 cajas, es decir 42 cajas por pallet que corresponden a un máximo de 5.08 pallets, al reducir el rango de salchichas por paquete se busca equilibrar el área de producto terminado.

En la primera evaluación realizada a la línea de producción de cárnicos se detectó que el área de producto terminado no se encontraba bajo control y era necesario reducir el rango de salchichas que contenía cada paquete. En la Grafica 4.7 se puede observar que el número de salchichas promedio por un día de producción de cuatro toneladas es de 63,363 salchichas equivalente a trabajar por día de producción con paquetes que oscilan entre 60 a 61 salchichas. Estadísticamente se puede observar que el área de producto terminado se encuentra controlado, al reducir el número de salchichas por paquete de 60-66 salchichas a 60-61 salchichas.



Gráfica 4.7 Total de salchichas por cada día de producción Simulado en SIMIO – A1 (elaboración propia).



Gráfica 4.8 Excedente de producción por cada día Simulado en SIMIO - A1 (elaboración propia).

Se puede analizar en la Gráfica 4.8 que al reducir el número de salchichas por paquetes la desviación estándar baja de 8 a 5.1 lo cual nos indica un mejor control hacia el proceso, sin embargo los punto 12 y 22 no se encuentran dentro de los límites de control, esto se da por que la línea de producción se encuentra trabajando en mayoría con paquetes de 61 salchichas. Para el punto 12 tenemos 9 carritos con 61 salchichas y 6 con 60 salchichas con un sobrante de 10 paquetes, para la muestra 22 se tiene toda la producción con paquetes de 61 salchichas, lo cual ocasiona que los puntos se proyecten fuera del límite superior. Se recomienda trabajar en minoría con paquetes de 61 salchichas para lograr un equilibrio en los excedentes generados por días de producción.

Tabla 4.3 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 1 en el área de producto terminado.

KPI FINAL					
# Muestras	Empresa/Producto terminado				
	Tarimas	Cajas	Paquetes	Salchichas	Sobrante
	TOTAL				
1	5.03	210	1050	63420	7
2	5.03	210	1050	63420	7
3	5.05	210	1050	63630	10
4	5.00	210	1050	63000	0
5	5.05	210	1050	63630	10
6	5.05	210	1050	63630	10
7	5.03	210	1050	63420	7
8	5.00	210	1050	63000	0
9	5.00	210	1050	63000	0
10	5.03	210	1050	63420	7
11	5.00	210	1050	63000	0
12	5.05	210	1050	63630	10
13	5.08	210	1050	64050	17
14	5.00	210	1050	63000	0
15	5.03	210	1050	63420	7
16	5.03	210	1050	63420	7
17	5.03	210	1050	63420	7
18	5.00	210	1050	63000	0
19	5.03	210	1050	63420	7
20	5.00	210	1050	63000	0
21	5.05	210	1050	63630	10
22	5.08	210	1050	64050	17
23	5.00	210	1050	63000	0
24	5.00	210	1050	63000	0
25	5.05	210	1050	63630	10
26	5.03	210	1050	63420	7
27	5.00	210	1050	63000	0
28	5.05	210	1050	63630	10
29	5.00	210	1050	63000	0
30	5.03	210	1050	63420	7
31	5.00	210	1050	63000	0
32	5.05	210	1050	63630	10
33	5.05	210	1050	63630	10
PROMEDIO	5.03	210	1050	63363	0
DESV. EST	0.024	0.000	0.000	316.191	5.1

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Alternativa 2

Implementar mediante TRIZ, una metodología de innovación que permita aplicar soluciones factibles a la línea de producción de salchichas y con el soporte de los principios inventivos favorezca su validación en patentes a nivel mundial.

Al desarrollar la primera alternativa de solución surgió la necesidad de profundizar aún más la célula de pelado con la finalidad de modificar e innovar las actividades manuales realizadas en el área de pelado y mejorar los parámetros de interés.

De acuerdo a la comercializadora de equipos, sistemas y servicios S.A. de C.V. (CESS, 2020) existen máquinas y bandas clasificadoras de producto que ordenan por peso y/o medidas, pero debido a su alta automatización su costo se eleva a miles de pesos; sin embargo aunque se tuviera la cantidad para comprar dicha maquinaria no sería de gran utilidad ya que procesa más de 30,000 paquetes por hora y la empresa no maneja tan elevados volúmenes de producción.

Actualmente el sistema de operación en el área de la mesa de trabajo se encuentra con un excesivo grupo de trabajadores, retrasos de entrega de producto a la siguiente célula de trabajo, baja capacidad para ordenar y apilar salchichas tarea indispensable para la siguiente etapa que es la célula de empaquetado, esto es ocasionado porque no se trabaja a la misma velocidad a la que la peladora proyecta las salchichas. Por otro lado la mesa no cuenta con las funciones necesarias para realizar dicha acción. El actual sistema no lleva acabo un conteo debido a que no tiene el equipo para realizarlo.

El desarrollo de esta segunda alternativa, considera implementar mediante TRIZ, una metodología de innovación que permita aplicar soluciones factibles a la línea de producción de salchichas y con el soporte de los principios inventivos favorezca su validación en patentes a nivel mundial, con esto reducir al menos un 35% de los operarios, eliminar cuellos de botella, deducir tiempos de procesamiento de manera significativa y lograr un adecuado flujo del producto a su etapa final que es empaquetado.

Al desarrollar esta segunda alternativa de solución, se ha elaborado el diagrama de la Figura

4.14 el cual nos servirá como base para solucionar la problemática del diseño de la mesa multifuncional, simplificando tiempos y movimientos comparados contra la mesa convencional.

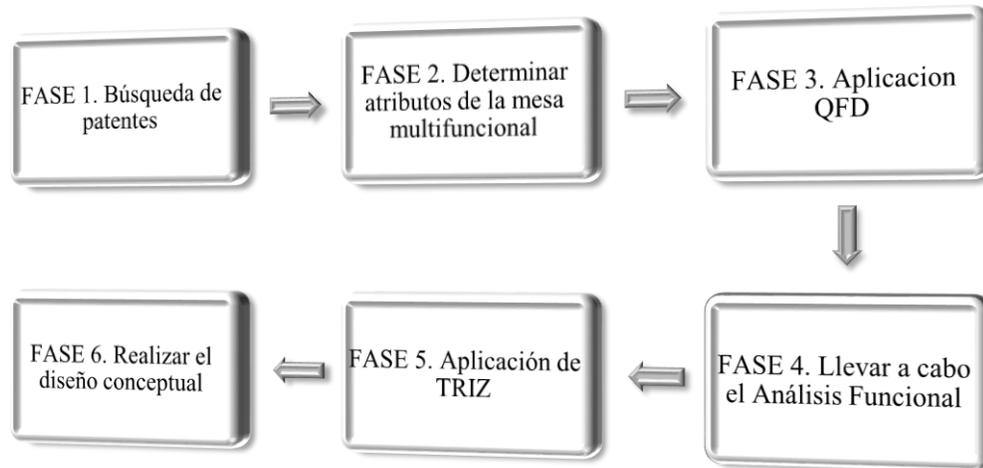


Figura 4.14 Diagrama de la Metodología a aplicar en la alternativa 2 / innovación de la mesa de trabajo (elaboración propia).

4.2.2.1 FASE 1. Búsqueda de patentes

La primera fase consiste en realizar una búsqueda exhaustiva de productos similares, de esta manera, se exploran diferentes bases de datos para analizar las distintas invenciones a nivel mundial. Se cuentan con distintos sitios de búsqueda, los elegidos son: Espacenet, Google Patents y la Oficina Europea de Patentes (OEP). A pesar que la forma de realizar la búsqueda, depende del sitio, en general se realiza lo siguiente:

- Usar el buscador del sitio.
- Identificar la clasificación del producto.
- Filtrar por funciones.
- Seleccionar los productos que más se relacionen.
- Analizar su documentación; autores, patentes, figuras, entre otros elementos de interés.

4.2.2.2 FASE 2. Determinar los atributos de la mesa multifuncional

Se deben describir las características que se desean cumplir del objeto.

4.2.2.3 FASE 3. Aplicar el QFD

Se debe realizar la jerarquización de las demandas y considerar el análisis Kano para considerar demandas que pudieran adherirse.

4.2.2.4 FASE 4. Llevar a cabo el Análisis Funcional

Se analizan los componentes y se separan para poderse analizar desde otra perspectiva. De igual forma, se consideran las funciones que el producto tiene y se consideran las interacciones que tienen los componentes, determinando las relaciones fuertes, normales, débiles o nefastas. Esta parte apoyará a establecer los conflictos existentes en el sistema de la mesa multifuncional.

4.2.2.5 FASE 5. Aplicación de TRIZ

Se aplica la teoría de TRIZ donde se tomarán en cuenta los problemas encontrados llevados a principios, con el objetivo de dar solución a la problemática presentada por las contradicciones no físicas.

Se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Hacer la descripción del sistema ideal.
- Establecer los recursos a usar.
- Analizar las contradicciones e identificarlas.
- Considerar restricciones.
- Observar y establecer las tendencias de evolución de la mesa multifuncional.

4.2.2.6 FASE 6. Realizar el diseño conceptual

Realizar el diseño de la mesa multifuncional considerando las herramientas anteriores para las especificaciones, requisitos y necesidades planteadas.

4.2.2.7 Desarrollo de la metodología.

Determinar los atributos de la mesa multifuncional.

Para poder obtener estos atributos, se ha realizado una entrevista al personal directamente relacionado con la producción de salchichas como son: jefe de producción, supervisor de línea y operarios, donde se han contemplado sus respuestas para poder obtener un total de 6 demandas primarias, las cuales se encuentran en la Tabla 4.4. De igual manera, se ha desarrollado el concepto de cada uno de estos elementos como se puede ver a continuación:

Tabla 4.4 Demandas primarias de la mesa multifuncional para la alternativa.2.

Demanda	Concepto
Orden	Manera de estar colocadas salchichas en el espacio, según un determinado criterio.
Lubricación	Proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre las salchichas y la mesa de trabajo que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada).
Cuantificación	Proceso de convertir un objeto (salchicha) a un grupo de valores discretos, como por ejemplo un número entero.
Descubierta	Que carece de lo que cubre a la salchicha o del revestimiento con el que contaba.
Puntual	Que los procesos se terminen en el tiempo o plazo debido o convenido, sin retraso, en especial si llega a un lugar exactamente a la hora debida o convenida que es el proceso siguiente de empaquetado.
Consistencia	Cualidad de la materia que resiste sin romperse ni deformarse fácilmente.

4.2.2.7.1 Demandas primarias.

Tabla 4.5 Jerarquización de atributos para la alternativa 2.

Demanda	Concepto
Orden	Manera de estar colocadas salchichas en el espacio, según un determinado criterio.
Lubricación	Proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre las salchichas y la mesa de trabajo que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada).
Cuantificación	Proceso de convertir un objeto (salchicha) a un grupo de valores discretos, como por ejemplo un número entero.
Descubierta	Que carece de lo que cubre a la salchicha o del revestimiento con el que contaba.
Puntual	Que los procesos se terminen en el tiempo o plazo debido o convenido, sin retraso, en especial si llega a un lugar exactamente a la hora debida o convenida que es el proceso siguiente de empaquetado.
Consistencia	Cualidad de la materia que resiste sin romperse ni deformarse fácilmente.

4.2.2.7.2 Jerarquizar los atributos de diseño aplicando QFD.

Esta jerarquización se realiza con el fin de analizar cuales atributos deberían tener más atención.

Por lo tanto, se tendrá un orden de importancia como se muestra en la Tabla 4.5.

Se ha usado la escala de ponderación para el análisis AHP y así determinar la jerarquía de las necesidades de los clientes. Esta ponderación se puede ver a continuación en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Escala de ponderación AHP para la alternativa 2.

Importancia	Ponderación
Igualmente importante	1
Ligeramente importante	3
Más importante	5
Muy importante	7
Fundamental	9

Para llevar a cabo esta jerarquización, se ha desarrollado el método AHP, primero se creó una matriz de comparación donde, de forma pareada, se han realizado las evaluaciones, examinando las diferencias en importancia de los atributos de diseño. A continuación, en las Tablas 4.7 a la 4.9 podemos ver la comparación pareada anteriormente mencionada:

Tabla 4.7 Desarrollo del método AHP para la alternativa 2.

	O	L	C	D	P	Co
O	1.00	3.00	7.00	3.00	3.00	0.33
L	0.33	1.00	3.00	0.33	3.00	0.20
C	0.14	0.33	1.00	0.20	0.33	0.14
D	0.33	3.00	5.00	1.00	3.00	0.33
P	0.33	0.33	3.00	0.33	1.00	0.14
Co	3.00	3.00	7.00	3.00	7.00	1.00
Σ	5.14	10.67	26.00	7.87	17.33	2.15

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 4.8 Nomenclatura A2.

O	Orden
L	Lubricación
C	Cuantificación
D	Descubierta
P	Puntual
Co	Consistencia

Tabla 4.9 Demanda/Ponderación.

Demanda	Ponderación
Orden	1
Cuantificación	2
Descubierta	3
Lubricación	4
Consistencia	5
Puntual	6

Posteriormente se realiza la normalización de criterios, de modo que se puedan visualizar los porcentajes de importancia de cada elemento, esta tabla será de utilidad para poder obtener el índice de consistencia.

A continuación, en la Tabla 4.10 se pueden ver los resultados de la matriz normalizada.

Tabla 4.10 Porcentajes de importancia de cada elemento para la alternativa 2.

Método de evaluación									
	O	L	C	D	F	Co	Suma por fila	Importancia relativa	Porcentaje
O	0.194	0.281	0.269	0.381	0.173	0.155	1.454	0.242	24.2%
L	0.065	0.094	0.115	0.042	0.173	0.093	0.582	0.097	9.7%
C	0.028	0.031	0.038	0.025	0.019	0.066	0.209	0.035	3.5%
D	0.065	0.281	0.192	0.127	0.173	0.155	0.993	0.166	16.6%
P	0.065	0.031	0.115	0.042	0.058	0.066	0.378	0.063	6.3%
Co	0.583	0.281	0.269	0.381	0.404	0.465	2.384	0.397	39.7%
Σ columna	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.000	100.0%

De acuerdo a la tabla anterior se pueden observar los resultados tomados en cuenta por los expertos. Conforme a la metodología de AHP, se debe obtener Landa Max que será de apoyo para alcanzar el índice de consistencia, resultados que se muestran en la Tabla 4.11. Para adquirir Landa Max se multiplicará cada importancia relativa por la sumatoria, por columna de las comparaciones pareadas, obteniendo como resultado 6.43. Posterior a ello, el índice de consistencia se adquiere dividiendo Landa Max entre la cantidad de demandas primarias y el resultado se dividirá entre la cantidad de demandas menos 1, dando como resultado .09. El último paso es obtener la relación de consistencia, retomando el índice de consistencia, se dividirá entre 0.9 debido a que se busca que el resultado sea menor o igual a 0.10, con ello se observará si las ponderaciones se encuentran equilibradas, logrando como resultado una relación de consistencia de 0.10.

