

Simulación de Proceso Productivo de una Planta Procesadora de Jamón Curado en el Municipio de Sincelejo - Sucre Mediante el Uso del Software Flexsim.

Karol Paola Aparicio Márquez

Misael David Tapias Parra

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR.
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo, Sucre
2017

Simulación de Proceso Productivo de una Planta Procesadora de Jamón Curado en el Municipio de Sincelejo - Sucre Mediante el Uso del Software Flexsim.

Karol Paola Aparicio Márquez

Misael David Tapias Parra

Trabajo de Grado Presentado Como Requisito Para Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

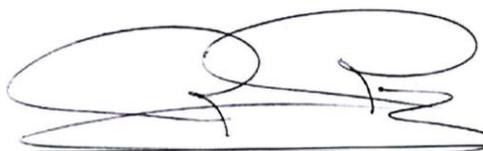
Pablo Cesar Buelvas Pérez

Magíster en Logística Integral (E)

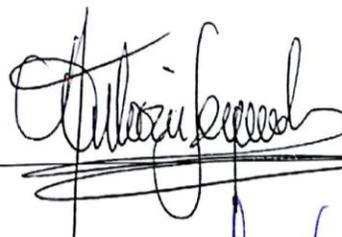
Corporación Universitaria del Caribe – CECAR.
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo, Sucre
2017

Nota de Aceptación

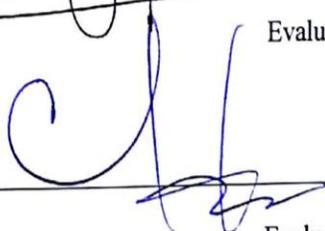
4.4



Director



Evaluador 1



Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 18, de Mayo de 2017.

*Dedicado a Dios, a nuestras familias y docentes que han sido el pilar fundamental para la
realización de este proyecto.*

Agradecimientos

A través de estas palabras queremos expresar nuestro profundo Agradecimiento primero a Dios, quién nos dio el entendimiento, la sabiduría y el discernimiento durante nuestro proceso de formación académica y ha sabido guiar nuestro caminar. En segundo lugar, a nuestros padres, por su esfuerzo inagotable que han hecho posible la realización y el alcance de este logro, sin lugar a dudas ese será el mejor regalo que nos han podido dar. A nuestro Director de Tesis el Docente Pablo Pérez él cual coloco su confianza en nosotros y apporto su conocimiento con el fin de culminar con éxito la realización de este proyecto de grado. Y finalmente a familiares, amigos y demás personas que de una u otra forma fueron un apoyo e impulso para culminar nuestra carrera profesional.

Karol Paola Aparicio Márquez. - Misael David Tapias Parra

Contenido

Resumen.....	18
Abstract	19
Introducción	20
Capítulo 1.....	22
1. Marco Teórico.....	22
1.1. Pronóstico de la Demanda.....	22
1.1.1. ¿Qué es un Pronóstico?.....	22
1.1.2. Patrones de la Demanda.....	22
1.1.3. Método Cualitativo	23
1.2. ¿Qué es la Distribución en Planta?.....	24
1.3. Principios de la Distribución en Planta	25
1.3.1. Integración.	25
1.3.2. Mínima distancia recorrida.	25
1.3.3. Flujo de materiales.....	25
1.3.4. Volumen ocupado.	25
1.3.5. Recursos humanos.	25
1.3.6. Flexibilidad.	26
1.4. Tipos de Distribuciones en Planta.....	26
1.4.1. Ubicación fija.....	26
1.4.2. Fabricación por procesos.	26
1.4.3. Línea de producción.....	26
1.4.4. Célula de fabricación.	27
1.5. Planificación Sistemática de Distribución en Planta (S.L.P)	27
1.5.1. Fases del SLP.....	28
1.5.1.1. <i>Análisis de productos (P) – cantidades (Q)</i>	28
1.5.1.2. <i>Recorrido de los productos</i>	31
1.5.1.3. <i>Tabla relacional de actividades</i>	34
1.5.1.4. <i>Diagrama relacional de espacios</i>	36

1.6.	Jamón Curado.....	36
1.6.1.	El cerdo doméstico.....	36
1.6.2.	El jamón.....	37
1.6.3.	El jamón en Colombia.	38
1.6.4.	Ficha técnica del jamón curado.....	38
1.6.4.1.	<i>Definición de jamón curado.</i>	38
1.6.4.2.	<i>Composición general.</i>	38
1.7.	Historia de la Simulación	39
1.8.	Conceptualización, enfoque y fundamentos de la Simulación por procesos	40
1.8.1.	Conceptualización.....	40
1.9.	La Simulación y su Enfoque	41
1.10.	La Funcionalidad de la Simulación por Procesos.....	41
1.11.	Modelos de Simulación de Sistemas	42
1.12.	Elementos de los Modelos de Simulación.....	43
1.13.	Fases para un Estudio de Simulación	44
1.13.1.	Definición del problema.....	44
1.13.2.	Formulación del objetivo.	44
1.13.3.	Descripción del sistema.....	44
1.13.4.	Enumerar las posibles soluciones.....	44
1.13.5.	Recolección de datos.	44
1.13.6.	Diseño del modelo de simulación.	45
1.13.7.	Verificación y validación del modelo.	45
1.13.8.	Experimentación de alternativas.	45
1.13.9.	Análisis de soluciones.	45
1.14.	Software de Simulación Flexsim.....	45
1.14.1.	Descripción general.....	45
1.14.2.	Características del software flexsim.....	46
1.14.3.	Terminología de flexsim.	47
1.15.	La Simulación en Flexsim	48
Capítulo 2	50

2.	Método de Estimación de Demanda y Caracterización de Procesos	50
2.1.	Estimación de la Demanda.....	50
2.1.1.	Demanda para la Planta de Jamón Curado	52
2.2.	Caracterización de los Procesos	52
2.3.	Diagramas.....	53
2.3.1.	Diagrama de operaciones para elaborar un jamón curado.	53
2.3.2.	Diagrama de flujo para la elaboración de un jamón curado.	54
2.3.3.	Tabla de proceso en el diagrama de flujo.	55
2.3.4.	Carta de flujo de procesos.....	55
2.3.5.	Descripción de las Actividades.....	57
2.3.5.1.	<i>Materia prima e ingredientes.</i>	57
2.3.5.2.	<i>Inspección.</i>	57
2.3.5.3.	<i>Almacenamiento.</i>	57
2.3.5.4.	<i>Salazón o salado.</i>	57
2.3.5.5.	<i>Lavado, pos lavado y cepillado.</i>	58
2.3.5.6.	<i>Secado.</i>	58
2.3.5.7.	<i>Deshuesado.</i>	58
2.3.5.8.	<i>Empaquetado.</i>	59
2.3.5.9.	<i>Almacenamiento del producto en bodega.</i>	59
2.4.	Equipos del Proceso Productivo.....	59
2.4.1.	Recuperador de Sal	60
2.4.2.	Lavadora - cepilladora de jamones	61
2.4.3.	Puesto de deshuese - PD	62
2.4.4.	Empacadora automática de jamón.	64
2.4.5.	Cinta transportadora extensible.....	65
2.5.	Características de las Máquinas	66
2.6.	Diagrama de Máquinas.....	67
2.7.	Necesidades del Proceso Productivo.....	68
2.7.1.	Materiales.....	68
2.8.	Balanceamiento en Línea	71

2.8.1.	Recepción e inspección.....	71
2.8.2.	Salado.....	72
2.8.3.	Madurado	72
2.8.4.	Lavado.....	73
2.8.5.	Post Lavado y Cepillado	73
2.8.6.	Secado	73
2.8.7.	Deshuesado	74
2.8.8.	Empaquetado.....	74
2.8.9.	Análisis del Balance.....	76
Capítulo 3.....		77
3.	Diseño de Distribución en Planta.....	77
3.1.	Diagrama de Relaciones.....	78
3.2.	Hoja de Trabajo.....	79
3.3.	Patrones de la distribución en Bloques	80
3.4.	Disposición Final de la Distribución en Planta	81
3.4.	Layout de Planta.....	82
3.4.1.	Recepción de Materiales	83
3.4.2.	Almacenamiento 1	83
3.4.3.	Salazón.....	83
3.4.4.	Lavado y pos lavado	83
3.4.5.	Secado	83
3.4.6.	Deshuesado	84
3.4.7.	Empaquetado.....	84
3.4.8.	Almacenamiento 2	84
3.4.9.	Bodega	84
3.4.10.	Áreas complementarias	84
Capítulo 4.....		85
4.	Modelamiento de la Planta Procesadora en el Software Flexsim	85
4.1.	Definición del Problema.....	85
4.2.	Determinación del Objetivo del Proyecto	85