Tabla 4.11 Resultados de la Metodología AHP aplicada a la alternativa 2.

Landa Max	6.43
Índice de Consistencia	0.09
Relación de Consistencia	0.10

4.2.2.7.3 Características secundarias de la mesa multifuncional para la alternativa 2.

Se puede observar en la Tabla 4.12 las definiciones de cada característica secundaria que integran la mesa multifuncional.

Tabla 4.12 Características secundarias de la mesa multifuncional alternativa 2.

Demandas Primarias	Demandas Secundarias	Concepto
Orden	Espacio	Medio físico en el que se sitúan los cuerpos y los movimientos, y que suele caracterizarse como homogéneo, continuo, tridimensional e ilimitado.
	Flujo	Movimiento de las salchichas de ir de un lugar hacia otro (en la mesa de trabajo).
	Segmento	Conjunto de salchichas que se unen para formar agrupaciones.
	Posición Vertical	Manera de colocar las salchichas en el espacio de la mesa perpendicular a la orilla de la mesa.
Lubricación	Flujo continuo de sustancia	Movimiento del fluido que estará apoyando a que las salchichas no tengan fricción con la mesa.
	Cantidad de sustancia	Contar con el fluido necesario para que la salchicha se encuentre en la temperatura adecuada.
	Suministro de líquido	Fuentes necesarias para poder proporcionar el lubricante en las salchichas.
	Manipulación del producto	Manejo de la salchicha para poder colocarla en la mesa y realizar agrupaciones.
Cuantificación	Volumen de segmento	Espacio que ocupa la agrupación de las salchichas.
	Capacidad	Propiedad de poder contener cierta cantidad de alguna cosa hasta un límite determinado
	Lapso de operación	Tiempo en que tarda en procesar la salchicha en la mesa de trabajo.
	Cantidad promedio	Porción necesaria para cubrir la demanda del contenedor para el siguiente proceso.
Descubierta	Permeabilidad	Capacidad que tiene la salchicha de permitirle a la navaja que lo atravesase sin alterar su composición.
	Mantenimiento de máquina	Conservar la maquinaria revisándola, haciendo cambios en partes y brindando lo necesario para continuar trabajando.
	Dureza	Resistencia que opone la salchicha a ser rayada o afectada.
	Filo de la máquina	Parte de la peladora que se encarga de realizar un pequeño corte y apoyar en desnudar la salchicha.
Puntual	Plazo de entrega	Tiempo de entrega por cada lote de salchichas.
	Asignación de operadores	Tareas con las que cuenta cada operador tomando en cuenta sus responsabilidades y el equipo necesario para operar.
	Funcionamiento de procesos	Las actividades ser realizan constantemente sin paros por ningún caso.
	Estandarizar procesos	Cada operador, máquina y herramienta se encuentra ajustada a tiempos y espacios.
Consistencia	Textura	Forma en que se presentan las salchichas antes, durante y después del proceso, produciendo una sensación táctil o visual.
	Masa compactada	Textura sólida, firme y suave
	Temperatura promedio	Grados centígrados de cocción
	Composición	Ingredientes/insumos necesarios para la elaboración del embutido

Se ha desarrollado el mismo procedimiento de operaciones como anteriormente se había realizado, tomando en cuenta el AHP, la ponderación, el índice y la relación de consistencia de cada demanda secundaria se realizó la jerarquización por ponderación como se puede ver en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13 Jerarquización por ponderación del AHP aplicado en la alternativa 2.

DP	W0	DS	Imp. Relativa (ponderación)	Imp. Relativa	Imp.	%
Orden	0.227	Espacio	0.227*0.062	0.062	1.40%	22.66%
		Flujo	0.227*0.208	0.208	4.70%	
		Segmento	0.227*0.607	0.607	13.76%	
		Posición Vertical	0.227*0.123	0.123	2.79%	
Lubricación	0.098	Flujo continuo de sustancia	0.098*0.159	0.159	1.56%	9.78%
		Cantidad de sustancia	0.098*0.077	0.077	0.75%	
		Suministro de líquido	0.098*0.263	0.263	2.57%	
		Manipulación del producto	0.098*0.501	0.501	4.90%	
Cuantificación	0.040	Volumen de segmento	0.040*0.245	0.245	0.97%	3.96%
		Capacidad	0.040*0.136	0.136	0.54%	
		Lapso de operación	0.040*0.076	0.076	0.30%	
		Cantidad promedio	0.040*0.543	0.543	2.15%	
Descubierta	0.148	Permeabilidad	0.148*0.291	0.291	4.32%	14.84%
		Mantenimiento de máquina	0.148*0.491	0.491	7.28%	
		Dureza	0.148*0.151	0.151	2.24%	
		Filo de la máquina	0.148*0.067	0.067	0.99%	
Puntual	0.065	Plazo de entrega	0.065*0.569	0.569	3.72%	6.54%
		Asignación de operadores	0.065*0.128	0.128	0.84%	
		Funcionamiento de procesos	0.065*0.066	0.066	0.43%	
		Estandarizar procesos	0.065*0.237	0.237	1.55%	
Consistencia	0.422	Textura	0.422*0.257	0.257	10.85%	42.22%
		Masa compactada	0.422*0.531	0.531	22.41%	
		Temperatura promedio	0.422*0.145	0.145	6.11%	
		Composición	0.422*0.067	0.067	2.84%	
Σ	1.000		Suma	6.000	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.2.2.7.4 QFD

A continuación en la Figura 4.15, se muestra el QFD desarrollado, el cual considera el desempeño y la evaluación de la competencia. Al tener en cuenta los atributos en la voz del cliente se tienen en cuenta parámetros de diseño, medidas de desempeño y la evaluación de la competencia, se pueden ver reflejadas en el siguiente QFD donde la información obtenida sobre los aspectos de este prototipo que se diseña toma en cuenta al cliente para que su nivel de aceptación aumente y obtenga una mejor aceptación en el mercado. Al usar el QFD se formulan conflictos a resolver y por medio de estas métricas en la herramienta, ayuda a diseñar los parámetros de evaluación de la mesa multifuncional y posterior a su análisis se deben correlacionar los atributos del producto. Después se debe hacer un análisis para relacionar los atributos de la mesa multifuncional con los componentes que se requieren para materializar esta función.

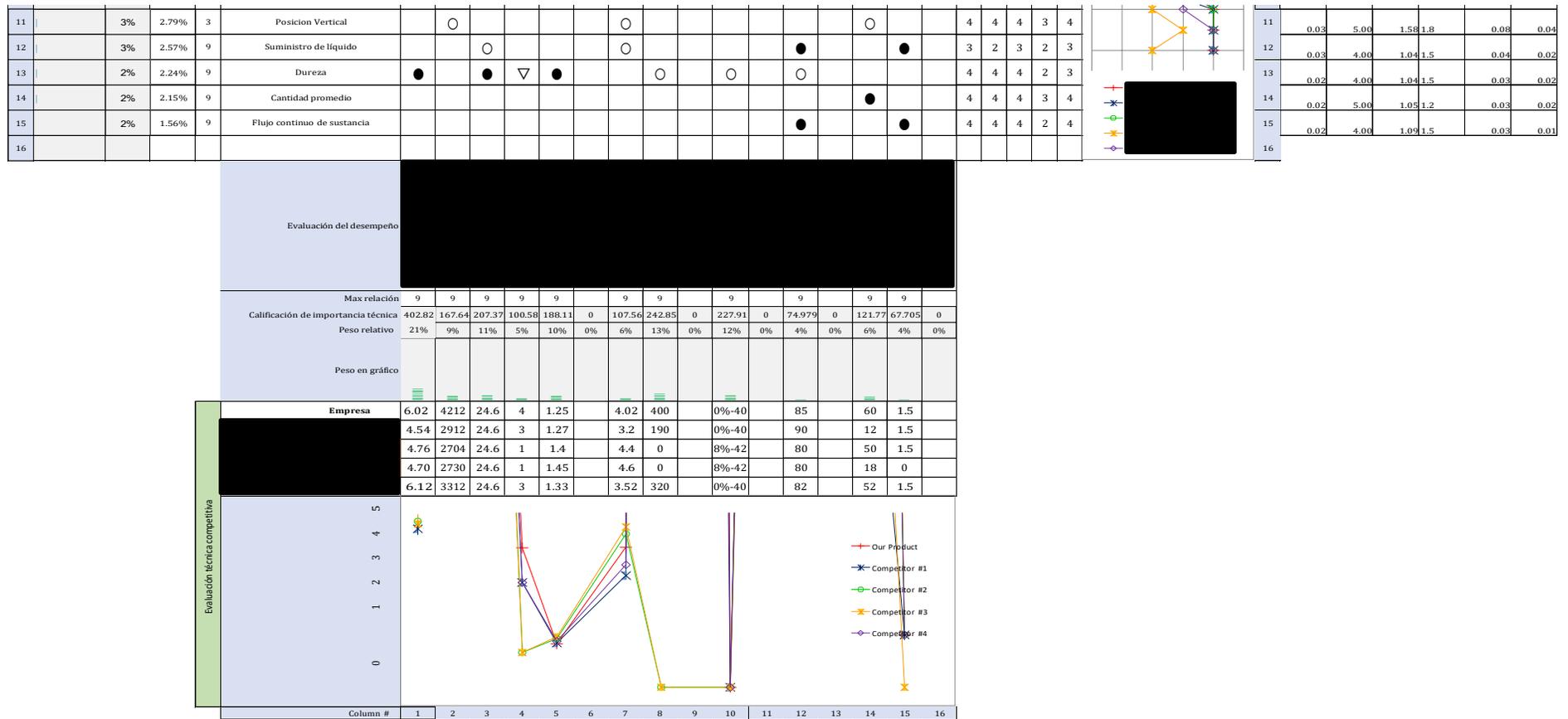


Figura 4.15 QFD de empresa (elaboración propia, 2020).

4.2.2.7.5 Técnica Sistémica de Análisis Funcional (FAST).

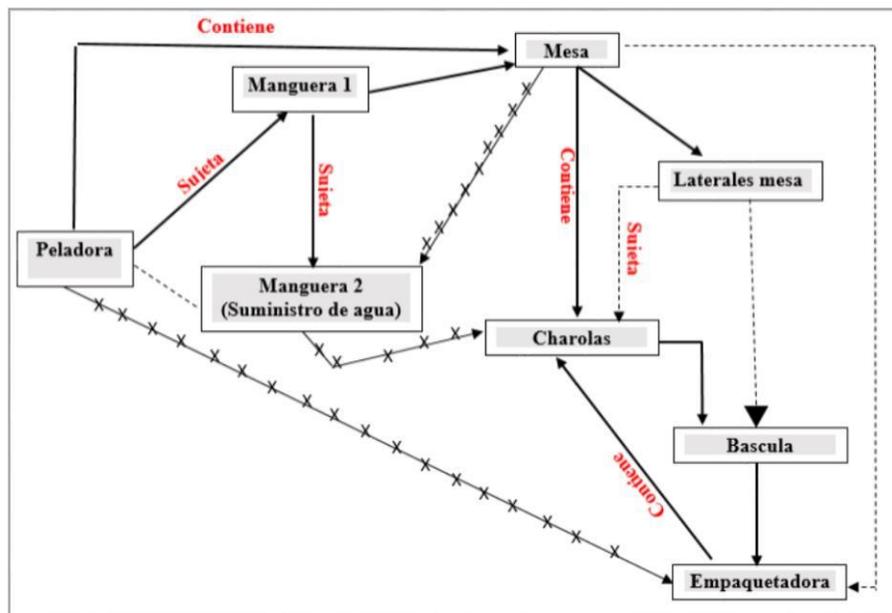


Figura 4.16 Analisis Funcional (elaboración propia, 2020).

Tabla 4.14 Simbología FAST.

Relativamente-Buena	A	—————>	B
Débil	A	- - - - ->	B
Excesiva	A	=====>	B
Nefasta	A	~~~~~>	B
Inexistente	A	-x-x-x->	B

Posteriormente al realizar el análisis Funcional de la mesa, se puede observar en la Tabla 4.15 las relaciones entre los distintos elementos que componen la mesa multifuncional.

Tabla 4.15 Relaciones entre los componentes de la mesa multifuncional.

Componente A	Función	Componente B
Peladora	Sujeta	Manguera 1
	Contiene	Mesa
Manguera 1	Sujeta	Manguera 2
Mesa	Contiene	Charolas
Empaquetadora	Contiene	Charolas

4.2.2.7.6 Aplicación de TRIZ

Requisitos técnicos.

Conforme a la Organización Mundial de la Salud (Norma Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994, 2005), las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son una de las principales causas de enfermedad entre la población mundial, éstas contemplan tanto a las provocadas por la contaminación microbiana de los alimentos, que por regla general cursan de manera aguda, como las alteraciones a la salud, producto de la ingestión constante de ciertos contaminantes. El número de afectados por la ingestión de contaminantes de manera crónica no está cuantificado. Se considera que la mejor manera de reducir las ETA es la prevención, entre cuyas medidas se encuentra la expedición de normas así como la vigilancia de su cumplimiento. Esta norma se presenta como una opción para disminuir las ETA causadas por el consumo de estos alimentos que por su gran variedad, el bajo costo de varios de los productos incluidos y la forma en que son ofrecidos para su consumo en todo tipo de comercios dedicados a vender alimentos, son ampliamente consumidos entre la población. Por lo que si se desarrolla una norma y se hace una vigilancia adecuada del cumplimiento de ésta, el riesgo a prevenir es alto en términos tanto sanitarios como económicos.

Cabe destacar que no existe mucha información sobre normas relacionadas con la maquinaria o manipulación de productos cárnicos, excepto de especificaciones sanitarias, envasado y contaminación microbiana. Las normas ISO (International Organization for Standardization) que se evaluaron para el desarrollo del diseño de la mesa multifuncional, son directamente para la tubería y charolas. Corresponden las siguientes cuatro normas:

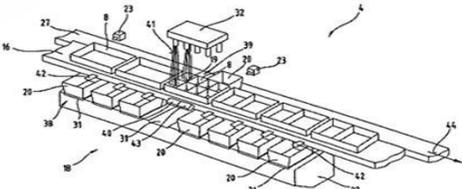
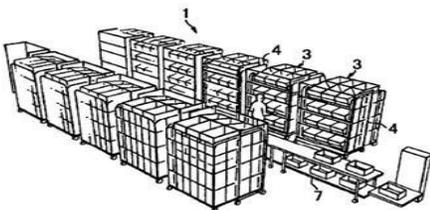
- 1.- Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- 2.- Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
- 3.- NOM-006-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.
- 4.- NOM-028-STPS-1993 Seguridad-código de colores para la identificación de fluidos

conducidos en tuberías.

4.2.2.7.7 Patentes

Para realizar el nivel inventivo en la mesa multifuncional, fue necesario una búsqueda de antecedentes cercanos a nuestra invención, con el objetivo de utilizarlas como base para la creación de nuestro producto. Lo más semejante a lo que se requiere realizar en la base de datos de patentes, se encuentran los siguientes registros que se muestran en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Patentes relacionadas con el diseño de la mesa multifuncional.

<p>1. Nombre de la patente: Almacén de tránsito de mercancías y procedimiento para su operación. Fecha: 01 – AGST - 2007. Autor: Hansl, Rudolf y Klug, Dieter. Clave de patente: ES2320474T3</p>
<p>El objetivo de esta invención es proporcionar medidas para la operación de un almacén de tránsito de mercancías, que permitan realizar el procesamiento de la entrada de producto, conforme al volumen de entrada de productos, sin que se produzcan interrupciones ni reducciones de rendimiento de la expedición de la salida de mercancías.</p>
 <p>A technical drawing showing a perspective view of a warehouse layout. It features a central aisle with a conveyor system or sorting mechanism. Various components are labeled with numbers: 8, 16, 27, 32, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. The drawing illustrates the flow of goods through the facility.</p>
<p>2. Nombre de la patente: Sistema de selección y método de clasificación de artículos. Fecha: 25 – MAY - 2016. Autor: Hoshino, Yoshihiko. Clave de patente: ES2582088T3</p>
<p>La presente invención se refiere a un sistema de selección que utiliza un bastidor de selección y un método de clasificación de artículos para utilizar dicho sistema.</p> <p>Se describen instalaciones de selección de artículos donde los artículos se clasifican automáticamente para estar contenidos en cubos. Un operador selecciona los artículos del cubo según una instrucción de un indicador que indica la cantidad de artículos a seleccionar instalado en la estación de entrega; y, si el operador manipula un botón de finalización del indicador, el cubo regresa desde la estación de entrega al depósito automático para ser alojado automáticamente en una posición de almacenamiento inicial del mismo en la estantería.</p>
 <p>A technical drawing showing a perspective view of a selection system. It features a row of cubo-shaped containers (bins) on a conveyor belt. A person is shown interacting with the system. The drawing is labeled with numbers: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. The drawing illustrates the automated selection and classification process.</p>

3. Nombre de la patente: Dispositivo de transporte controlado por ordenador.

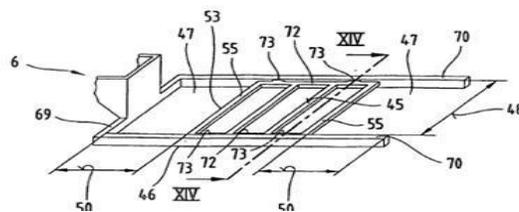
Fecha: 13 - DIC - 2016.

Autor: Hansl, Rudolf .

Clave de patente: ES2315837T3

Se conoce un manipulador de estanterías desplazables entre estanterías de almacenamiento, como un montante vertical, que se puede accionar en el pie del montante por medio de un mecanismo de traslación y que va apoyado sobre unos carriles guía inferiores, por medio de dos ruedas de rodadura.

En el montante va guiada una plataforma de forma desplazable en dirección vertical por medio de un primer accionamiento elevador, sobre la cual está situado un dispositivo de sujeción de la carga para almacenar y retirar medios auxiliares de carga tales como contenedores, cajas de cartón o similares. Con la mesa, se utiliza una plataforma la cual permite transportar y almacenar o retirar sin problemas un segundo medio auxiliar de carga.



4. Nombre de la patente: Dispositivo de separación.

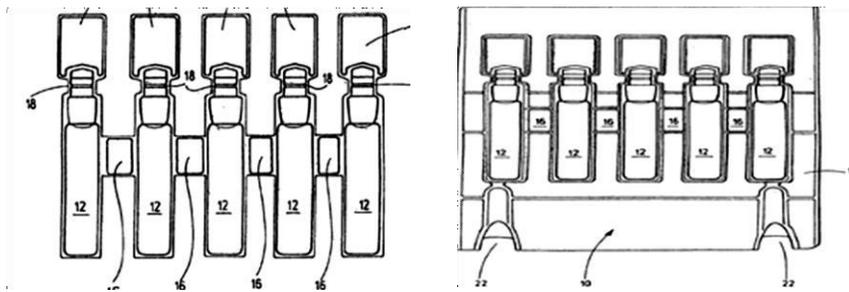
Fecha: 15 - DIC - 2010.

Autor: Hansen, Bernd.

Clave de patente: ES2383646T3.

La presente invención hace referencia a un dispositivo de separación para separar, como productos, recipientes individuales de un conjunto estructural compuesto de un material plástico, particularmente de polipropileno, con, al menos, un dispositivo troquelador que separa, al menos, parcialmente el respectivo producto, recipiente de un recorte de la estructura, de acuerdo con el acondicionamiento característico del concepto general de la reivindicación.

El objetivo de la presente invención consiste en crear un dispositivo de separación mediante el cual se logra con una velocidad elevada la separación de los productos recipientes (es indistinto de qué material plástico se componen) del conjunto estructural, y que además de una seguridad funcional elevada presenta también costes de fabricación relativamente reducidos.



5. Nombre de la patente: Sistema de clasificación y distribución.

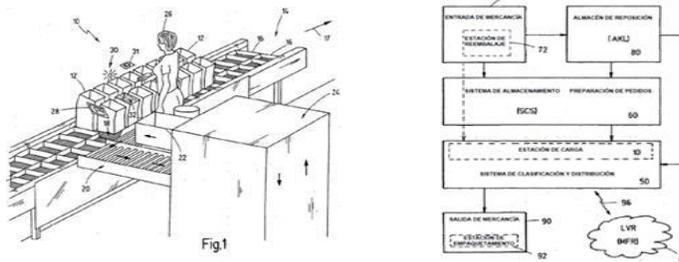
Fecha: 22 - MAY- 2013.

Autor: Schafer, Gerhard

Clave de patente: ES2410556T3.

La presente invención se refiere a un sistema de clasificación y distribución, para ordenar unidades de artículos según los pedidos de los clientes, con un gran rendimiento de clasificación, con una tecnología de transporte y clasificación circulante, preferiblemente en circuito cerrado, con un medio de transporte unido a múltiples dispositivos de recepción, a los que deben entregarse las unidades de artículos, y al menos una estación de carga para llenar manualmente los dispositivos de recepción con unidades de artículos.

Cabe destacar que las bandejas libres se llenan automáticamente, aunque el cambio de bandejas y de los artículos se extraiga a mano.



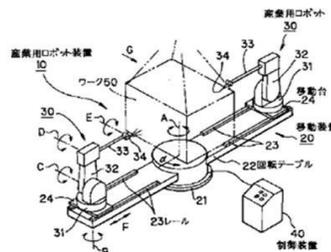
6. Nombre de la patente: Dispositivo robot industrial.

Fecha: 23 - ABRIL- 2012.

Autor: Mitsubishi Heavy Ind.

Clave de patente: JPH1015856A.

Proporcionar un dispositivo robot industrial mediante el cual se pueda realizar un trabajo específico en poco tiempo para un trabajo de gran tamaño, sin interferencia mutua por robots industriales plurales, y de bajo costo. SOLUCIÓN: El centro de una mesa giratoria 22 está soportado de forma giratoria, se proporcionan dos juegos de carros móviles 24 a ambos lados de la mesa giratoria 22, moviéndose alternativamente en dirección a los lados exteriores desde el centro superior, robots industriales 30 para llevar a cabo un trabajo específico para un gran tamaño de trabajo 50 se cargan en los carros móviles 24 respectivamente, y el sistema está compuesto para controlarlos de manera coordinada por un dispositivo de control 40.



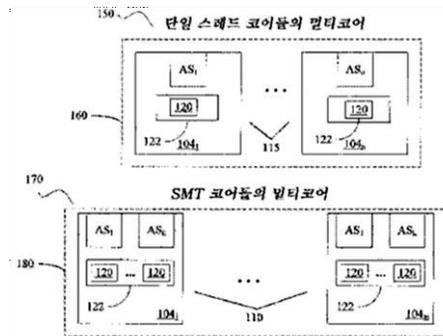
7. Nombre de la patente: Gestión de dirección del secuenciador.

Fecha: 04 – FEB - 2012.

Autor: Intel Corp (Us).

Clave de patente: KR101136610B1.

Se describe el sistema para la administración de la asignación entre la lógica secuenciador de direcciones y física o la lógica secuenciador hacia la conversión en el múltiple secuenciador multihilo sistema, y la forma de realización del mecanismo y método. La asignación al secuenciador real del sistema de la dirección del secuenciador lógico, la página o el marco y el mapeo se puede gestionar el administrador del mapeo. Cuando se realiza la asignación, la lógica de asignación de estar relacionado con el administrador de la asignación puede considerar el secuenciador atributos. La lógica de reubicación de estar relacionado con el administrador de mapeo puede lograr llenarse con el almacenamiento auxiliar con la introducción de la información de contexto al reasignar el secuenciador. Los secuenciadores se asignan independientemente o se pueden asignar como parte de los bloques particionados. El administrador de mapeo puede incluir la lógica de conversión que proporciona el identificador sobre el secuenciador en el que, además, la dirección del secuenciador lógico se mapea cada vez que se utiliza en el programa de usuario. De igual forma se explican otras realizaciones y se reivindica.



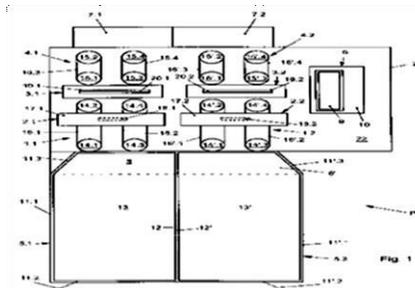
8. Nombre de la patente: Dispositivo y procedimiento para la separación de salchicha cadenas.

Fecha: 29 – NOV - 2011.

Autor: Domlatil Miroslaw [DE]; Inotec GMBH Maschinenentwic Klung und Vertrieb [DE].

Clave de patente: US2011314980A1.

En un dispositivo para la separación de cadenas de salchichas, que tiene un aparato de alimentación (1) para alimentar cadenas de salchichas, con el cual un aparato de separación (3) para separar las cadenas de salchichas en secciones individuales de cadenas de salchichas, respectivamente salchichas, está asociado y plegado en n El número de aparatos de separación (3.1 a 3.n) se integrará adyacente entre sí en el dispositivo (P), en el que $n \geq 2$.



9. Nombre de la patente: Dispositivo y procedimiento para la separación de salchicha cadenas.

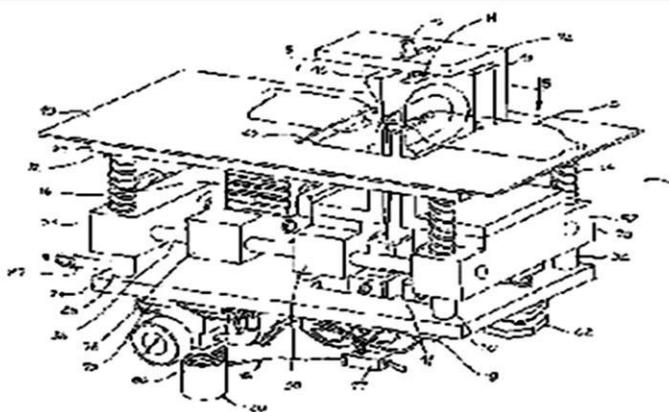
Fecha: 06 – OCT - 1998.

Autor: Aldziak ;Pedro.

Clave de patente: US5816903A.

Se proporciona un aparato accionado por aire (10) para separar una cadena de salchichas (S) conectadas por tripas retorcidas (TC). El aparato (10) tiene una primera boca de salchicha (46) separada de una segunda boca de salchicha (48) que define una zona de corte (C). Cada boca de salchicha (46,48) tiene una ranura (54) para recibir una carcasa retorcida (TC) que conecta las salchichas adyacentes. Un primer cuchillo (70) está soportado de forma móvil en la primera boca de salchicha (46), y un segundo cuchillo (72) está soportado de forma móvil en la segunda boca de salchicha (48). Un cilindro tensor (76) tiene un extremo fijo y un extremo extensible conectado a la primera boca de salchicha (46) para mover la primera salchicha boca (46) en relación con la segunda boca de salchicha (48) para estirar la envoltura retorcida (TC).

Un primer cilindro de corte (66) tiene un extremo fijo y un extremo extensible conectado a la primera cuchilla (70) para mover la primera cuchilla (70) a la zona de corte (C). Un segundo cilindro de corte (68) tiene un extremo extensible conectado a la segunda cuchilla (72) para mover la segunda cuchilla (72) a la zona de corte (C). Se proporciona una primera válvula piloto (88) donde, tras el accionamiento, la primera válvula piloto (88) suministra fluido al cilindro tensor (76) para estirar la carcasa retorcida (TC). Se proporciona una segunda válvula piloto (90) donde, en respuesta al accionamiento de la primera válvula piloto (88), se acciona la segunda válvula piloto (88) que suministra fluido a los cilindros de corte (66,68) para cortar inmediatamente la carcasa retorcida (TC).



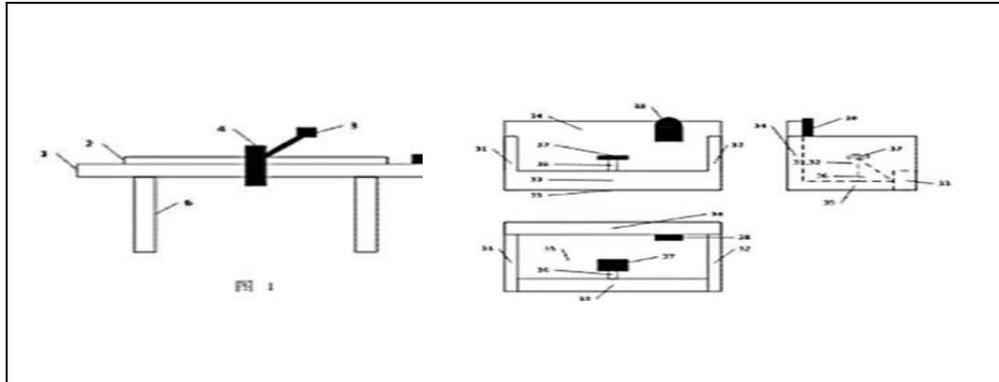
10. Nombre de la patente: Mesa de soporte con múltiples funciones.

Fecha: 22 – JUL - 2015.

Autor: Llu Fasheng.

Clave de patente: CN204483460U.