4.3.	Recolección de Datos de Entrada para el Modelo de Simulación.....	85
4.4.	Estructura del Sistema.....	87
4.4.1.	Procesadores (Máquinas).....	88
4.4.2.	Elementos del Sistema.....	90
4.4.3.	Análisis del Sistema.....	91
4.4.4.	Interpretación de Variables.....	91
4.4.4.1.	<i>Distribuciones Utilizadas para el Modelamiento en Flexsim.....</i>	<i>92</i>
4.4.4.2.	<i>Análisis de los tiempos utilizados para las Cámaras de Salado y Madurado.....</i>	<i>93</i>
4.4.4.3.	<i>Capacidades de Almacenaje.....</i>	<i>95</i>
4.5.	Capturas del Modelamiento en Flexsim.....	96
4.6.	Verificación y Validación del Modelo.....	100
4.6.1.	Verificación.....	100
4.6.1.1.	<i>Observación de la animación y del reloj de la simulación.....</i>	<i>100</i>
4.6.2.	Valoración de la validez del modelo.....	103
4.7.	Análisis e Interpretación de Resultados.....	107
4.7.1.	Bodega Jamón Output.....	108
4.7.2.	P_Sal Output.....	109
4.7.3.	Salado Input.....	111
4.7.4.	Salado Output.....	113
4.7.5.	Lavado Input.....	114
4.7.6.	Lavado Output.....	116
4.7.7.	Pos Lavado Input.....	118
4.7.8.	Pos lavado Output.....	119
4.7.9.	Deshuesado 1 Input.....	121
4.7.10.	Deshuesado 1 Output.....	123
4.7.11.	Deshuesado 2 Input.....	124
4.7.12.	Deshuesado 2 Output.....	126
4.7.13.	Empaquetado Input.....	127
4.7.14.	Empaquetado Output.....	129
4.7.15.	Bodega Final.....	131

4.7.16. Beneficios académicos de la simulación de procesos productivos	133
5. Conclusiones	135
6. Recomendaciones	137
6.1. Recomendaciones para la planta procesadora simulada	137
7. Referencias Bibliográficas	138
8. Anexos	143

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Fases del SPL	28
Figura 2. Diagrama de Analisis de P-Q	29
Figura 3. Análisis A B C.....	30
Figura 4. Método de agrupación en Gamas	30
Figura 5. Símbolos de Actividades	31
Figura 6. Diagrama de Recorrido Sencillo	32
Figura 7. Diagrama Multiproducto	33
Figura 8. Ejemplo de una Tabla Matricial	34
Figura 9. Tabla Relacional de Actividades	35
Figura 10. Diagrama Relacional de Espacios	36
Figura 11. Fisionomía del Cerdo Ibérico	37
Figura 12. Proceso de Modelización.....	42
Figura 13. Ubicación Satelital de Almacén SAO	50
Figura 14. Ubicación Satelital de Almacén Éxito.....	51
Figura 15. Diagrama de operaciones para el jamón curado.....	53
Figura 16: Diagrama de Flujo para el jamón Curado	54
Figura 17. Recuperador de sal – NDR – BS - 1000.....	60
Figura 18. Lavadora - Cepilladora de Jamones Lavafac – 600.....	61
Figura 19. Puesto de deshuese - PD.....	63
Figura 20. Empacadora automática de jamón.....	64
Figura 21. Cinta Transportadora Extensible	65
Figura 22. Diagrama de las Máquinas	67
Figura 23. Medidor de pH y Temperatura	68
Figura 24. Palet para Jamones	68
Figura 25. Contenedor Volcable de 300L.....	69
Figura 26. Carretilla para Jamones deshuesados de 128 ganchos	69
Figura 27. Mesas para Despiece con cortadores de Polietileno.....	70
Figura 28. Cuchillos para el Corte de Jamón Curado	70

Figura 29. Afiladores de Jamón Curado	70
Figura 30. Diagrama de Relaciones	78
Figura 31. Patrones de la Distribución en Bloque	80
Figura 32. Disposición Final de la Distribución en Planta	81
Figura 33: Descripción de Estadísticas a través de StatFit Fuente: StatFit.....	86
Figura 34. Distribución StatFit	87
Figura 35: Planta Procesadora de Jamón Curado Modelada en Flexsim.....	88
Figura 36. Captura de la Distribución P_Jamón acoplada a Flexsim	92
Figura 37. Captura de la Distribución P_Sal acoplada a Flexsim.....	93
Figura 38. Captura del Tiempo Mínimo de Permanencia Cámara de Salado.....	94
Figura 39. Captura del Tiempo Mínimo de Permanencia Cámara de Madurado	95
Figura 40. Muelle de Recepción de la Materia Prima	96
Figura 41. Zona de Almacenaje	97
Figura 42. Cámaras de Salado	97
Figura 43. Cámaras de Madurado.....	98
Figura 44. Zona de Deshuesado.....	98
Figura 45. Zona de Empaquetado	99
Figura 46. Bodega Final.....	99
Figura 47. Captura del modelo con relación al tiempo y las salidas del P_jamon	101
Figura 48. Captura del modelo con relación al tiempo y salidas del P_Sal.....	102
Figura 49. Propiedades físicas y productivas de la recuperadora de sal.....	104
Figura 50. Propiedades máquina de salado.....	105
Figura 51. Propiedades físicas y productivas de la lavadora - cepilladora de jamón	106
Figura 52. Tiempo por unidad de la lavadora en el modelo simulado.....	106
Figura 53. Resumen de datos estadísticos Bodega Jamón Output.....	108
Figura 54. Replicaciones Bodega de Jamón Output	108
Figura 55. Frecuencia de Histograma Bodega de Jamón.....	109
Figura 56. Resumen de datos estadísticos P_Sal	109
Figura 57. Replicaciones P_Sal	110
Figura 58. Frecuencia Histograma P_Sal.....	110

Figura 59. Resumen de Datos Estadísticos Salado Input.....	111
Figura 60. Replicaciones Salado Input	112
Figura 61. Frecuencia Histograma Salado Input.....	112
Figura 62. Resumen de Datos Estadísticos Salado Output	113
Figura 63. Replicaciones Salado Output.....	113
Figura 64. Frecuencia Histograma Salado Output	114
Figura 65. Resumen de Datos Estadísticos Lavado Input.....	115
Figura 66. Replicaciones Lavado Input	115
Figura 67. Frecuencia Histograma Lavado Input	116
Figura 68. Resumen de Datos Estadísticos Lavado Output.....	116
Figura 69. Replicaciones Lavado Output.....	117
Figura 70. Frecuencia Histograma Lavado Output.....	117
Figura 71. Resumen de Datos Estadísticos Pos_lavado Input	118
Figura 72. Replicaciones Pos_Lavado Input	118
Figura 73. Frecuencia Histograma Pos_Lavado Input.....	119
Figura 74. Resumen de Datos Estadísticos Pos_lavado Output	119
Figura 75. Replicaciones Pos_Lavado Output.....	120
Figura 76. Frecuencia Histograma Pos_Lavado Output	120
Figura 77. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 1 Input	121
Figura 78. Replicaciones Deshuesado 1 Input.....	122
Figura 79. Frecuencia Histograma Deshuesado 1 Input	122
Figura 80. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 1 Output	123
Figura 81. Replicaciones Deshuesado 1 Output	123
Figura 82. Frecuencia Histograma Deshuesado 1 Output	124
Figura 83. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 2 Input	124
Figura 84. Replicaciones Deshuesado 2 Input.....	125
Figura 85. Frecuencia Histograma Deshuesado 2 Input	125
Figura 86. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 2 Output	126
Figura 87. Replicaciones Deshuesado 2 Output	126
Figura 88. Frecuencia Histograma Deshuesado 2 Output	127

Figura 89. Resumen de Datos Estadísticos Empaquetado Input.....	128
Figura 90. Replicaciones Empaquetado Input	128
Figura 91. Frecuencia Histograma Empaquetado Input	129
Figura 92. Resumen de Datos Estadísticos Empaquetado Output.....	129
Figura 93. Replicaciones Empaquetado Output.....	130
Figura 94. Frecuencia Histograma Empaquetado Output.....	130
Figura 95. Resumen de Datos Estadísticos Bodega Final.....	131
Figura 96. Replicaciones Bodega Final	132
Figura 97. Frecuencia Histograma Bodega Final	132
Figura 98. Captura de pantalla del módulo Experimenter	133
Figura 99. Captura de pantalla al módulo experimenter.....	134