Una mesa de soporte con múltiples funciones comprende una mesa fija, una mesa móvil, una ranura para altavoces, un dispositivo de elevación y rotación, un panel de control inteligente y un marco de mesa. La mesa de soporte se caracteriza porque la dirección de rotación, el ángulo de rotación, la dirección de elevación y la altura de elevación de la mesa móvil se pueden controlar de forma inteligente a través del panel de control inteligente basado en diferentes engranajes, y se libera la mano de obra; Se puede colocar un dispositivo terminal inteligente, como un teléfono móvil y una tableta, en la ranura del altavoz, el volumen se puede ajustar de forma inteligente a través de un altavoz y la ranura del altavoz puede subir, bajar y girar junto con la mesa móvil. De acuerdo con la mesa de comedor, la mesa móvil se puede controlar de manera flexible para subir, caer y girar, la estabilidad de la mesa es alta, la operación es fácil y, lo que es más importante, se mejora la capacidad de control de la mesa de comedor, la usabilidad del espacio de la mesa se mejora, y se mejora el entretenimiento



11. Nombre de la patente: Sistema de control de secuenciación.

Fecha: 08 – MAY - 2013.

Autor: Sheng Sitong.

Clave de patente: CN103092090A.

La invención se refiere al campo del control automático y proporciona un sistema de control de secuenciación. El sistema de control de secuenciación comprende una primera unidad de respuesta de secuenciación, una primera unidad de recolección de figuras, una segunda unidad de respuesta de secuenciación, una segunda unidad de recolección de figuras y una unidad de control, en donde la primera unidad de respuesta de secuenciación se usa para controlar la respuesta de secuenciación de una primera cámara de respuesta de secuenciación; la primera unidad de recolección de figuras se usa para controlar la detección de señales y la recolección para la primera cámara de respuesta por un componente de colección de figuras para obtener datos de señal; la segunda unidad de respuesta de secuencia se usa para controlar la respuesta de secuencia de una segunda cámara de respuesta de secuencia; la segunda unidad de recolección de figuras se usa para controlar la detección de señales y la recolección para la segunda cámara de respuesta de secuenciación por el componente de recolección de figuras para obtener datos de señales; y la unidad de control se usa para controlar varias veces la operación de ciclo de la primera unidad de respuesta de secuenciación y la primera unidad de recolección de figuras, y también se usa para controlar la operación de múltiples tiempos de ciclo de la segunda unidad de respuesta de secuenciación y la segunda unidad de recolección de figuras. El sistema de control de secuenciación puede permitir una secuenciación rápida y capaz de mejorar la relación de uso del sistema de control de secuenciación.

CN 103092090 A 说明书附图 1/3页

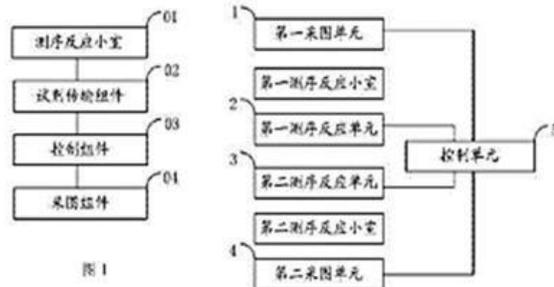


图 1

4.2.2.7.8 Recursos disponibles

El sistema actual, cuenta con una mesa de metal donde realizan el acomodo de salchichas. Esta mesa a su vez, cuenta con paredes que mantienen al producto sobre la superficie. También existe una bandeja de superficie plana que orienta a la salchicha al momento de salir de la peladora.

4.2.2.7.9 Recurso de tiempo

El ciclo de vida de una mesa de metal no es un dato puntual, debido a que intervienen muchos factores que afectan directamente a la variable, sin embargo, se puede tomar como base 10 años de durabilidad por el material del que está fabricado, de ahí empieza un deterioro notable sino se tiene el cuidado y mantenimiento necesario.

4.2.2.7.10 Recurso de espacio

Las medidas actualmente de la mesa se muestran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Recurso de espacio de la mesa de trabajo del área de pelado Alternativa 2.

	Largo	Ancho	Altura
Mesa	3.57 metros	1.17 metros	.84 metros

4.2.2.7.11 Recursos necesarios

El actual sistema requiere de una mejora para poder ordenar las salchichas de manera que cuente con un componente que realice tal acción.

Tomando en cuenta que la salchicha cuenta con un diámetro de 23 mm. El sistema propuesto contará con:

- Manguera industrial transparente de 1 in / 25mm para orientar las salchichas.
- Una unión cruz de pvc de 2 in/ 51 mm. El orificio derecho conectado hacia la manguera de 1 ½ in /38 mm encargada de suministrar agua por medio de una Válvula Bola de PVC C-80 (Doble Unión 1 ¼ in) y el orificio directo conectado hacia la manguera industrial de 1 in. El orificio izquierdo tendrá un tapón cementar.
- Adaptador para manguera forma de cono con una medida de 1 in.
- Charolas de plástico con divisiones para contener a las salchichas.

- Dos básculas de plataforma para cada línea de charolas para pesar antes del siguiente proceso.

4.2.2.7.12 Recurso de sustancia

Los materiales con los que se va a transformar la mesa se muestran en la Tabla 4.18. De acuerdo a su utilidad deben ser resistentes, duraderos, desmontables y que cumplan con las normas pertinentes de los productos cárnicos. Al realizar esta invención facilitará crear soluciones como: disminuir el tiempo de producción al menos a un 20%, reducir operarios por lo menos a un 35%, mejorar la productividad en la línea de producción de salchichas de la empresa como asimismo permitir llevar a la empresa a escenarios de cambio que optimicen sus ganancias. Las divisiones de las charolas se fabricarán de diversos materiales disponibles en la actualidad como: plástico, acero inoxidable o metal.

Por otro lado, la tubería que va intercalada con la máquina de pelado se requiere que los materiales sean de plástico flexible y transparente.

Tabla 4.18 Recursos necesarios de sustancia necesarios para la mesa de trabajo.

Componente	Material	Tiempo	Sistema	Energía	Funcional
	Componente	IT/Usó	Interacción del componente	Acción	Características estructurales de sistema
Manguera industrial	PVC transparente.	De 3 a 4 horas	3	Presión	Compresión/ Fuerza
Manguera de tubo	Goma	De 3 a 4 horas	2	Presión	Fuerza/ Conducción
Conexión para manguera	Goma/Plástico	De 3 a 4 horas	2	Presión	Suministro/Conducción
Adaptadores de manguera	Goma/Plástico	De 3 a 4 horas	2	Presión	Fuerza/Orientación
Unión de cruz	Aluminio	De 3 a 4 horas	2	Presión	Suministro/ Fuerza
Charolas con divisiones	Plástico	De 3 a 4 horas	3	Deslizarse por peso	Peso
Báscula de plataforma	Acero inoxidable	De 3 a 4 horas	2	Pesaje Programado	Peso

4.2.2.7.13 Bill of Materials (BOM)

La Figura 4.17 representa la lista de materiales necesarios para el diseño de la mesa multifuncional, el cual lo integran 3 niveles.

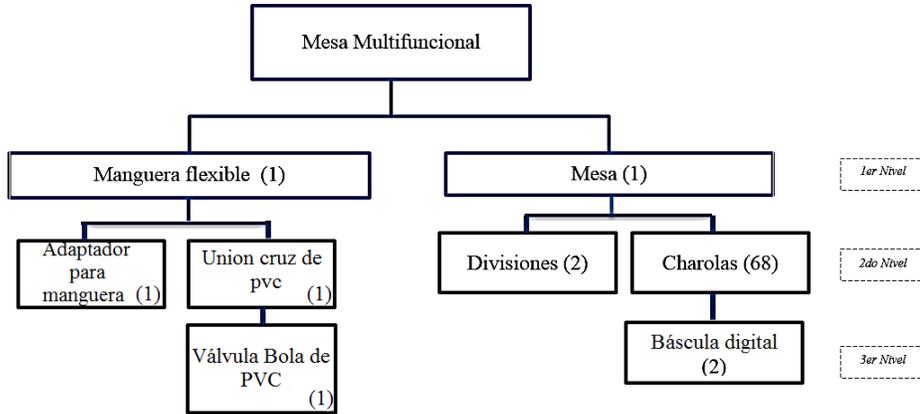


Figura 4.17 Bill of Materials para la mesa multifuncional (elaboración propia 2020).

4.2.2.7.14 Parámetros de evaluación

Con el fin de dar solución a la problemática con respecto al sistema actual del área de pelado, se consideraron los parámetros que se muestran en la tabla 4.19.

“Fuerza vs energía usada de un objeto en movimiento”.

Tabla 4.19 Parámetros de evaluación para la mesa multifuncional.

Número	Principio	Propuesta
35	Cambios de parámetros	Cambiar el grado de flexibilidad.
17	Otra dimensión	Incline o reoriente el objeto, colóquelo de lado.
10	Acción preliminar	Pre-organice los objetos para que puedan entrar en acción desde el lugar más conveniente y sin perder tiempo para su entrega.
19	Acción periódica	En lugar de una acción continua, use acciones periódicas o pulsantes.

Fuente: Elaboración propia 2020.

4.2.2.7.15 Contradicciones

Para que la mesa tenga la funcionalidad adecuada que se desea, se indican en la Tabla 4.20 las contradicciones físicas necesarias para la mesa multifuncional.

Tabla 4.20 Contradicciones físicas necesarias de la mesa multifuncional.

Mesa con sistema de inclinación	PERO	Debe ser deslizable
Mantener apiladas las salchichas		Fácil de desmontar
Debe tener un sistema de lubricación continuo		Con un sistema de suministro y drenado
Suministro por tubería		Debe ser flexible
La tubería debe proyectar fuerza		Sin arruinar la orientación
Peso en Kilogramos		Exacto
Debe contener charolas		Con divisiones

Fuente: Elaboración propia 2020.

4.2.2.7.16 Sistema ideal

El sistema ideal sería aquel en el que la salchicha pase directamente de la peladora al área de empaque de una manera ordenada y con el peso ideal por paquete.

Para lograr un sistema similar, se sugiere que cuente con una manguera que se conecte con la peladora, de forma que permita un mejor manejo de la salchicha. La manguera flexible estará conectada a la boquilla de la peladora por medio de una conexión. De esta manera, la salchicha pasará directamente de la peladora, sistema que oriente al producto. La manguera contará con un orificio que permitirá desatorar a las salchichas en caso de salir de manera errónea de la peladora, también existirá un sistema de lubricación conectado a la tubería para apoyar el desplazamiento del producto. La manguera tendrá pequeños orificios al final de esta para filtrar el agua que se le suministre. De igual forma, al final de la manguera, contará con un acople que permita orientar a la salchicha hacia unas charolas que contarán con divisiones, que ayuden a colocar el producto. Una vez teniendo las charolas llenas de salchichas, se procederá a pesar el producto, considerando los 3.6 kilogramos que cada paquete debería tener. Después de ser pesado el producto, se pasará al proceso de empaquetado donde apoyándose de la tapa de la charola, se irán deslizando para caer en el empaque.

4.2.2.7.17 Diseño conceptual y prototipo.

En la figura 4.18 se muestran diferentes ángulos del prototipo diseñado y desarrollado en SolidWorks para la mesa multifuncional. En la Figura 4.19 se presentan las divisiones con las que contará la mesa, secciones donde deslizaran las charolas para su pesaje.

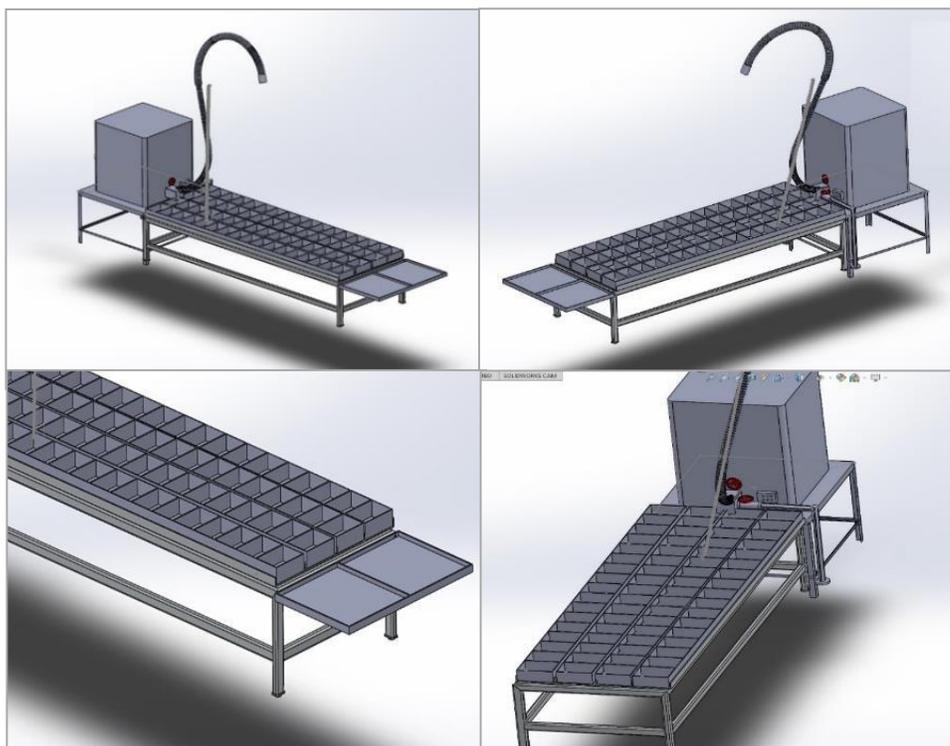


Figura 4.18 Diseño prototipo de la mesa multifuncional propuesta para la alternativa 2 (elaboración propia 2020).

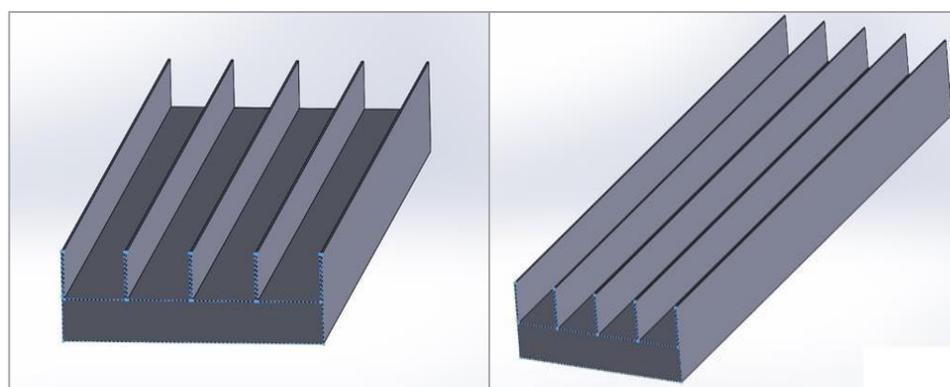


Figura 4.19 Divisiones de la mesa multifuncional propuestas para la alternativa 2 (elaboración propia 2020).

4.2.2.7.18 Validación de la mesa multifuncional mediante un modelo de simulación usando SIMIO.

Para llevar a cabo la comprobación del funcionamiento de la mesa multifuncional, es necesario realizar una validación de la segunda alternativa de solución. Dicho análisis se llevará a cabo por medio de un modelo en SIMIO, los resultados se registrarán en una tabla que permita comparar el impacto de los KIP'S iniciales y finales.

Finalmente para la mejor alternativa, se realizará un estudio financiero que demuestre los beneficios monetarios al implementar dicha estrategia de solución en el área de pelado de la empresa.

Construcción del modelo de simulación

Para realizar el proceso de construcción del modelo de simulación en el software SIMIO hay que llevar a cabo los siguientes 4 puntos.

1.-Recolección de datos.

Para la elaboración de la presente alternativa se utilizaron los datos de entrada recabados en el capítulo 3, en las Tablas 3.3 y 3.4.

2.-Ajuste estadístico de datos.

Para el área de mezclado y embutido se utilizaron las distribuciones de la Tabla 3.5. Las células de trabajo que tuvieron modificación fueron: hornos, pelado y empaquetado. De acuerdo con los resultados anteriores en el área de pelado, se decidió profundizar a detalle todas las actividades involucradas en dicha área, para lo cual se dividió en dos: tiempo que demora el producto en la máquina de pelado y tiempo de permanencia en la mesa multifuncional considerando la innovación propuesta mediante TRIZ y las cuatro líneas de charolas para cada sección, se lograría una reducción en el tiempo de servicio en el área de pelado. Para el área de empaquetado ya no existirían paros de máquina debido a falta de producto para empaquetar.

La Tabla 4.21 muestra el concentrado de las pruebas de bondad de ajuste para cada célula de trabajo a simular en el software SIMIO.

Tabla 4.21 Pruebas de bondad de ajuste en la LPS – Alternativa.

Célula de trabajo	Distribución de probabilidad
Mezcladora	Distribución empírica
Embutido	Distribución uniforme (76-140 mnts)
Hornos	Distribución triangular (30-35-40 mnts)
Pelado	Máquina de pelado Distribución uniforme (5-10 mnts)
	Área de segmentación y apilamiento de salchicha Distribución uniforme (15-30 segundos)
Empaquetado	Distribución empírica

Mezcladora

Para el área de mezclado, no se tiene ningún cambio por lo tanto permanece con un valor constante de 60 minutos.

Embutido

Para la célula de embutido se considera una distribución Uniforme de (76 - 140 mnts), esto es debido al tiempo de procesamiento para un lote de 4 toneladas.

Hornos

Para el área de hornos no existen modificaciones. La distribución empleada se encuentra en el capítulo 4, Tabla 4.1 donde se consideran 5 hornos con un tiempo menor a la primera evaluación, por lo tanto se aplica una distribución Triangular (30-35-40 mnts).

Pelado

De acuerdo a la alternativa 2, fue necesario profundizar el estudio del área de pelado. Con la colaboración del jefe de producción, para la primera sección se determinó una distribución Uniforme (5-10 mnts) para cada carrito procesado al retiro de la tripa celulosa.

La segunda sección considera a la mesa multifuncional, área que la componen dos líneas de charolas que cumplen la función de segmentar, apilar y pesar el producto para finalmente ser trasladado a la etapa de empaque.

Empaquetado

Para la célula de empaque, se desempeñaría un tiempo de procesamiento Empírico de 7 a 15 segundos por paquete sin paros, debido a que ya no se tendría desabasto de producto y se alcanzaría a suministrar la línea de 8 paquetes por minuto, sin retrasos.

3.- Elaboración del modelo en SIMIO de la alternativa 2.

Mediante el uso del software de simulación SIMIO, se procedió a construir el modelo de la alternativa 2 para la línea de producción de salchichas. A continuación, se explica de manera general como se fue realizando cada célula de trabajo que integran a la línea de producción de salchichas, incluyendo la innovación y el desglose en el área de pelado.

1. Célula de mezclado

Para simular el área de mezclado se insertó un source, el encargado de generar los ingredientes necesarios para la producción máxima de cuatro lotes equivalente a cuatro toneladas. Posteriormente llega a la mezcladora la cual está representada por un combiner que realiza la función de combinar los ingredientes creados por un source con los cuatro lotes creados por otro source, para permanecer en un tiempo de servicio de 60 minutos.

2. Célula de embutido

Posteriormente, al finalizar los 60 minutos del área de mezclado se insertó un separator el cual se encargó de eliminar los cuatro lotes y crear un lote de 4 toneladas. Para simular el área de embutido primero, se necesita que el emulsificador acepte el lote que representa las cuatro toneladas, para lo cual se utilizó un server, el cual mantuvo la temperatura de la pasta, de ahí se generó embutido con la ayuda de un separator el cual al recibir el lote de cuatro toneladas crea quince carritos, teniendo un total de 15 carritos con un tiempo Uniforme (76-140) minutos para el lote de cuatro toneladas ingresado en el separator

3. Célula de hornos

Antes de ingresar los carritos al área de hornos se incorporó a la simulación un TransferNode para cambiar el destino de viaje de los carritos de salchichas, que mediante una lista de nodes se dividieron en los cinco hornos, hasta tener una capacidad de tres carritos por horno. Para personalizar el cocimiento del producto fue representado cada horno por un server, con un tiempo Triangular (30, 35,40) minutos para cada uno.

4. Célula de pelado

Se utilizó un separator para representar el área de pelado, que al ingresar cada carrito lo expulsaba a través de un sink para poder crear la cantidad de 70 charolas por cada carrito ingresado, se considera un tiempo Uniforme (15-30 segundos) por carrito, seguidamente se inserta un TransferNode que por medio de una lista de Nodes distribuye la carga de cada carrito

en las 4 líneas de charolas que se encuentran en la mesa, al deslizarse se dividen nuevamente por dos TransferNode encargados de dirigir las charolas con producto a una de las dos básculas disponibles para su pesaje y preparación para la siguiente etapa.

5. Célula de empaquetado

Para representar el área de empaque, se utilizó un server con un tiempo Uniforme (7,15 segundos) por paquete, finalizando con la conexión a un Sink, por lo tanto la salida es dada en número de paquetes.

En las figuras 4.20 a la 4.24 se muestran los diferentes ángulos y los cambios realizados en el área de pelado.



Figura 4.20 Simulación 3D producto terminado (elaboración propia).



Figura 4.21 Vista lateral del área de pelado (elaboración propia).



Figura 4.22 Vista frontal del área de pelado (elaboración propia).



Figura 4.23 Área de empaquetado y producto terminado (elaboración propia).



Figura 4.24 Vista del área de pelado al interior de la planta (elaboración propia).

4.- Validación

Al finalizar el modelo de simulación continuamos a realizar pruebas piloto para probar que el modelo corra como lo hace el sistema real. Los resultados que se obtuvieron del modelo de la alternativa 2, se observan en la pestaña Results en la opción Pivot Grid.

En la Figura 4.25 se muestra la interfaz del usuario tipo Sink para cada máquina que integra la línea de salchichas.

Average							Drop Column Fields
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statstbc	Average Total	
Sink	Empaque1	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Maximum (Hou...	0.1869	
					Minimum (Hours)	0.0069	
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	565.0000		
			NumberExited	Total	565.0000		
Empaque2	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	0.0718		
				Maximum (Hou...	0.2008		
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	566.0000		
			NumberExited	Total	566.0000		
SalidaCarros	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	1.7336		
				Maximum (Hou...	2.6128		
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	15.0000		
			NumberExited	Total	15.0000		
SalidaLote	[DestroyedEntities]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hou...	1.3110		
				Maximum (Hou...	1.3110		
				Minimum (Hours)	1.3110		

Figura 4.25 Interfaz de resultados de una corrida de simulación en el software SIMIO - alternativa 2 (elaboración propia).

Posteriormente al obtener la interfaz de resultados, se debe realizar la validación del modelo con la prueba t-pareada para obtener el número óptimo de corridas, mediante la Ecuación 1 citada en el capítulo 3, se realizó la primera evaluación del modelo del sistema actual de la línea de salchichas por lo que saltaremos estos pasos. De acuerdo con el modelo del sistema actual dio un total de 33 corridas, así que para el modelo de la alternativa 1 y 2 se realizaron directamente el mismo número óptimo de corridas.

5.- Análisis de KPI'S

De acuerdo con los estudios anteriores, el área de interés en este análisis es la célula de pelado y por lo tanto el producto final dado en pallets. Se establecen los siguientes indicadores de desempeño para la maquinaria de pelado.

KIP'S iniciales

- Tiempo promedio de producción por día.
- Tiempo muerto promedio por día.
- Porcentaje promedio de utilización por día.

KPI'S finales

- Número de pallets
- Excedentes de paquetes.

4.2.2.7.19 Análisis del área de Pelado de la alternativa 2

A continuación podemos ver en la en la Tabla 4.22 los resultado obtenidos de las 33 corridas de simulación para cada medida de desempeño de la célula pelado.

Análisis de los KPI'S finales

Al terminar la segunda alternativa de solución, se analizan los KPI'S finales los cuales se muestran en la Tabla 4.23. Se puede observar que la información que reporta la tabla es el número de paquetes por cada sección que compone la mesa y el número de pallets. Aunque existen sobrantes dados en paquetes, se mantiene un excedente fijo de 16 paquetes al día sin variaciones lo cual favorece la estabilidad de la línea de producción de salchichas. Al tener un número estándar de 60 salchichas por paquete se genera un aproximado de 5.38 pallets.

Tabla 4.22 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 2 en el área de pelado.

PELADO			
Medidas de desempeño (KPI)			
No Corridas	%Utilización	Tiempo Process(mnts)	Tiempo Muerto(mnts)
1	67.72%	220.20	654.00
2	67.15%	219.00	654.60
3	65.27%	204.00	662.40
4	65.43%	205.20	661.20
5	67.46%	221.40	653.40
6	66.52%	211.80	658.20
7	66.14%	209.40	659.40
8	67.25%	219.00	654.60
9	65.43%	208.20	660.00
10	64.82%	200.40	663.60
11	65.72%	205.80	661.20
12	64.83%	201.60	663.00
13	65.53%	206.40	660.60
14	67.58%	217.80	655.20
15	66.09%	211.20	658.80
16	66.29%	211.80	658.20
17	65.93%	205.80	661.20
18	65.39%	208.20	660.00
19	66.37%	210.60	658.80
20	66.01%	208.20	660.00
21	65.60%	205.20	661.20
22	67.45%	217.80	655.20
23	66.78%	210.60	658.80
24	67.13%	215.40	656.40
25	66.51%	212.40	658.20
26	66.43%	211.80	658.20
27	66.07%	210.60	658.80
28	66.37%	211.20	658.80
29	65.97%	207.00	660.60
30	65.38%	205.20	661.20
31	66.81%	214.80	657.00
32	66.70%	210.60	658.80
33	66.38%	210.00	658.80
PROMEDIO	66.26%	210.56	658.80
DESV. EST	0.79%	5.35	2.61

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.23 Resultados de las corridas de Simulación de la alternativa 2 en el área de producto terminado.

KIP FINAL						
Empresa/Producto terminado						
# Muestras	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Total de Paquetes	Número de Pallets
1	296	269	273	293	1131	5.38
2	267	308	261	295	1131	5.38
3	302	286	268	275	1131	5.38
4	252	306	270	303	1131	5.38
5	289	300	269	273	1131	5.38
6	302	278	275	276	1131	5.38
7	258	279	308	286	1131	5.38
8	287	283	303	258	1131	5.38
9	310	270	263	288	1131	5.38
10	278	263	308	282	1131	5.38
11	263	283	284	301	1131	5.38
12	301	270	296	264	1131	5.38
13	277	264	289	301	1131	5.38
14	278	282	287	284	1131	5.38
15	288	280	264	299	1131	5.38
16	254	299	294	284	1131	5.38
17	307	279	280	265	1131	5.38
18	262	269	301	299	1131	5.38
19	287	260	280	304	1131	5.38
20	281	290	282	278	1131	5.38
21	266	270	310	285	1131	5.38
22	314	284	275	258	1131	5.38
23	280	275	295	281	1131	5.38
24	274	295	285	277	1131	5.38
25	273	307	275	276	1131	5.38
26	288	273	288	282	1131	5.38
27	281	288	280	282	1131	5.38
28	271	288	277	295	1131	5.38
29	265	293	300	273	1131	5.38
30	291	304	244	292	1131	5.38
31	281	289	270	291	1131	5.38
32	294	296	275	266	1131	5.38
33	293	275	295	268	1131	5.38
PROMEDIO	282.12	283.48	282.55	282.85	1131.00	5.38
DESV. EST.	16.23	13.41	15.40	13.05	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

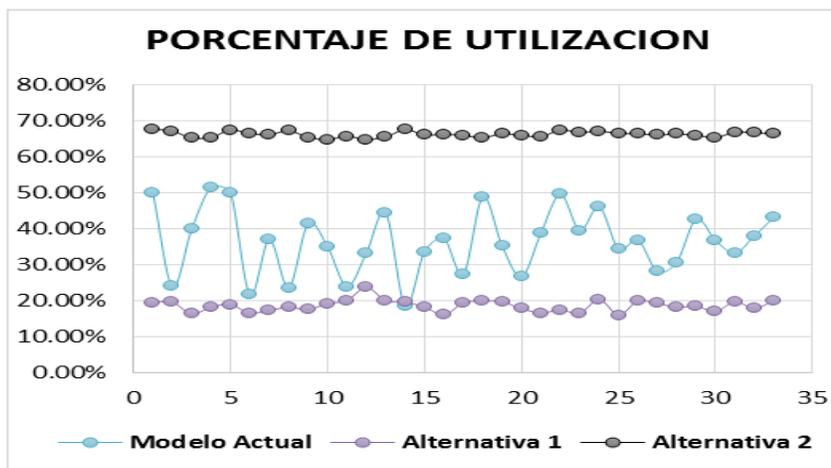
4.2.2.7.20 Comparación de alternativas vs la del sistema actual

1.- Indicador de desempeño inicial: Porcentaje de utilización.

Mediante diagramas lineales e histogramas se representan los resultados de los KIPS iniciales y finales con la finalidad de analizar el impacto de cada alternativa de solución en las células de estudio de esta investigación. Posteriormente, se seleccionará la alternativa que incremente los intereses de la empresa para finalmente respaldarlo con un estudio financiero de resultados que proyecte la opción seleccionada.

En la Tabla 4.24 tenemos los resultados de cada modelo simulado en SIMIO, donde se observa el porcentaje de utilización con diferentes modos de operar en el área de pelado. Se puede observar que al realizar una investigación más exhaustiva y considerando la metodología de TRIZ para innovar dicha área se incrementa el porcentaje de utilización aproximadamente a un 80% más vs el modelo actual y se disminuye la desviación entre las corridas de 0.09 a 0.01.