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Códigos y Tipos de Relaciones.....	35
Tabla 2 Demanda Anual de Productos Similares en los principales Almacenes de Cadena.....	52
Tabla 3 Tipos de proceso en el diagrama de flujo	55
Tabla 4 Carta de Flujo de Procesos.....	56
Tabla 5 Características Recuperador de Sal - NDR-BD-1000.....	60
Tabla 6 Características Lavadora - Cepilladora de Jamones Lavafac-600	62
Tabla 7 Características Puesto de deshuese - PD.....	63
Tabla 8 Características Empacadora automática de Jamón	64
Tabla 9 Características Cinta Transportadora Extensible.....	66
Tabla 10 Características de las Maquinas	66
Tabla 11 Proceso General de las Máquinas	67
Tabla 12 Datos para el Balance	71
Tabla 13 Cantidad de Máquinas por Operación	75
Tabla 14 Número de Operarios.....	75
Tabla 15 Hoja de Trabajo	79
Tabla 16 Dimensiones de las áreas	82
Tabla 17 Caracterización de las Máquinas	89
Tabla 18 Elementos del Sistema.....	90
Tabla 19 Capacidades de Almacenaje	95
Tabla 20 Análisis comparativo de las bodegas	111

Índice de Anexos**Pág.**

Anexo 2 Plano Sectorización de las áreas B	144
Anexo 3 Plano Línea de Producción A	145
Anexo 4 Plano Línea de Producción B	146
Anexo 5 Plano Arquitectónico A	147
Anexo 6 Plano Arquitectónico B	148
Anexo 7 Experimentación y reporte generado de la Simulación.....	149
Anexo 8 Experimentación de la Simulación.....	150
Anexo 9 Vista Superior Simulación en Flexsim.....	151
Anexo 10 Variables a analizar en la experimentación de escenarios de la simulación.	152

Resumen

El presente proyecto de grado, busca demostrar la importancia del uso de la Simulación en Empresas ya sea de servicios o de producción, a través del uso del Software Flexsim Manufacturing, teniendo en cuenta las ventajas que trae consigo el simular procesos productivos, ya que este tipo de herramientas facilitan la toma de decisiones. Los autores del presente trabajo recopilaron los datos correspondientes a la caracterización de los procesos de elaboración del Jamón Curado (Diagramas de operaciones y de máquinas, tiempos de fabricación, entre otros); en base a lo anterior se procedió a la Planificación Sistemática de la Distribución de la Planta para el ordenamiento del espacio necesario de esta. Finalmente se procedió a la simulación del proceso productivo del Jamón Curado, cuyos resultados fueron analizados con el fin de reafirmar la hipótesis planteada en el proyecto de Investigación.

Palabras clave: Simulación, Jamón curado, s.l.p (Sistema de planificación sistemática de la Distribución en planta).

Abstract

The present degree project seeks to demonstrate the importance of the use of Simulation in companies, either services or production, through the use of Flexsim Manufacturing Software, taking into account the advantages that simulation of production processes brings, since this Type of tools facilitate decision making. The authors of the present work compiled the data corresponding to the characterization of the processes of elaboration of Cured Ham (Diagrams of operations and of machines, manufacturing times, among others); On the basis of the above, the Systematic Planning of Plant Distribution was carried out to order the necessary space of this plant. Finally, we proceeded to the simulation of the production process of Cured Ham, whose results were analyzed in order to reaffirm the hypothesis raised in the research project.

Key words: Simulation, Cured ham, s.l.p (System of systematic planning of the Distribution in plant).

Introducción

Desde tiempos remotos el hombre ha buscado nuevas formas para realizar las distintas actividades productivas, desde la creación de nuevos espacios hasta la redistribución del mismo. Esto se evidencio en la Revolución Industrial, en donde se dio inicio a lo que hoy se conoce como líneas de producción que buscaban aumentar el nivel de productividad de las distintas empresas. En la actualidad la distribución en Planta juega un papel muy importante en las empresas, dado que las mismas buscan ordenar las distintas áreas a bajo costo sin afectar la calidad del producto y/o servicio, en pro de alcanzar sus objetivos organizacionales.

Por ello se requiere de una planificación anticipada que permita realizar varias pruebas preliminares de las instalaciones de una fábrica, teniendo como objetivo principal eliminar todos aquellos procesos productivos innecesarios o que causen ocio, con el fin último de fabricar cierto producto conforme a las necesidades propias del cliente a bajo costo. Dado lo anterior, se precisa hacer uso de una teoría que abarque de forma global tales consideraciones. Para lo cual se aplica el Método de Planificación Sistemática de la Distribución en Planta, la cual hace referencia a la planeación organizada de una distribución, que lleva consigo ciertos procedimientos tales como la identificación de cada área y/o departamento, la tabla relacional de actividades, el diagrama relacional de actividades, entre otros.

Para poder interpretar la realidad y lo complejo que es un sistema, se hace necesario crear un modelo de simulación que permita la experimentación antes de interactuar con la realidad. Por lo tanto, el uso del Software Flexsim el cual es una herramienta de Simulación que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar un modelo de simulación dentro de un entorno en 3D. (Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, 2012).

El uso de Flexsim Manufacturing dentro de la Simulación, permite interpretar, comprender y analizar la realidad y la complejidad de un sistema, brindando así alternativas hacia la toma de decisiones.

Dado lo anterior, en el siguiente proyecto de grado se pretende demostrar que el uso de herramientas tecnológicas tales como el Software Flexsim dentro de la academia fomenta en los futuros egresados de la Corporación Universitaria del Caribe – CECAR, habilidades y destrezas que son el pilar fundamental hacia el éxito profesional. A través de la Simulación de un proceso productivo de una planta procesadora de jamón curado en base a los diferentes criterios de la distribución en planta, guiados en distintas metodologías y utilizando herramientas ingenieriles que el mercado nos ofrece.

Capítulo 1

1. Marco Teórico

En este capítulo se abordará el marco teórico en la cual se fundamentan todas las bases de datos que permitieron la elaboración del estado del arte del proyecto objeto de estudio.

1.1. Pronóstico de la Demanda

1.1.1. ¿Qué es un Pronóstico?

Un pronóstico es una predicción de eventos futuros que se utiliza con propósitos de planificación. Las cambiantes condiciones de los negocios como resultado de la competencia mundial, el rápido cambio tecnológico y las crecientes preocupaciones por el medio ambiente han ejercido presiones sobre la capacidad de una empresa para generar pronósticos precisos. Tales pronósticos son necesarios como un elemento auxiliar para determinar que recursos se necesitan, programar los recursos ya existentes y adquirir recursos adicionales. Los pronósticos precisos permiten que los programadores utilicen de forma eficiente la capacidad de las maquinas, reduzcan los tiempos de producción y recorten los inventarios. (Sierra, 2011).

1.1.2. Patrones de la Demanda

Cárcamo afirma, (2015):

- Horizontal: o sea, la fluctuación de los datos en torno de una media constante.
- De tendencia: es decir, el incremento o decremento sistemático de la media de la serie a través del tiempo
- Estacional: o sea, un patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda, dependiendo de la hora del día, la semana, el mes o la temporada.
- Cíclico: o sea, una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsibles de la demanda, los cuales se presentan en el curso de periodos de tiempo más largos
- Aleatorio: es decir, una serie de variaciones imprevisibles de la demanda. (Carcamo, 2015).

1.1.3. Método Cualitativo

Es muy común afrontarse a la situación de tener que pronosticar un producto nuevo, en donde no hay información histórica y en donde no hay presupuesto para un estudio de mercado. Entonces ¿qué se debe hacer si se necesita pronosticar un producto sin información histórica y sin un estudio de mercado?, ¿se está condenado al uso de la adivinación? Por suerte debido a la recurrencia de este problema, muchas personas se han ingeniado técnicas y métodos eficientes para hacer pronósticos en este contexto. Lo más importante para estos casos es recurrir a información de otras fuentes, y utilizar el conocimiento de los expertos con una metodología y de una manera guiada. A continuación, se va a enumerar algunas estrategias que las personas han usado para este problema, estas se pueden utilizar de manera individual o combinarlas (Scribd, 2011):

- Recurrir a información de productos parecidos o complementarios: En muchos casos el nuevo producto que se va lanzar al mercado, aunque es nuevo tiene características similares a otros productos que se tenga en el mercado. Se puede tomar la información de estos productos y con base a estos hacer el pronóstico (Scribd, 2011).
- Recurrir a información de productos similares del competidor: Es muy natural que, si el producto nuevo que se va alanzar, es parecido al producto de la competencia, fijarse de cómo es el comportamiento del producto de la competencia. Obviamente no se va tener acceso a las ventas de ese producto, pero si se tiene acceso al número de comerciales que le hacen en el mercado, a la impresión que tenga los consumidores de este, se puede ir a un supermercado y hacer un pequeño muestreo de en un rango de tiempo cuantas personas compran ese producto. En otras palabras, se debe aprovechar que se tiene esa fuente de información para analizar e investigar (Scribd, 2011).
- Consultar la fuerza de venta: En ocasiones la mejor información sobre la demanda futura proviene de las personas que están más cerca de los clientes. Estos pronósticos están elaborados periódicamente por miembros de la fuerza de ventas de las compañías. (El Lado Luminoso de La Fuerza, 2013).