En la Gráfica 4.9 se puede observar que la alternativa 2 nos ofrece un mayor porcentaje de utilización, debido a que no existe mayor variabilidad entre las corridas realizadas, originando a su vez estabilidad en el proceso de operación. En esta primera comparación entre las tres alternativas se escoge la alternativa más sobresaliente y estable para la empresa, ya que va a facilitar a tener un control de tiempos en la línea de producción de salchichas y a reducir los cuellos de botella presentes en la etapa de pelado.



Gráfica 4.9 Comparación del porcentaje de utilización del área de pelado.

Tabla 4.24 Porcentaje de utilización del modelo actual vs alternativas propuestas en el área de pelado.

Porcentaje de utilización			
Muestras	Modelo Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
1	50.01%	19.44%	67.72%
2	23.99%	19.63%	67.15%
3	39.90%	16.31%	65.27%
4	51.55%	18.23%	65.43%
5	50.07%	18.93%	67.46%
6	21.71%	16.55%	66.52%
7	36.94%	17.33%	66.14%
8	23.65%	18.16%	67.25%
9	41.33%	17.58%	65.43%
10	35.04%	19.21%	64.82%
11	23.93%	20.09%	65.72%
12	33.22%	23.70%	64.83%
13	44.41%	20.02%	65.53%
14	18.58%	19.61%	67.58%
15	33.62%	18.27%	66.09%
16	37.27%	16.06%	66.29%
17	27.40%	19.42%	65.93%
18	48.84%	19.95%	65.39%
19	35.18%	19.68%	66.37%
20	26.61%	17.84%	66.01%
21	38.77%	16.57%	65.60%
22	49.58%	17.45%	67.45%
23	39.53%	16.53%	66.78%
24	46.08%	20.35%	67.13%
25	34.38%	16.01%	66.51%
26	36.90%	19.91%	66.43%
27	28.08%	19.25%	66.07%
28	30.68%	18.17%	66.37%
29	42.67%	18.48%	65.97%
30	36.71%	17.00%	65.38%
31	33.28%	19.75%	66.81%
32	38.03%	17.83%	66.70%
33	43.16%	20.09%	66.38%
PROMD	36.40%	18.59%	66.26%
DESV. EST	0.09	0.02	0.01

Fuente: Elaboración propia

2.- Indicador de desempeño inicial: Tiempo de producción.

En la Tabla 4.25 se observan los resultados proporcionados por las corridas realizadas en SIMIO que hacen referencia al tiempo de producción en el área de pelado. Es evidente que la desviación estándar se fue reduciendo en cada alternativa y a su vez favoreciendo la dispersión entre las corridas.

Al analizar la Tabla 4.25 es claro que los tiempos de la alternativa 1 son visiblemente mejores, pero esto se debe a que en el área de pelado están considerando dos peladoras, por lo tanto para

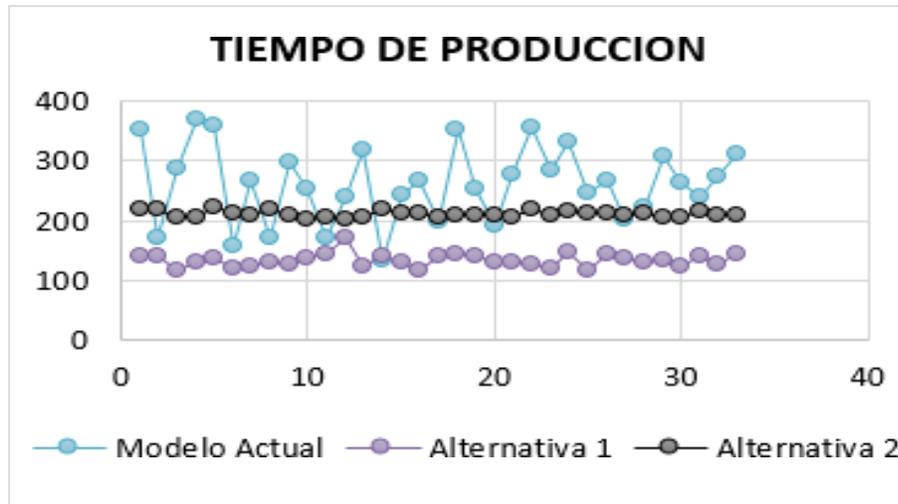
las toneladas que procesa diario la empresa no sería una opción a tener en cuenta ya que afectaría a la productividad deseable de las máquinas. Entonces, la mejor alternativa es la 2 debido a que trabaja de manera conjunta con el primer indicador de desempeño de este estudio beneficiando a la empresa.

En la Gráfica 4.10 se muestra el comportamiento de cada alternativa. La alternativa 2 mantiene un comportamiento estable, los puntos varían de manera aleatoria alrededor de la línea central lo que indica que se encuentra bajo control.

Tabla 4.25 Tiempo de producción del modelo actual vs alternativas propuestas en el área de pelado.

Tiempo de producción			
Muestras	Modelo Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
1	352.69	139.80	220.20
2	172.69	141.30	219.00
3	287.27	117.30	204.00
4	371.14	130.80	205.20
5	360.48	135.90	221.40
6	156.32	119.10	211.80
7	265.93	124.50	209.40
8	170.29	130.50	219.00
9	297.56	126.30	208.20
10	252.31	138.00	200.40
11	172.3	144.30	205.80
12	239.18	170.40	201.60
13	319.75	122.40	206.40
14	133.78	141.00	217.80
15	242.05	131.40	211.20
16	268.32	115.20	211.80
17	197.27	139.80	205.80
18	351.68	143.40	208.20
19	253.31	141.30	210.60
20	191.59	128.40	208.20
21	279.11	130.80	205.20
22	356.94	125.40	217.80
23	284.63	118.50	210.60
24	331.8	146.40	215.40
25	247.54	115.20	212.40
26	265.72	143.10	211.80
27	202.18	138.30	210.60
28	220.93	130.50	211.20
29	307.22	132.60	207.00
30	264.31	122.10	205.20
31	239.62	140.40	214.80
32	273.8	128.10	210.60
33	310.72	144.30	210.00
PROMD	261.83	133.24	210.56
DESV. EST	63.91	11.47	5.35

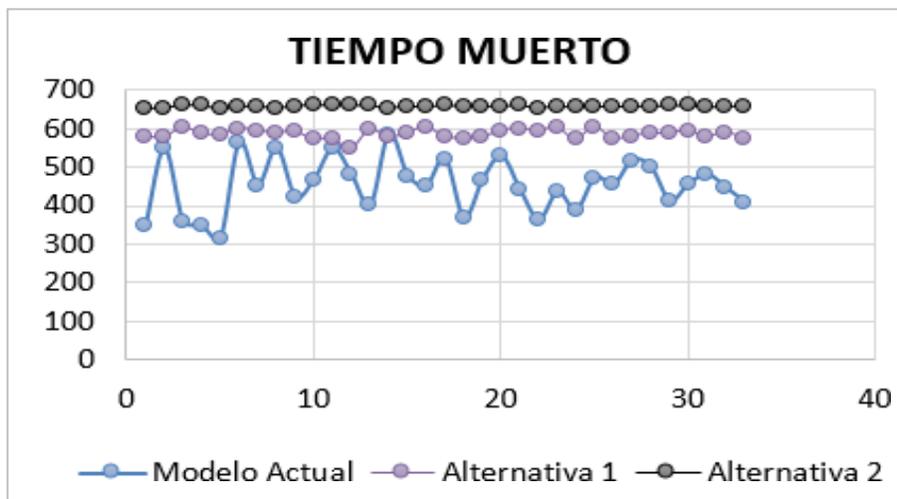
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.10 Comparación del tiempo de procesamiento del área de pelado.

3.- Indicador de desempeño inicial: Tiempo muerto.

En la Tabla 4.26 se muestra la base de datos de las 33 corridas de cada modelo simulado en SIMIO. En la Gráfica 4.11 se puede observar que el tiempo muerto de la alternativa 2 es un poco elevado, debido a que el tiempo de procesamiento es menor y por lo tanto cuando se terminan de procesar las 4 toneladas de producto la máquina se queda sin producto durante las horas restantes. Se le da la opción a la empresa de ocupar ese tiempo para realizar mantenimiento a la maquinaria o considerar la línea para procesar más producto si es que la empresa así lo desea.



Gráfica 4.11 Comparación del tiempo muerto en el área de pelado.

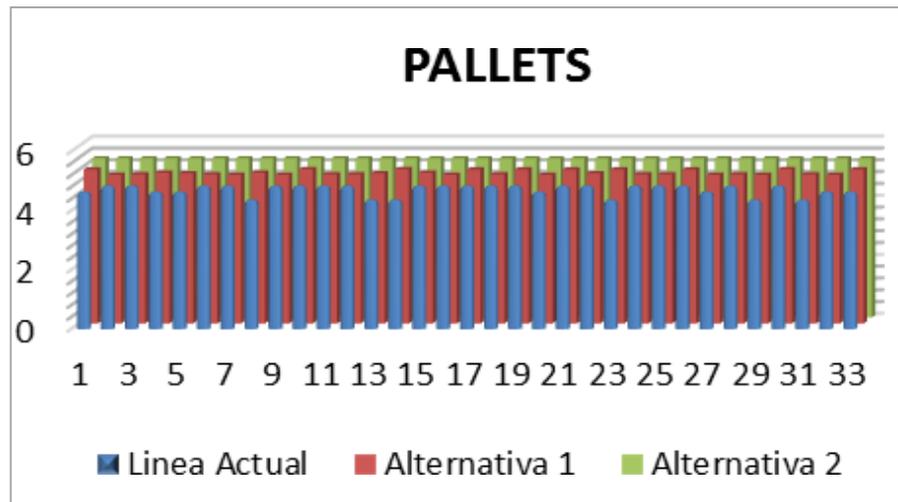
Tabla 4.26 Tiempo muerto del modelo actual vs alternativas propuestas para el área de pelado.

Tiempo Muerto			
Muestras	Modelo Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
1	348.16	579.90	654.00
2	547.82	578.10	654.60
3	359.52	602.00	662.40
4	348.86	588.60	661.20
5	316.36	583.50	653.40
6	563.68	600.30	658.20
7	454.07	594.90	659.40
8	549.71	588.30	654.60
9	422.44	592.50	660.00
10	467.69	573.30	663.60
11	547.7	575.10	661.20
12	480.82	549.00	663.00
13	400.25	597.00	660.60
14	586.22	578.40	655.20
15	477.95	588.30	658.80
16	451.68	604.20	658.20
17	522.73	579.60	661.20
18	368.32	576.00	660.00
19	466.69	578.10	658.80
20	528.41	594.00	660.00
21	440.89	600.60	661.20
22	363.06	594.00	655.20
23	435.37	602.70	658.80
24	388.2	572.70	656.40
25	472.46	604.20	658.20
26	454.28	575.10	658.20
27	517.82	581.10	658.80
28	499.07	588.90	658.80
29	412.78	586.80	660.60
30	455.69	595.80	661.20
31	480.38	578.70	657.00
32	446.2	591.30	658.80
33	409.28	575.10	658.80
PROMD	454.08	586.31	658.80
DESV. EST	69.27	12.04	2.61

Fuente: Elaboración propia

4.- Indicador de desempeño final: *Numero de pallets y excedentes de paquetes.*

En la Gráfica 4.12 se observa la comparación de las dos alternativas en donde se puede observar un notorio crecimiento al llevar acabo la alternativa 2. En la Tabla 4.27 se observa el total de pallets por cuatro toneladas. En la línea actual al trabajar con un rango de 60 a 66 salchichas por paquete nos daba en promedio 4.65 de pallets con un excedente aproximadamente de 27 paquetes , para la alternativa 1 al tener un margen de 60 a 63 salchichas por paquete, se tenía al final de la producción un sobrante de 7 a 10 paquetes, finalmente se le recomienda trabajar a la empresa con un total de 60 salchichas por paquete para maximizar su producción sin tener excedentes, dando un total de 5.38 pallets, con un sobrante de 16 piezas diarias que le ayudará a la empresa más adelante a establecer un lote de producción más puntual.



Gráfica 4.12 Comparación del número de pallets en el área de producto terminado.

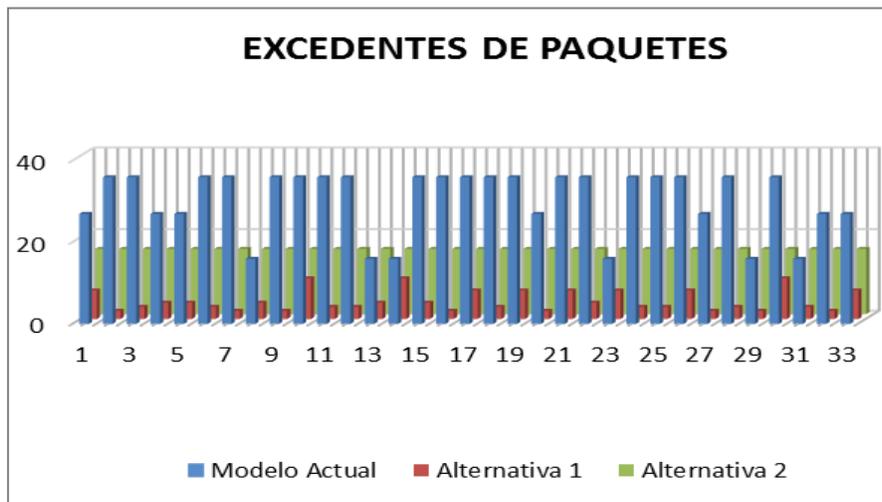
Tabla 4.27 KIP'S finales –número de pallets.

Número de pallets		
Línea Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
4.65	5.21	5.38
4.85	5.03	5.38
4.85	5.05	5.38
4.65	5.1	5.38
4.65	5.08	5.38
4.85	5.05	5.38
4.85	5.03	5.38
4.38	5.1	5.38
4.85	5.03	5.38
4.85	5.22	5.38
4.85	5.05	5.38
4.85	5.05	5.38
4.38	5.08	5.38
4.38	5.22	5.38
4.85	5.1	5.38
4.85	5.03	5.38
4.85	5.21	5.38
4.85	5.05	5.38
4.85	5.21	5.38
4.65	5.03	5.38
4.85	5.21	5.38
4.85	5.08	5.38
4.38	5.21	5.38
4.85	5.05	5.38
4.85	5.05	5.38
4.85	5.21	5.38
4.65	5.03	5.38
4.85	5.05	5.38
4.38	5.03	5.38
4.85	5.22	5.38
4.38	5.05	5.38
4.65	5.03	5.38
4.65	5.21	5.38

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 4.13 se muestran las fluctuaciones del excedente de producto por día para cada alternativa propuesta para la línea actual de producción de salchichas.

En la Tabla 4.28 se observa que al implementar innovación mediante TRIZ en el área de pelado y al reducir el contenido a un peso estándar se obtendrían un decremento en los excedentes por pallet, mejoraría la productividad, se acotarían los costos de producción y reducción de tareas de manipulación.



Gráfica 4.13 Comparación de excedentes de paquetes en el área de producto terminado.

Tabla 4.28 KIP'S finales –excedentes de paquetes.

Excedentes de paquetes		
Línea Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
27	7	16
36	2	16
36	3	16
27	4	16
27	4	16
36	3	16
36	2	16
16	4	16
36	2	16
36	10	16
36	3	16
36	3	16
16	4	16
16	10	16
36	4	16
36	2	16
36	7	16
36	3	16
36	7	16
27	2	16
36	7	16
36	4	16
16	7	16
36	3	16
36	3	16
36	7	16
27	2	16
36	3	16
16	2	16
36	10	16
16	3	16
27	2	16
27	7	16

Fuente: Elaboración propia

5.- Estudio financiero.

En este apartado se considera un estado financiero que muestra ordenada y detalladamente la utilidad neta que generaría la alternativa 2 al ser implementada, se representa la ganancia probable de un mes de producción con dicha alternativa. Debido a reglas por parte de la empresa, la información de ingresos - egresos es confidencial, por lo tanto se realizó un estudio financiero probabilístico y estimado de acuerdo a las evaluaciones y proyecciones en el software SIMIO, por lo que las estimaciones que se muestran no son exactas.

En la Figura 4.26 se muestra el estudio de ganancias y pérdidas estimado que genera el modelo de simulación actual. Para obtener los ingresos de la línea de salchicha se multiplicaron los 1131 paquetes que corresponden a las 4 toneladas por el precio de venta de mayoreo que es de \$80 pesos por cada paquete de 3,600 kg, posteriormente se restaron los costos de la materia prima para dar como resultado la utilidad bruta, menos gastos de operación que se dio al multiplicar los 12 operadores de la línea por su salario de [REDACTED], en seguida se consideraron otros ingresos y el impuesto sobre la renta, porcentaje adquirido en las tablas ISR (contribuyente, 2020) que de acuerdo a los ingresos generados por mes le corresponde un 35% de cuota para ambas cantidades ya que se encuentran dentro del margen de una tasa de 35%.

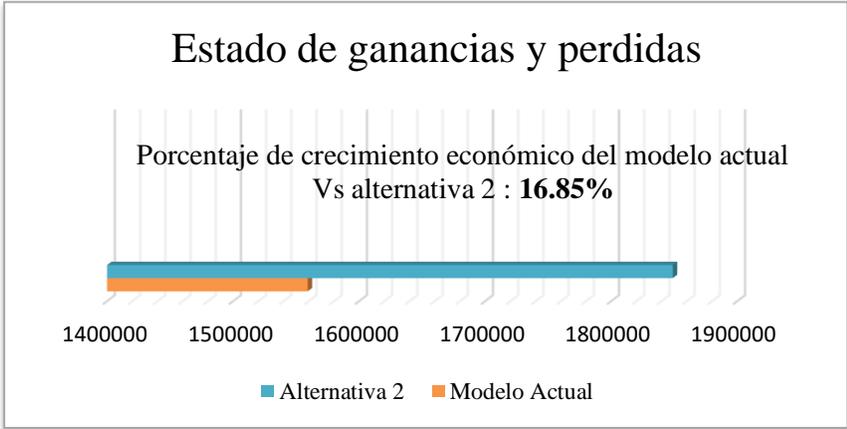
En la Figura 4.27 tenemos el estado de pérdidas y ganancias probable de la alternativa 2, las operaciones se realizaron de la misma manera que la del modelo actual, lo único que cambió es que se consideraron 9 trabajadores, es decir se eliminaron 3 en el área de pelado. Al realizar las operaciones necesarias tenemos una ganancia estimada de utilidad neta de \$1,848,876.73 pesos mensuales correspondiente a una ganancia del 16.85% aproximadamente para la empresa. Con este estudio financiero demostramos que la mejor alternativa para cumplir con los intereses de la empresa es la alternativa 2.

Estado de pérdidas y ganancias Modelo Actual		
Utilidad Neta	\$	1,559,196.73

Figura 4.30 Estado de ganancias y pérdidas-modelo actual (elaboración propia).

Estado de resultados alternativa 2		
Utilidad Neta	\$	1,848,876.73

Figura 4.27 Estado de ganancias y pérdidas-alternativa 2 (elaboración propia).



Gráfica 4.14 Porcentaje de ganancia al aplicar la alternativa 2.

Conclusiones y Recomendaciones

Las organizaciones se mueven en un entorno constantemente cambiante y competitivo en su sector industrial, lo que demanda de un liderazgo que asuma la gestión de una manera diferente, más integral, donde sea posible valorar en toda su magnitud, la complejidad de cada una de las decisiones que debe tomar.

Algunas empresas se lanzan a innovar sin tener una visión clara de cómo la innovación les va a ayudar a mejorar su ventaja competitiva. Para que realmente sea efectiva, la innovación debe alinearse con los objetivos estratégicos de la empresa. No se trata de innovar por innovar, si no de innovar para aumentar las ventas o reducir los costos de la empresa, en resumen, mejorar la rentabilidad.

Con frecuencia algunas empresas se pierden en la innovación por no tener una estrategia de innovación clara. Entonces empiezan queriendo innovar en todo y terminan innovando en nada. Antes de iniciar un proceso de innovación se sugiere definir muy concreta y operativamente qué va a significar la innovación para la empresa y representar los escenarios con ayuda de un modelo de simulación en SIMIO para presentar los resultados de las estrategias de innovación, sin necesidad de exponer al personal, maquinaria o líneas de producción a cambios drásticos y costosos.

Por consiguiente, el proyecto de tesis fue incrementar la productividad de una línea de producción de salchichas tipo XYZ de una empresa de la región mediante la Simulación en el software SIMIO y la aplicación de la metodología Triz para la resolución de los problemas inventivos presentes en la línea de producción.

En este proyecto de tesis se presentó el desarrollo de una metodología propuesta que combina la simulación con la técnica TRIZ orientada a la solución de problemas de innovación. Se demostró que la combinación de estas dos herramientas, junto con la aplicación de técnicas de ingeniería industrial, contribuyó a la mejora y solución de problemas encontrados, y fueron la base para desarrollar una buena toma de decisiones.

Posteriormente de haber modelado el sistema actual se evaluaron dos alternativas de solución una propuesta por la empresa y otra generada en conjunto a los resultados obtenidos de las simulaciones.

La primera alternativa se enfocó en la reducción de tiempos de cocimiento y cambio de capacidad en hornos, por lo cual fue de gran importancia evaluar la célula de pelado con dos peladoras, a partir de ésta se realizaron gráficos de control donde se logró observar su comportamiento, tiempos de procesamiento, porcentaje de utilización y tiempo muerto de cada célula de trabajo que integran la línea de producción. Se identificó que el cuello de botella no se encontraba en el área de pelado sí, no en las actividades posteriores a esa etapa. A partir de lo anterior se modeló, mediante el software SIMIO, una segunda alternativa de mejora que consistió en implementar la metodología Triz en el área de pelado que dio como solución innovadora la modificación de la mesa.

Mediante la evaluación de los resultados de la alternativa 1 que se implementó en la línea de producción, se obtuvieron los siguientes logros:

En la sección de embutidos.

Se tuvo una mejora en el tiempo de procesamiento de un 18% en comparación con la línea de producción actual.

El porcentaje de utilización del equipo fue reducido de 14.34% a 13.41%, es compensado con el tiempo en el que se realiza el procesamiento de las cuatro toneladas.

En la sección de Hornos.

Se obtuvieron excelentes resultados, ya que se vio beneficiado el porcentaje de utilización de 1.30% a 14.64% con un decremento del 50% en su tiempo de procesamiento de las cuatro toneladas procesadas por 15 carritos. Esto se debe a que la capacidad de hornos al ser menor, el vapor generado es distribuido a mayor velocidad entre todos los carritos y por lo tanto, aunque se trabaje a la misma temperatura que se emplea en la línea actual, se lograría en un tiempo menor hornear los 15 carritos de salchichas tipo XYZ sin afectar las características organolépticas de la salchicha, por esta razón es que los hornos de menor capacidad ofrecen una ventaja mecánica, en la cual se pueden procesar carritos con un poco más de producto a un tiempo menor. De acuerdo a los resultados de este estudio y la simulación mediante SIMIO, fue

de gran ventaja que la empresa considere cambiar los hornos de mayor capacidad por unos de menor capacidad para poder incrementar su producción y reducir los tiempos de entrega.

En la sección de Pelado.

En el sistema actual se obtuvo un porcentaje de utilización de 36.40% que a simple vista es bueno y no es necesario considerar una segunda peladora, ya que se tendría una sobrecapacidad de producción y un bajo volumen de producto que afectaría al porcentaje de utilización de la maquinaria a un 18.59 %. El tiempo de procesamiento de la alternativa disminuyó casi a la mitad, lo cual es muy bueno pero no necesariamente el valor óptimo. Por lo tanto, es evidente que existe un cuello de botella que no está relacionado con el equipo dinámico, sino con las actividades manuales posteriores al retiro de la funda plastificada que están involucradas en el desempeño de esta célula de trabajo. En base a la implementación de la alternativa 1 y a lo que se logró se recomienda a la empresa profundizar más el área de pelado para conocer las causas operacionales que generan demoras en esa estación de trabajo y posteriormente es necesario realizar la evaluación mediante un modelo en SIMIO con la finalidad de conocer el desempeño que se obtendría al profundizar las actividades involucradas, la incorporación de los cinco hornos y la consideración de una peladora en la línea de salchichas tipo XYZ. Puesto que cuando se realizó la evaluación del equipo dinámico el porcentaje de utilización fue bajo y no es necesario por el momento incorporar una peladora adicional a la que ya se encuentra en la línea.

Finalmente, el impacto positivo al producto terminado fue de 9% aproximadamente, se debe considerar que cada pallet está compuesto por 42 cajas con 5 paquetes cada una, por lo que se tiene en promedio la cantidad de 992 para el modelo actual contra la alternativa 1 que tiene en promedio 1073 paquetes.

La segunda alternativa se desarrolló en la célula de pelado en el área de la mesa (ordenamiento y apilamiento de salchichas). En esta sección se desarrolló una metodología de innovación que mediante las siguientes fases: investigación de patentes (sitios de búsqueda), determinación de los atributos de la mesa multifuncional (obtención de demandas primarias), desarrollo de QFD, análisis funcional, aplicación de Triz (principios y contradicciones) y diseño conceptual (SolidWorks).

Mediante la evaluación de los resultados de la alternativa 2 se obtuvieron los siguientes logros en la sección de pelado:

- Se tuvo una mejora en el porcentaje de utilización de 29.81 %.
- El tiempo de procesamiento de la alternativa disminuyó 50 minutos lo cual es óptimo, ya que el objetivo era minimizar el tiempo total para 4 toneladas sin verse afectado el porcentaje de utilización de la máquina de pelado.

Para los indicadores de desempeño finales se lograron magníficos resultados ya que se obtuvo una mejora del 10% en producto terminado. Se generaron un aproximado de 5.38 palletes con un número estándar de 60 salchichas por paquete. Aunque existen sobrantes dados en paquetes, se mantiene un excedente fijo de 16 paquetes al día sin variaciones, lo cual favorece la estabilidad de la línea de producción de salchichas.

En conclusión de este proyecto puedo decir que se cumplieron los objetivos planteados al inicio de esta investigación. Hubo una reducción de empleados en el área de pelado de aproximadamente 28% que representa una ganancia de utilidad neta de \$1, 848,876.73 pesos mensuales para la empresa, cantidad equivalente a un crecimiento económico de 16.85% vs el modelo actual.

En base a los resultados de la Alternativa 2, y a lo que se logró en dicha célula, se realizan las siguientes recomendaciones:

- Manejar un número estándar por paquetes, ya que se lograría un inventario mínimo de producto terminado y esto a su vez facilitaría el desarrollo del plan maestro de producción de dicha empresa.
- Si hay una reducción mínima de inventario de producto terminado disminuyen costos, facilitan un control tiempos de entrega para días siguientes y mantienen un buen índice de rotación de producto terminado.

Referencias bibliográficas

- ANICE. (2019). La importancia de la innovación para mejorar la competitividad en la industria cárnica. *Comunidad Profesional Porcina*, 8.
- Borza, J. S. (2011). FAST Diagrams: The Foundation for Creating Effective Function Models. *TRIZCON*, 10.
- Coss Bu., R. (2003). *Simulación. Un enfoque práctico*. Mexico: Noriega editores.
- Djekic, I. V. (2016). Application of quality function deployment on shelf-life analysis of *Agaricus bisporus* Portobello. *Elsevier*.
- Fiorineschi, L. F. (2018). Enhancing functional decomposition and morphology with TRIZ: Literature review. *Computers in Industry*, 1-15.
- Florineschi. (2018). Enhancing Functional decomposition and morphology with TRIZ. *Literature review*, 1-15.
- Garces, J. F. (1981). Simulacion. *Revista Colombiana de Estadística*, 30.
- Garcia, M. (2018). *Simulacion de los Procesos de Produccion en los Ingenios Azucareros*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/621/1/Tesis.pdf>
- Hitomi. (1996). *Manufacturing systems engineering*. (Segunda ed) Japón: Daigaku-Koza .
- J., B. (2011). Diagrama Fast. *Funcion de Modelos*, 10.
- Juan Carlos Nishiyama, T. Z. (2013). Metodologia de Resolucion de Problemas Basados en el Conocimiento . *FAGDUT*, 217.
- Kelton W. D. Sadowski, D. (2002). *Simulation with software Arena*. McGraw-Hill.
- Kreyszig, E. (2011). *Advanced Engineering Mathematics*. New York:Wiley.
- Lasserre, A. A. (2018). Functional Optimization of a Persian Lime Packing Using TRIZ and Multi-Objective genetic algorithms. *Computer & Industrial Engineering*, 20.
- Law, A. &. (2000). En *Simulation Modeling and Analysis*. (pág. 200). Estados Unidos de América: McGraw Hill Higher Education.
- Leoncio, A. R. (2016). *Manual de Estadística*.