1.2. ¿Qué es la Distribución en Planta?

La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. El principal objetivo que es la disposición de elementos sea eficiente y se realice de forma tal. Que contribuya satisfactoriamente a la consecución de los fines fijados por la empresa. Otra visión del problema la proporciona aquella definición según la cual la distribución en planta es un compromiso entre los recursos que se poseen y los bienes y/o servicios que se quieren proporcionar. (Segura & Ortega, 2014) Sea cual sea la situación desencadenante por la cual se somete el estudio sobre la implantación de una distribución en planta y que necesariamente, se englobará dentro de alguna de las categorías mencionadas a continuación:

- Proyecto de planta nueva
- Expansión o traslado de una ya existente
- Reordenación de una distribución ya existente
- Ajustes menores en distribuciones ya existentes (García & Fernández, 2005, p. 176)

Y, como ocurre con cualquier otro tipo de decisión, será conveniente, en cualquier caso, seguir ordenadamente una serie de pasos, que pasarán por desarrollar, en primer lugar, una fase previa de recopilación de información en profundidad acerca de, entre otros, cuáles son las circunstancias actuales de la empresa en la que se ha detectado tal necesidad, cuáles son las respuestas que se pretenden dar, etc., para continuar en el desarrollo propiamente dicho, ya que es preciso tener presente en todo momento que una vez implementado el proyecto, no suele ser sencillo, ni tampoco barato (más bien al contrario, a no ser que tal modificación haya estado prevista en diseño inicial) cambiarlo a corto plazo. La implantación de un proyecto de distribución en planta, suponen en nosotros en no pocos casos, la paralización parcial o incluso total de la actividad llevada a cabo en la empresa. La mayor o menor complejidad de los procesos y procedimientos desarrollados en sus locales. Sin embargo, en todos los casos. Supondrá la asunción de unos costes de implantación que supondrán un efecto negativo menor cuanto mayor sea el intervalo temporal en que estos se puedan distribuir o, en otras palabras, cuanto mayor sea la vida del proyecto. (García & Fernández, 2005, p. 3).

1.3. Principios de la Distribución en Planta

“Durante la planificación de una distribución en planta, es importante que se tenga siempre la meta de la optimización económica de la explotación. Para ello se proponen los siguientes principios de diseño” (López, 2015):

1.3.1. Integración.

La mano de obra directa, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y todos los demás factores que influyen en el proceso productivo deben quedar integrados en una distribución que funcione como una sola máquina. Por ejemplo, acercando el almacén intermedio al puesto de trabajo se ahorra el tiempo de desplazamiento del trabajador hasta el puesto anterior para recoger materiales. (López, 2015).

1.3.2. Mínima distancia recorrida.

“El movimiento de personas y materiales no añade ningún valor al producto, de modo que la optimización se logra reduciendo al mínimo los movimientos realizados” (López, 2015).

1.3.3. Flujo de materiales.

“La organización física de los procesos según el orden en el que se deben realizar complementa al principio anterior, haciendo lo posible para eliminar los retrocesos o movimientos transversales” (López, 2015).

1.3.4. Volumen ocupado.

“El metro cuadrado de instalación también tiene un coste, así que puede ser optimizado utilizando todo el espacio vertical que la técnica permita” (López, 2015).

1.3.5. Recursos humanos.

La salud y seguridad del personal debe ponerse siempre por encima del resto de consideraciones. A su vez, la mejora de condiciones de trabajo es un principio que facilita la optimización del coste total de instalación y explotación ya que, si se reduce el esfuerzo necesario para realizar una tarea, es posible lograr una mayor producción por jornada. (López, 2015).

1.3.6. Flexibilidad.

Las necesidades de una empresa rara vez serán constantes en el tiempo y se producirá una evolución continua para adaptarse a los mercados, la evolución de la tecnología, los nuevos clientes y productos, etc. Por ello, es importante que se prevea la posibilidad de modificar la distribución en el futuro a un coste razonable. (López, 2015).

1.4. Tipos de Distribuciones en Planta

1.4.1. Ubicación fija.

Es la distribución en planta en la que el material permanece en su ubicación definitiva desde el inicio del proceso. El personal, los equipos y los materiales auxiliares que se incorporen serán los que realicen todos los movimientos. Es también denominado “proceso unitario”. Este tipo de distribución en planta es recomendable únicamente cuando el proceso no pueda realizarse de otra forma por limitaciones técnicas: construcción, fabricación de elementos tremendamente voluminosos, etc. (construcción naval, aeronáutica, de material ferroviario, obras y montajes in situ, etc.). Las ventajas de este sistema son: Reducción de movimientos de la pieza mayor, Planificación de los trabajos no limitada por la distribución en planta, Flexibilidad de productos y secuencia de operaciones. (Hernandez, 2013).

1.4.2. Fabricación por procesos.

La fabricación por procesos es aquella en la que las máquinas se encuentran fijas en una posición y son los trabajadores los que acuden a ellas con los materiales. Son aquellas distribuciones en planta en las que se agrupan los trabajos por funciones, agrupando las operaciones similares. (Hernandez, 2013).

1.4.3. Línea de producción.

La distribución en planta adaptada para la producción en cadena reduce al mínimo el movimiento de las personas y de las máquinas, y en los casos más desarrollados, el movimiento de materiales se realiza de forma automatizada. En definitiva, se trata de una distribución en planta optimizada para grandes tiradas de producción con productos estandarizados. Sus limitaciones son

la menor flexibilidad que la fabricación por procesos y la necesidad de mayores inversiones. (Guanoluisa, 2014).

1.4.4. Célula de fabricación.

Se trata de una evolución de la línea de fabricación en la que se busca la maximización de la utilización de la mano de obra. Para ello, en vez de utilizar el concepto clásico en el que se trata de igualar los tiempos de cada uno de los puestos de la cadena, se realiza una organización de las tareas que se centra en la utilización al 100% de cada uno de los puestos de trabajo y en la reducción de materiales en línea. Es un sistema especialmente indicado para muy grandes tiradas, puesto que las células de fabricación son mono producto, como, por ejemplo, en fabricación auxiliar del automóvil, en la producción de productos de consumo, etc. (López, 2015).

1.5. Planificación Sistemática de Distribución en Planta (S.L.P)

El Systematic Layout Planning es un proceso organizado para la realización de distribuciones en planta. Seguir un método establecido facilita al responsable de la organización de la planta la tarea de realizar el análisis previo del proceso y el posterior diseño de la implantación. Para su desarrollo se estudian los cinco elementos básicos implicados en una distribución en planta (López, 2015):

- Productos (P): “Engloba las materias primas, materiales de compra, artículos semielaborados o terminados, clasificados en artículos, modelos, grupos o subgrupos atendiendo a su variedad, especialización, tipo, etc.” (Hernandez, 2013).
- Cantidades (Q): La cuantificación de los productos empleados, valorándolos de la forma representativa para el estudio en unidades, peso, volumen, valor, etc. Dado que se está haciendo un análisis técnico, se preferirán las medidas por unidades físicas más que por valor económico. (Hernandez, 2013).
- Recorridos (R): “Estudia el conjunto de operaciones o manipulaciones que sufren los productos y el orden en el que son procesados” (Hernandez, 2013).
- Servicios (S): “Además del proceso productivo principal, existe toda una serie de procesos auxiliares necesarios para el desarrollo de la actividad, y para los que es preciso que se prevea un espacio físico” (Hernandez, 2013).

- Tiempo (T): Que vendrá determinado por el tiempo de ciclo del sistema, o por lo especificado en los planes de fabricación de la empresa. El tiempo es una variable definida por la estrategia de la empresa ya que viene definido por la planificación de la producción, de las necesidades de servicio al cliente y de la política de stocks (de materia prima y de material terminado) de la empresa. Gráficamente las fases que siguen el SLP son las siguientes (Hernandez, 2013):

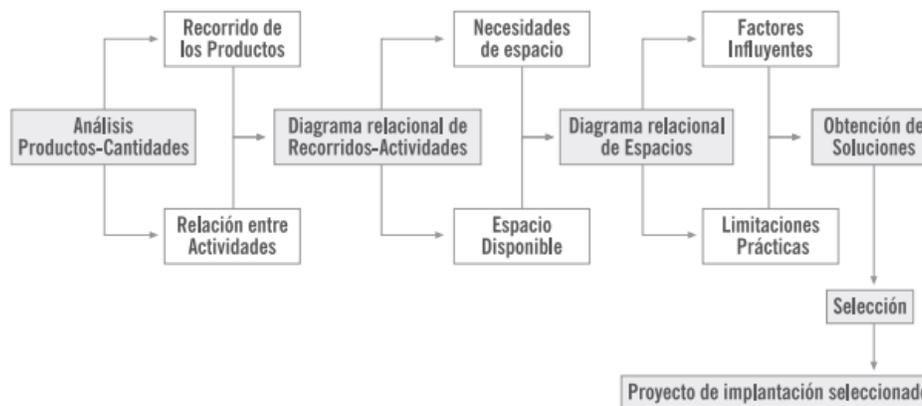


Figura 1. Fases del SPL

Fuente: (Hernandez, 2013).

1.5.1. Fases del SLP.

1.5.1.1. Análisis de productos (P) – cantidades (Q).

La primera fase para la realización de la Planificación sistemática de la distribución en planta, consiste en la proyección de la demanda futura, y de ahí surge la necesidad de cada producto. Este análisis se debe hacer agrupando aquellos tipos de productos que tengan la misma línea de producción, teniendo en cuenta las características de los mismos. Algunas técnicas para el análisis son las siguientes:

- **Diagrama de Pareto**

Es un método gráfico para definir los problemas más importantes de una determinada situación, y, por consiguiente, las prioridades de intervención. El objetivo consiste en desarrollar

una mentalidad adecuada para comprender cuales son las pocas cosas más importantes y centrarse exclusivamente en ellas. (Galgano, 1995, p. 115).

Esta técnica se realiza con el fin de graficar los distintos productos a fabricar vs las cantidades necesarias para los procesos de fabricación, como se puede ver en la siguiente Figura:

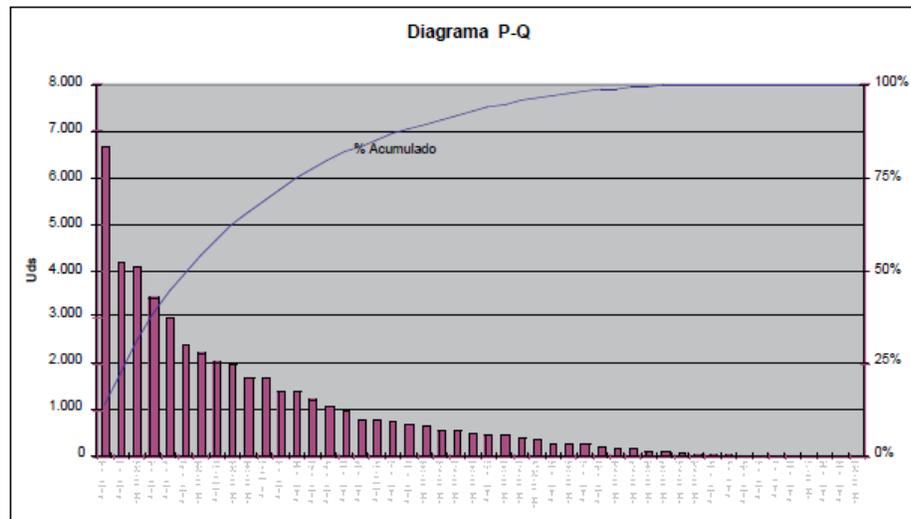


Figura 2. Diagrama de Analisis de P-Q

Fuente: (Hernandez, 2013).

- **Análisis ABC**

Es uno de los instrumentos más utilizados para realizar la clasificación de los productos en categorías de alta, media y baja. Este análisis se realiza con el fin de determinar la importancia de los distintos productos en función de su aporte a las ventas totales de la empresa y a los márgenes brutos de beneficios generados. (Hernandez, 2013).

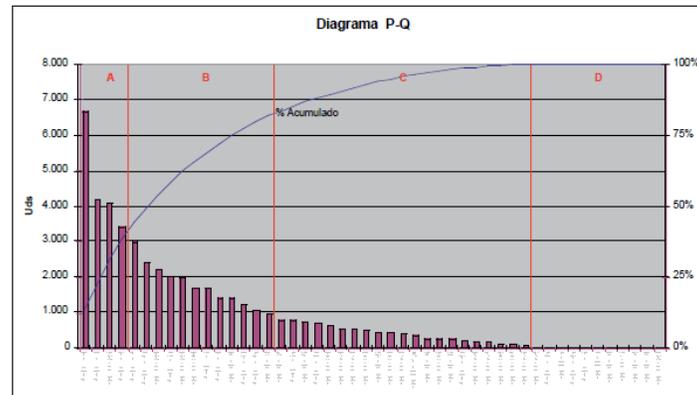


Figura 3. Análisis A B C

Fuente: (Hernandez, 2013)

- **Agrupación en gamas**

Este método consiste en agrupar los distintos productos conforme a sus características teniendo en cuenta si son similares o no a ciertos procesos.

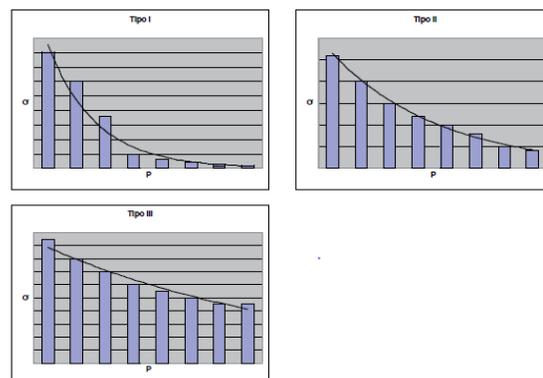


Figura 4. Método de agrupación en Gamas

Fuente: (Hernandez, 2013).

1.5.1.2. *Recorrido de los productos.*

Hace referencia al ciclo o flujo que sigue el producto durante todo su proceso de fabricación. Para la elaboración de un correcto diagrama de recorrido se debe tener en cuenta si en cada fase de producción se pueden aplicar distintas acciones, tales como: combinar, eliminar, mejorar y cambiar; todo esto al menor costo sin afectar el flujo de los materiales. Para la realización de los diagramas se debe tener en cuenta la siguiente simbología:

Símbolo	Descripción
●	Operación de producción
➔	Actividades de transporte: recepción, expedición, carga, etc.
▼	Almacenaje
■	Control
⌒	Servicios: mantenimiento, servicios para el personal, etc.
⬆	Sectores de administración (fuera de la parte productiva o unidos)
⌒	Espera: almacenes intermedios, paradas, etc.

Figura 5. Símbolos de Actividades

Fuente: (Hernandez, 2013)

Existen varios tipos de diagramas para el análisis del recorrido de los productos, entre los cuales tenemos:

- **Diagrama de Recorrido Sencillo.**

Se utiliza en el caso de fabricación de pocos productos, puesto que refleja las etapas de un proceso de un único producto. Para indicar cada una de las operaciones del proceso se utilizan los símbolos de la Figura 5, en caso de dos operaciones simultaneas se superponen los símbolos correspondientes. El trazo horizontal indica la llegada o salida de los componentes del proceso, el trazo vertical marca la sucesión de etapas del proceso. (Vanaclocha, 2004, p. 97).

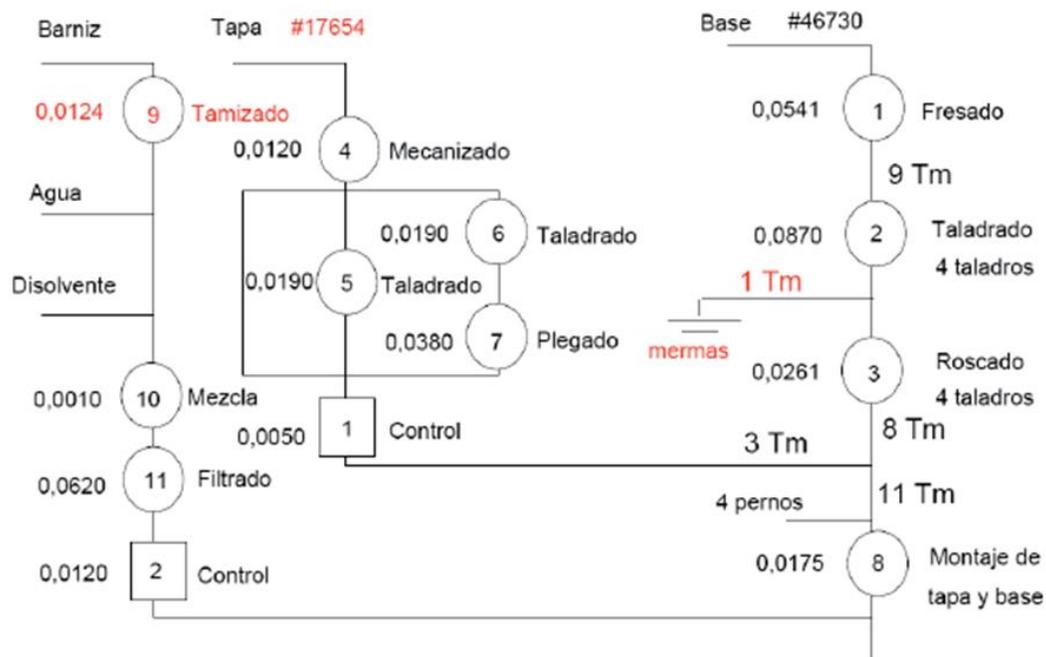


Figura 6. Diagrama de Recorrido Sencillo

Fuente: (Hernandez, 2013)