-
- MBA, I. J. (Febrero-2011). Beneficios de la Modelización y Simulación de Procesos. *Consultora Logistica*, 6.
- MonLeon, T. (2005). *Simulacion aplicada a ensayos clinicos* .
- Moraleda, A. U. (2008-2009). Simulacion:Base Teoria. Madrid, España.: Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Informatica,UNED.
- Moras, G. C. (2017). Simulacion en SIMIO. 30.
- Moras, G. C. (2019). Manual SIMIO . 60.
- Navidi, W. (2006). *Estadistica para ingenieros y cientificos*. McGraw Hill Interamericana.
- NCH-Software. (2019). NCH Software Prism, convertidor de vídeo. *Guia*, 44.
- Norma Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994, B. y. (07 de 11 de 2005). *Salud*. Obtenido de Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos.Especificacionessanitarias.:<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/213ssa102.html>
- Renda, D. P. (2015). Integracion de modelos de fabricación mediante simulación con herramientas informaticas y lean manufacturing. *Vigo,España*, 15.
- Ríos Insua David, R. I. (2000). *Simulación, Métodos y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega.
- Roldán, P. N. (2020). Diccionario de Marketing. *Economipedia*, 6.
- Sebastián, I. J. (15 de Mayo de 2012). *Gestiopolis*. Obtenido de Instituto Tecnologico de Orizaba:<https://www.gestiopolis.com/aplicaciondelateoriatrizeneldesarrollodeunnuevo producto/>
- Sejzer, R. (2016). El Modelo de Kano. *Calidad Total*, 6.
- Toskano Hurtado, G. B. (2015). Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores. *Biblioteca virtual UNAM*, Capitulo 3.
- Universal, E. (16 de Febrero de 2018). Aumentan mexicanos su consumo de embutidos. *El Universal*, pág. 3.
- Wrasse, k. (2015). Simulacion de sistemas producto-servicio piloteando con modelos basados en agentes. *Industry transformation for sustainabilitu and business*,, 108-113.

Anexo 1

Grabación de video en Software SIMIO

La programación en software SIMIO permitió modelar el proceso productivo de la salchicha tipo XYZ de la empresa, donde se realizó dicho proyecto para visualizar el efecto en tiempo real de los cambios en las células de trabajo. Los resultados de la simulación dieron apoyo a la toma de decisiones significando que la empresa pudiera manejar cualquier eventualidad en el proceso.

Otro de los beneficios adicionales del software SIMIO es la animación en 3D que permitió visualizar un modelo realista del proyecto realizado, brindó un impacto positivo en la presentación. Por ello es importante la grabación del video en 3D del modelo de simulación realizado en Software SIMIO. En el Software SIMIO encontramos una pestaña llamada “View” dentro de ella tenemos un apartado dedicado exclusivamente a la realización del video llamado “Video”. El grupo de video contiene los botones Record Run Animación (Grabar animación) y Stop Recording (Detener grabación). Mismos que se muestran en la Figura A.1.

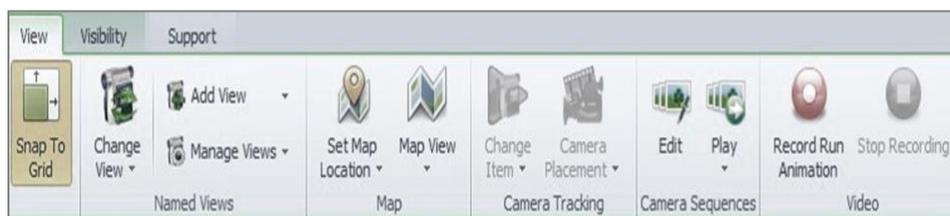


Figura A.1 Cinta de opciones de la pestaña view (elaboración propia).

Al hacer clic en el botón Record Run Animation, se le pedirá al usuario que elija un nombre y una ubicación donde se guardará el archivo de video generado por el software, este tendrá la terminación “.avi”. También se le pedirá al usuario que seleccione un compresor de video. Esta capacidad se puede usar para generar videos simples de sus archivos de animación o videos más complejos (Figura A.2).

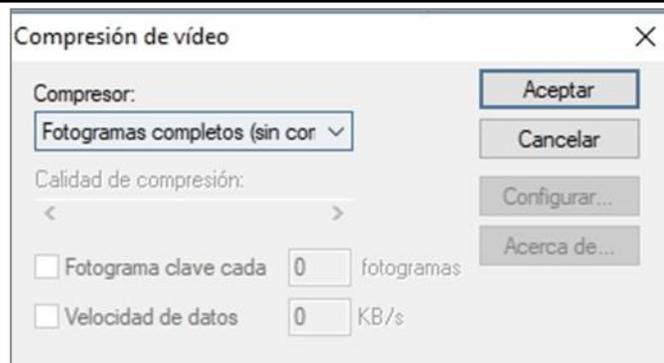


Figura A.2 Compresión de vídeo (elaboración propia).

Una vez que defines la compresión del vídeo, la grabación empieza, por lo que es importante que inicies la corrida de simulación oprimiendo el botón “Run”. A continuación, en la Tabla A.1 se encuentran una serie de comandos a ocupar mientras este el proceso de grabación de vídeo.

Tabla A.1 Comandos usados en la grabación de vídeo en software SIMIO.

Comandos básicos utilizados durante la grabación de vídeo en Software SIMIO.	
Comando	Descripción.
Clic Izquierdo + cualquier dirección. (Mouse)	Mueve la vista principal de la facility, esto repercute en la visualización de lo que se grabará en el vídeo.
Clic Derecho + ↑ o ↓	Acerca o aleja la cámara Rápidamente (Zoom)
Alt + Scroll	Acerca o aleja la cámara Lentamente (Zoom)
Clic Derecho + ← o →	Rotar la cámara.
R	Rotar la cámara automáticamente hacia la derecha.
W	Iniciar vista en 1ª Primera persona y caminar en la Simulación.
F11	Cambia a modo de pantalla completa.
F5	Correr o Pausar la Simulación.

Fuente: Elaboración propia.

El archivo generado con una extensión (.avi) es muy simple y sencillo por lo que es necesario la edición del vídeo, para una buena presentación del trabajo. Para la edición del vídeo se requiere que el usuario tenga conocimientos mínimos de los procesos informáticos multimedia, como la identificación de los ficheros de audio, imágenes y vídeos, para poder así manipular con una cierta soltura todos los elementos necesarios para construir la película con un toque casi profesional.

Los elementos a tener en cuenta en el proceso de edición son:

- Clips de vídeo.
- Audio propio del vídeo.
- Música de fondo.
- Imágenes fijas.
- Subtítulos fijos.
- Rótulos móviles.
- Voz.
- Transición de un plano (clip) a otro.
- Efectos especiales.

Los programas con los que se trabajaron para este proyecto son “freeware” (de libre acceso), los programas que recomiendo tienen por nombre; Video Pad (Editor de video) mismo que se muestra la Figura A.3 y su extensión Prism, (convertidor de archivos de video) Figura A.4, ambos softwares fueron desarrollados por la empresa NCH-Software. Los programas son sencillos pero muy versátiles para la edición de vídeo. Cabe mencionar que no es de código abierto, pero la empresa permite la descarga y utilización gratuita para uso no comercial.



Figura A.3 VideoPad, editor de video (NCH-Software,2019).



Figura A.4 Prism, convertidor de archivos de vídeo (NCH-Software,2019).

Antes de iniciar el proceso para editar el video grabado en software SIMIO, es necesario convertir el archivo en otra extensión. Para ello abriremos el software Prism y seleccionamos el archivo que deseamos convertir (.avi) y posteriormente se selecciona el formato de salida que tendrá el archivo que será (.wmv). A continuación, en la Figura A.5 se muestra el ambiente de trabajo del software Prism.

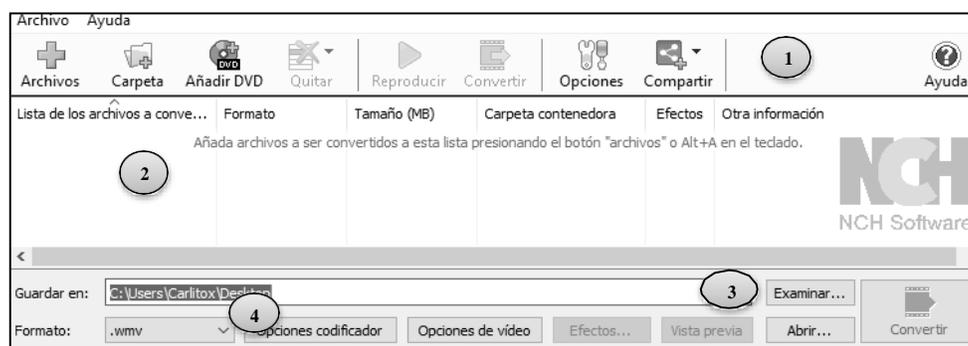


Figura A.5 Ambiente de trabajo Prism (NCH-Software,2019).

A continuación, se describe la interfaz del programa:

- 1) Cinta de opciones de Software Prism.
- 2) Lista de archivos a convertir.
- 3) Ubicación donde se guardará el nuevo archivo generado.
- 4) Formato de salida del nuevo archivo generado.

Una vez, que el archivo se convirtió en formato .wmv, ahora si podemos empezar la edición del mismo en el software VideoPad, donde al agregarlo al programa, podemos ponerle música de fondo, una presentación del video y una conclusión del mismo. A continuación, en la Figura A.6 se muestra el ambiente de trabajo del software VideoPad editor de video.



Figura A.6 Pantalla de navegación de Software Video Pad (NCH-Software,2019).

A continuación, se describe la interfaz del programa:

1. Desde la barra de menús llegamos a todas las funciones de Video Pad.
2. Las funciones más importantes también se pueden acceder a través de la barra de botones.
3. En la lista de medios vemos todos los medios cargados que se pueden insertar al proyecto de video.
4. Ventana de pre visualización del proyecto.
5. El contenido de la ventana de pre visualización muestra el clip seleccionado, cuenta con funciones para dividir, recortar o convertir el video en edición a 3D entre otros. Esta ventana cambia cuando utilizamos otras funciones como efectos, transiciones etc.
6. En la pista de vídeo están todos los clips que contiene nuestro proyecto.
7. Muestra todos los clips de video que están en edición del proyecto donde permite al usuario realizar transiciones con efectos especiales, también encontramos los rótulos de textos o imágenes y vídeos superpuestos.
8. En la pista de audio están todos los archivos de audio que contiene nuestro proyecto.
9. Muestra todas las pistas de audio que están en edición del proyecto permitiendo alguna modificación del mismo.

A través del botón “Añadir media” cargamos los medios (vídeos, fotos, sonidos etc.) con los que queremos trabajar y arrastramos el archivo en cuestión a la línea del tiempo. Si se trata de un vídeo con sonido, apreciaremos que se carga automáticamente la pista de audio de este.

El programa nos ofrece la posibilidad de introducir rótulos de texto o imágenes y vídeos superpuestos en el vídeo. Una vez introducidos los archivos de video, fotos y textos, empezamos con la edición del video.

Para ello el software nos ofrece en el ambiente de trabajo una pestaña que dice tutoriales en video. Aquí encontramos un apartado exclusivamente a la edición del video este tutorial mostrado en la Figura A.7, donde muestra los tutoriales para aprender a realizar una buena edición del video, esto puede apoyar para realizar una buena edición del mismo y conseguir una presentación profesional del proyecto.



Figura A.7 Ventana de Tutoriales del Software VideoPad (NCH-Software, 2019).

Anexo 2

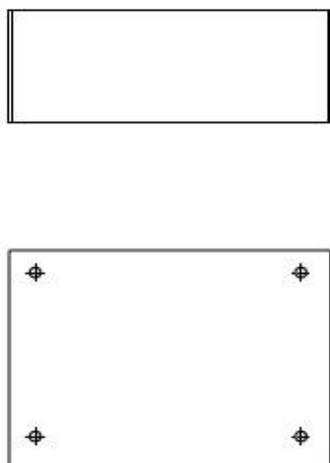
Planos de la innovación de la mesa multifuncional en SolidWorks

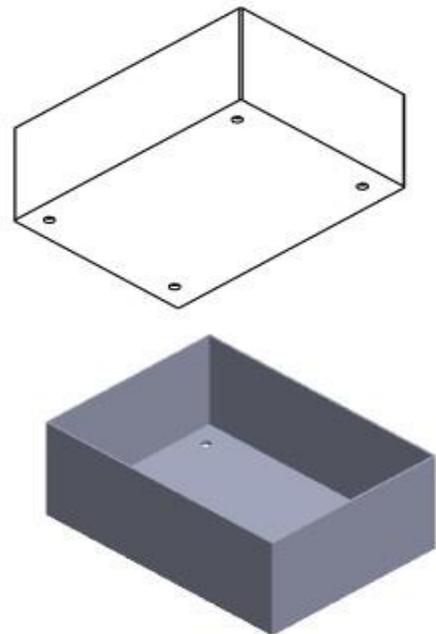
A continuación se muestran los siguientes planos:

- Plano 1 hace referencia al diseño de las charolas.
- Plano 2 hace referencia al diseño de la mesa considerando sus modificaciones.
- Plano 3 hace referencia al diseño de la peladora.

2
1

B
B





A
A

2
1

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MATCH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±

INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:
MATERIAL

FINISH

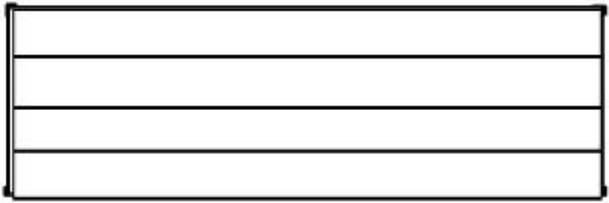
DO NOT SCALE DRAWING

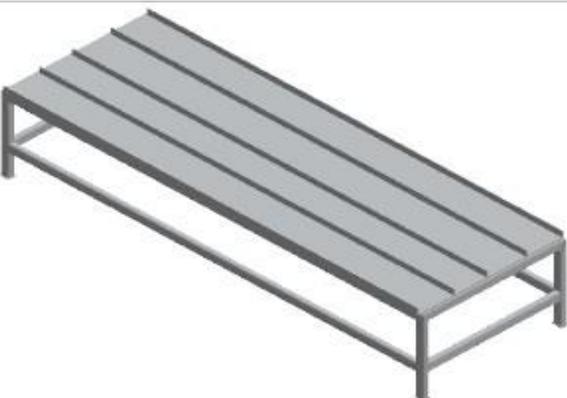
	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

	TITLE:	
SIZE	DWG. NO.	REV
A	Charola	
SCALE: 1:5	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

2
1




A
A

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:				
DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN	NAME	DATE
TOLERANCES:		CHECKED		
FRACTIONAL \pm		ENG APPR.		
ANGULAR: MACH \pm BEND \pm		MFG APPR.		
TWO PLACE DECIMAL \pm		Q.A.		
THREE PLACE DECIMAL \pm		COMMENTS:		
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				
MATERIAL:				
NEXT ASSY	USED ON	FINISH		
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		

TITLE:							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">SIZE</td> <td style="width: 70%;">DWG. NO.</td> <td style="width: 20%;">REV</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 1.2em;">A</td> <td style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Ensamble</td> <td></td> </tr> </table>	SIZE	DWG. NO.	REV	A	Ensamble		
SIZE	DWG. NO.	REV					
A	Ensamble						
SCALE: 1:33 @WEIGHT:	SHEET 1 OF 1						

2
1

SOLIDWORKS Educational Product. For instructional Use Only.