- **Diagrama Multiproducto**

Es una herramienta muy adecuada para tener una visión conjunta de los procesos correspondientes a diversos productos, la cual especialmente interesante cuando se trata de grupos de productos con procesos similares, ya que entonces puede ser muy conveniente efectuar un planteamiento conjunto de la distribución para todo el grupo. (Vallhonrat & Corominas, 1991)

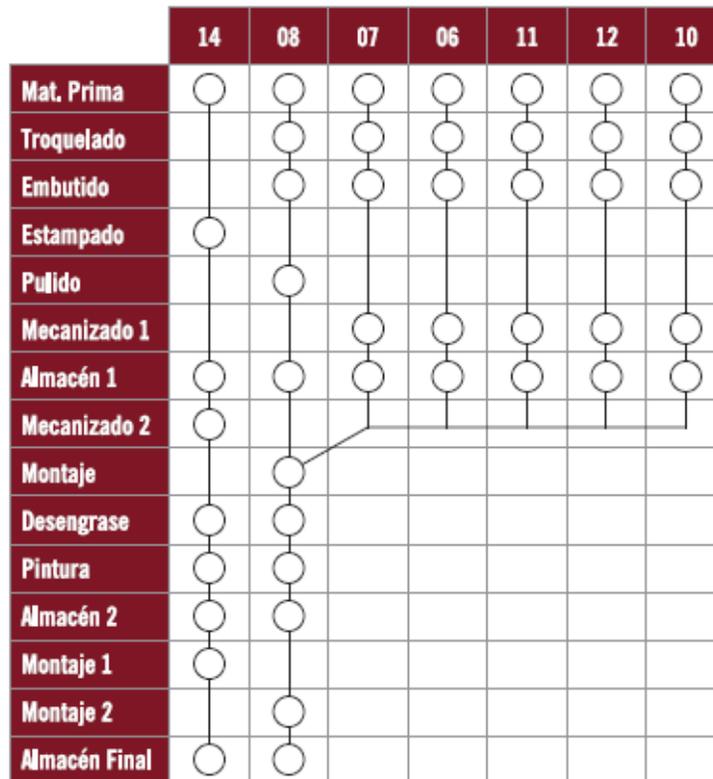


Figura 7. Diagrama Multiproducto

Fuente: (Hernandez, 2013).

- **Tabla Matricial**

Cuando los productos son muy numerosos, la agrupación o selección de productos exige la tabla matricial. Este diagrama se denomina también Diagrama Cruzado y se indican las distancias Diagrama de Trayecto. La tabla matricial se construye de la siguiente manera, las operaciones se indican en el mismo orden horizontal y verticalmente como cabezas de filas y columnas. Cada casilla de intersección se utiliza para registrar el movimiento de una operación, también se le indica el número de productos que efectúan el movimiento y la intensidad total registrada. (Documents, 2013).

Destino \ Origen	Control Prod.	Adm. compras	Compras	Mat. prima	Cizalla	Punzonadoras	Prensas	Taladros	Matrices	Pulidoras	Almacén final	Calidad	TOTAL
Control Prod.													0
Adm. compras													0
Compras													0
Mat. prima					198	1	1						200
Cizalla					18	62	98	14	5	40			237
Punzonadoras					11		4		10	30	8		63
Prensas					2		49	36	16	40	20		163
Taladros					5		10	46	2	50	16		129
Matrices					3		1	3	6	8	34		55
Pulidoras								30	16	3	122		171
Almacén final													0
Calidad													0
TOTAL	0	0	0	0	237	63	163	129	55	171	200	0	

Figura 8. Ejemplo de una Tabla Matricial

Fuente: (Hernandez, 2013).

1.5.1.3. Tabla relacional de actividades.

Se entiende por actividad cualquier elemento del Sistema de Producción caracterizado por un requerimiento espacial y por un conjunto de relaciones. La relación de actividades se desarrolla mediante la tabla relacional de actividades. Es aquella que muestra las diferentes actividades de la implantación y sus necesidades de relaciones mutuas. Además, de la importancia de la proximidad entre las actividades, con el apoyo de una codificación apropiada, en la que se indica la causa de la relación. Así permite integrar los elementos directos de la producción con los elementos auxiliares de producción. La escala de valores de actividades se indica con las letras A, E, I, O, U y X, que indican los diferentes grados de relación. En la siguiente Tabla 3 se podrá observar la relación entre los diferentes tipos de relación y las letras que se utilizan para designar estas relaciones (Casanova, Ramos, & Matheu, 2012).

Tabla 1
Códigos y Tipos de Relaciones

Código	Tipo de Relación
A	Relación absolutamente importante
E	Relación especialmente importante
I	Relación importante
O	Relación ordinaria
U	Relación sin importancia
X	Relación no deseada

Información obtenida del libro Diseños de Complejos Industriales. (Fuente: Casanova, Ramos, & Matheu, 2012).

A continuación, se puede observar un ejemplo de Diagrama de Relaciones:

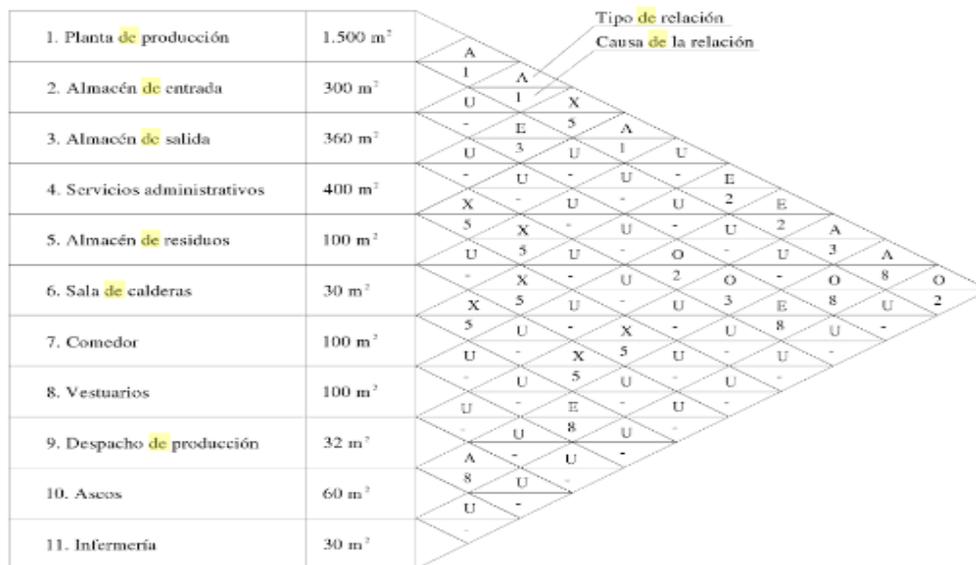


Figura 9. Tabla Relacional de Actividades

F

Fuente: Diseños de Complejos Industriales. (Casanova, Ramos, & Matheu, 2012).

1.5.1.4. Diagrama relacional de espacios.

Tras realizar la tabla relacional de actividades, el paso siguiente es crear el diagrama relacional de espacios o actividades, el cual refleja en forma de diagrama la información contenida en la tabla relacional de actividades.

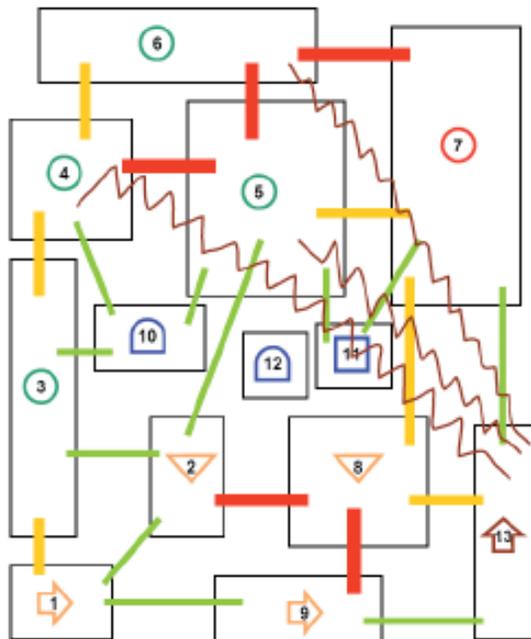


Figura 10. Diagrama Relacional de Espacios

Fuente: (Hernandez, 2013).

1.6. Jamón Curado

1.6.1. El cerdo doméstico.

El cerdo domestico se caracteriza por ser un animal omnívoro, capaz de consumir de manera eficiente diversos tipos de materia alimenticia que muchas veces resultan poco útiles para otras especies domesticas: granos y subproductos de cereales y leguminosas, raíces tubérculos, desechos vegetales, suero de queserías, etc. Para conseguir el rendimiento óptimo deben recibir una alimentación equilibrada en relación con la edad y el estado fisiológico del animal. Muchos

de sus tipos o variedades suelen proporcionar materias primas de calidad para la elaboración del jamón curado como lo expreso. Su población mundial se calculaba en más de 900 millones de ejemplares, aunque la distribución por países resulta bastante desigual: La mitad se concentra en el continente asiático (50%) y la cuarta parte en los países de la Unión Europea (25%) para corresponder el resto casi a todo el continente americano destacando a América le norte con el 14% América del sur con el 3% para quedar en 0,5% 3 en la producción de América central. (Interibericos, 2005).

1.6.2. El jamón.

Según la historia el jamón surgió cuando un cerdo se cayó a un arroyo con una alta concentración de sal y se ahogó y unos pastores lo recogieron y lo asaron, descubriendo que tenía un sabor agradable, sobre todo el pernil. Más tarde comprobaron que salando el jamón se conservaba más tiempo sin perder su sabor, así que fueron perfeccionando la técnica hasta conseguir uno de los mejores jamones curados del mundo. Se conoce que celtas, fenicios, cartagineses y sobre todo romanos apreciaban y alababan desde hacía más de 2.000 años las cualidades y sobre todo el exquisito sabor del jamón procedente del cerdo ibérico y el resto de sus productos derivados. (Interporc, 2015).



Figura 11. Fisionomía del Cerdo Ibérico

Fuente: El Jamón Ibérico. (Salamanca, 2010).

1.6.3. El jamón en Colombia.

Colombia es un país donde existe un consumo de cárnicos embutidos. Desde las épocas de la Colonia, la llegada de los españoles trajo también sus costumbres culinarias y gastronómicas. Palabras como Chorizo, Longaniza, Butifarra, Morcilla y, el tan distante al de hoy, Salchichón, ya existían en España, con estos mismos nombres, tradición y origen. Por otra parte, al comienzo del siglo XX, y tras las guerras mundiales, cientos de norte europeos encontraron en América del Sur su nueva tierra. Suizos, alemanes, daneses, húngaros que especialmente llegaron a Colombia desarrollaron lo que hoy conocemos como carnes frías. Actualmente el ritmo de vida nos hace comedores de carnes frías; productos que ya están listos para ser consumidos sin pasos intermedios de cocción, fritura o algo diferente a la acción de sacarlos de los refrigeradores, colocarlos entre un pan, añadir algo de queso, normalmente fresco, y listo. La industria cárnica colombiana ha crecido en la última década a grandes velocidades. (Consumo y Mercadeo Blogspot, 2011).

1.6.4. Ficha técnica del jamón curado.

1.6.4.1. Definición de jamón curado.

Se entiende por jamón curado al producto elaborado con la extremidad posterior, cortada a nivel de la sínfisis isquiopubiana, con pata y hueso, que incluye la pieza osteomuscular íntegra, procedente de cerdos adultos, sometido al correspondiente proceso de Salazón y curado-maduración (Asaja, 2009). Se entiende por curado-maduración el tratamiento de las salazones cárnicas en condiciones ambientales adecuadas para provocar, en el transcurso de una lenta y gradual reducción de humedad, la evolución de los procesos de fermentación o enzimáticos necesarios para conferir al producto cualidades organolépticas características garantizando su estabilidad durante el proceso de comercialización. (Noticias Jurídicas, 2014).

1.6.4.2. Composición general.

Los componentes que entrar a formar parte del proceso de elaboración del Jamón curado son:

- Extremidad trasera del cerdo Blanco
- Sal

1.7. Historia de la Simulación

La Ingeniería Industrial esta intrínsecamente relacionada con los procedimientos productivos que se llevan dentro de las empresas, las cuales necesitan mecanismos que les permitan solucionar inconvenientes que se llegasen a presentar en cuanto al diseño de la planta, sus dimensiones y su capacidad de producción. Es por ello que las empresas hoy en día buscan la manera de comprender sus procesos, recurriendo así al modelamiento de plantas a través de un plan piloto, sin embargo, están llegando a ser demasiado costosas y poco precisas, arrojando así resultados equívocos en concordancia con una planta real. Por lo anterior las empresas encontraron una vía que le permite simular las actividades inmersas en la fabricación antes de llevarla a la realidad, a un bajo costo; la cual hace referencia a la Simulación. Esta nació a la par de la Computadora en el año 1947, no obstante, debido a la poca tecnología de la época y la mano de obra no calificada hizo que la Simulación en aquel entonces no tuviese mayor preponderancia. La computadora tuvo grandes avances en el año 1614 en donde John Napier da a conocer sus tablas de algoritmos y William Oughtred construye la regla de cálculo basada en algoritmos. Seguidamente Pascal crea la calculadora mecánica.

El matemático inglés Charles Babbage diseña en 1835 una máquina que en si misma era ya un ordenador, por lo que puede considerársele como el primero que estableció los principios de los modernos ordenadores. Consistía en una memoria formada por ruedas dentadas de diez posiciones que almacenaban cada una un dígito decimal, una unidad aritmética, un programa de tarjetas perforadas, una entrada y una salida que mostraba el resultado del cálculo. (Solé, 1989).

En 1944 Howard H. Aiken, de la Universidad de Harvard en colaboración con IBM (International Business Machines), desarrolla el primer ordenador de uso general, el MARK I, dotado de 700.000 elementos electrónicos. En 1951 Remington Rand fabrica el primer computador en serie, y en 1953 IBM fabrica su primer ordenador para aplicaciones científicas, siguiendo después NCR, RCA, GEC. A partir de este momento el desarrollo del ordenador es muy rápido, apareciendo nuevos modelos en períodos denominados generaciones. (Solé, 1989).

En la era actual de la globalización y la tecnología, las computadoras juegan un papel muy importante dentro de las organizaciones, de acuerdo a sus características y especificaciones; lo cual contribuye al auge de la Simulación de procesos productivos.

Se puede definir a la simulación como: “Técnica numérica para realizar experimentos en un ordenador digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos períodos de tiempo” (Hernandez, 2013).

Las primeras simulaciones se empezaron en el año 1950, y eran del gusto de los empresarios de la época por su eficiencia y bajo costo, estas se colocaron en prácticas en los distintos sectores; entre los cuales se destacan el sector Petroquímico. Sin embargo, los programas de simulación creados eran difíciles de entender por el usuario. Todo lo contrario, a lo que actualmente se ve, ya que los programas de Simulación de hoy son más fáciles de comprender. Es importante recalcar que la Simulación es una técnica utilizada como apoyo en las empresas a partir de los resultados arrojados por la misma para la toma de decisiones, pero que no brindan una solución definitiva al problema real.

1.8. Conceptualización, enfoque y fundamentos de la Simulación por procesos

1.8.1. Conceptualización.

Para la correcta interpretación de la Simulación es de vital importancia conocer a fondo dos términos los cuales hacen alusión a: Sistema y Modelo.

El término sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que los abarque todos y al mismo tiempo sea lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Podemos partir de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto. (Monografias, 2012).

“Modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento” (Sistedes, 2014).

1.9. La Simulación y su Enfoque

La simulación es vista como una herramienta tecnológica utilizada para el análisis de sistemas, presentando las siguientes ventajas: Se puede estudiar el comportamiento del sistema sin hacer cambios en el sistema real, es una herramienta útil para la Academia durante el proceso de formación, presenta un panorama completo del Sistema facilitando su análisis. (Bu, 2003).

No obstante, todos los problemas no se pueden resolver con la aplicación de la Simulación, por lo tanto, se debe seleccionar la herramienta adecuada para cada actividad, en algunos casos usar la simulación puede ser un exceso, como usar una escopeta para matar una mosca. Como guía general, la simulación es apropiada si los siguientes criterios son válidos. (ITESO, 2011).

- Se está tomando una decisión operacional (lógica o cuantitativa)
- El proceso analizado está bien y es repetitivo
- Las actividades y eventos tienen cierta interdependencia y variabilidad.
- El impacto en el costo de la decisión es mayor que el costo de realizar la simulación.
- El costo de experimentar con el sistema real es mayor que el costo de realizar la simulación. (ITESO, 2011).

1.10. La Funcionalidad de la Simulación por Procesos

La Simulación está basada en los distintos elementos que conforman un Sistema, tal como se visualizará en la siguiente Figura:

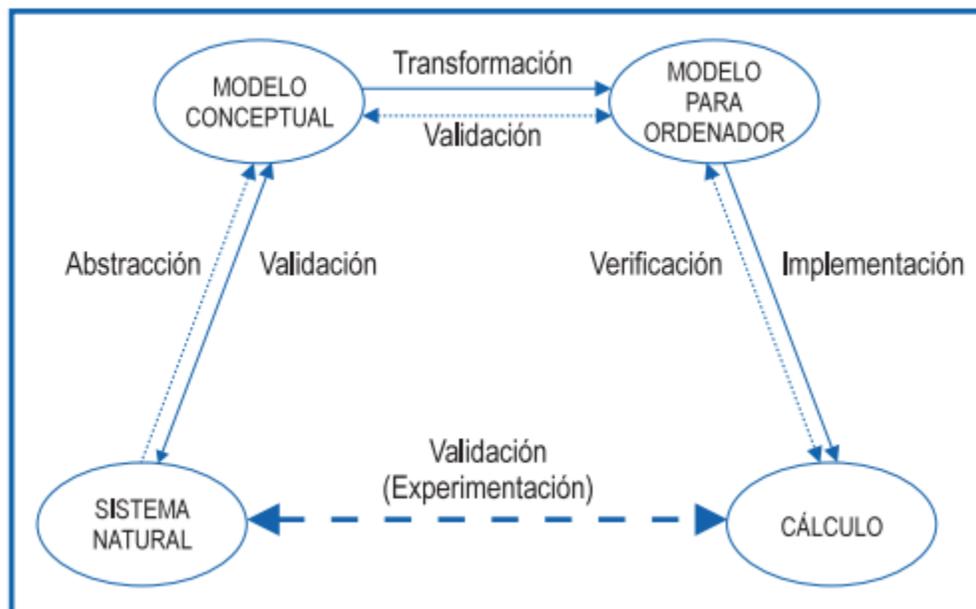


Figura 12. Proceso de Modelización

Fuente. Simulación de Sistemas Discretos (Barcelo, 1996).

El funcionamiento de la Simulación está determinado por los eventos discretos y continuos, se entiende por evento discreto aquellos que se caracterizan por la representar la evolución de las variables de interés de forma discreta y eventos continuos se caracterizan por representar la evolución de las variables de forma continua. (Guasch, Piera, Casanovas, & Figueras, 2003).

1.11. Modelos de Simulación de Sistemas

“La Simulación de Sistemas implica la construcción de modelos. El es averiguar qué pasaría en el sistema si acontecieran determinadas hipótesis” (Sara, 2010).

“Desde muy antiguo la humanidad ha intentado adivinar el futuro. Ha querido conocer qué va a pasar cuando suceda un determinado hecho histórico. La simulación ofrece, sobre bases ciertas, esa predicción del futuro, condicionada a supuestos previos” (Sara, 2010)

“Para ello se construyen los modelos, normalmente una simplificación de la realidad. Surgen de un análisis de todas las variables intervinientes en el sistema y de las relaciones que se descubren existen entre ellas” (Sara, 2010).

A medida que avanza el estudio del sistema se incrementa el entendimiento que el analista tiene del modelo y ayuda a crear modelos más cercanos a la realidad. En el modelo se estudian los hechos salientes del sistema o proyecto. Se hace una abstracción de la realidad, representándose el sistema/proyecto, en un modelo. (Sara, 2010).

1.12. Elementos de los Modelos de Simulación

Los modelos de Simulación se encuentran conformados por los siguientes elementos (Cabascango, 2011):

- **Componentes:** “Son las partes o subsistemas que conforman o constituyen un sistema” (Cabascango, 2011).
- **Variables:** Son valores que están sujetos a la estructura de la función; existen variables endógenas y exógenas. Las variables endógenas, son aquellas producidas dentro del sistema que revelan su estado y su condición, es decir, a estas variables se les puede considerar como variables de salida o dependientes, en cambio las variables exógenas se originan fuera del sistema, poniéndose en contacto con agentes externos, es decir, son variables de entrada o independientes. (Cabascango, 2011).
- **Parámetros:** “Están asociados al concepto de constante matemática, por lo tanto, no cambian su valor en una corrida de simulación, pero pueden ser modificados por el operador de una corrida a otra” (Cabascango, 2011).
- **Relaciones Funcionales:** “Mediante ecuaciones matemáticas podemos relacionar las variables con los parámetros, para mostrar su comportamiento dentro de un componente o entre componentes” (Cabascango, 2011).
- **Restricciones:** Son las limitaciones que pueden ser:
 - **Naturales:** “Son las que físicamente no pueden violarse, es decir, se debe a las leyes inalterables de la naturaleza” (Cabascango, 2011).
 - **Auto impuestas:** “Limitaciones que se impone el hombre, para acotar el estudio incluyendo las hipótesis” (Cabascango, 2011).

1.13. Fases para un Estudio de Simulación

“Con el fin de realizar la Simulación se deben tener en cuenta las siguientes fases”: (Forte, 2005).

1.13.1. Definición del problema.

La representación de un Sistema podría ser muy difícil de comprender y a un alto costo. Es por ello que se debe definir el problema a tratar y por ende la formulación de un objetivo, esto con el fin de crear un modelo que permita la solución de dicho problema.

1.13.2. Formulación del objetivo.

Los objetivos suelen ser una guía en la realización de los proyectos, por tal razón, la Simulación sin la definición de un objetivo no tendría utilidad alguna, ya que el mismo sería la base para la representación del Sistema. El objetivo determina qué suposiciones pueden ser hechas, qué tipo de información y qué cantidad de datos deben ser recopilados. (Forte, 2005).

1.13.3. Descripción del sistema.

Sin importar que tipo de Modelo sea se tiene que definir claramente los elementos que componen el Modelo, es decir, los recursos, las rutas de procesos, entre otros. Por lo tanto, la correcta representación del sistema en un modelo siempre nos dará una adecuada interpretación de realidad. (Forte, 2005).

1.13.4. Enumerar las posibles soluciones.

Es de vital importancia tener en cuenta en los estudios de Simulación las posibles soluciones que se puedan llegar a presentar para que el Modelo funcione.

1.13.5. Recolección de datos.

Se hace necesario la recopilación de información que permita el ingreso de los parámetros de entrada al modelo, esta fase es una de las que más requiere tiempo y debe hacerse de forma responsable, porque de la misma depende el éxito de los resultados.

1.13.6. Diseño del modelo de simulación.

El modelo de simulación se diseña teniendo principalmente los objetivos de partida en mente. Se construye por fases, comprobando cada una de ellas para trabajar correctamente antes de proceder a la siguiente. Ejecutando y controlado el ajuste de cada fase, podremos hacer varios modelos del mismo sistema, así, por lo tanto, se podrán contemplar diferentes niveles de pruebas con el modelo. (Forte, 2005).

1.13.7. Verificación y validación del modelo.

La verificación determina si el modelo funciona como queremos y la validación es más extensa. Implica la determinación de si el modelo es una representación correcta de realidad y la determinación del nivel de confianza que puede ser establecida en los resultados del modelo. (Forte, 2005).

1.13.8. Experimentación de alternativas.

Para la realización de Simulaciones se hace uso de estadísticas, por lo tanto, se deben evaluar distintos escenarios.

1.13.9. Análisis de soluciones.

En esta última fase es donde se analizan y estudian cada uno de los resultados obtenidos a través de las corridas del Modelo, con el fin de obtener las distintas soluciones con referencia al objetivo trazado al principio del Modelo.

1.14. Software de Simulación Flexsim

1.14.1. Descripción general.

El software de Simulación Flexsim es un programa de simulación orientado a objetos, basado en el sistema de simulación de eventos discretos, para construir modelos que pueden ayudar a visualizar flujos de procesos para optimizar “throughput” y minimizar gastos operativos. Flexsim suministra a los usuarios una interfaz gráfica de usuario (GUI - graphical user interface) amena e intuitiva para visualizar, modelar y simular flujos de procesos usando el modo de tomar y arrastrar

objetos en un ambiente tridimensional. Además, está disponible un análisis estadístico con detenimiento, de rendimientos de procesos, cuellos de botella y “throughput”. (Hernández, 2011).

1.14.2. Características del software flexsim.

Flexsim es un software que posee un ambiente orientado a objetos para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear actividades y sistemas con procesos de flujo dinámico (Montolivo, 2010). Flexsim es una completa serie de herramientas para desarrollar y compilar aplicaciones de Simulación. El ambiente Flexsim está completamente con el compilador C++ usando Flex script (una librería de funciones de C++ precompiladas) o C++ directamente. Toda la animación es diseñada en OpenGL, contando con una increíble animación. La animación puede ser vista en 2D, 3D. Todas las vistas pueden ser mostradas concurrentemente mientras el modelo es desarrollado o en la fase de corridas de éste. Las siguientes son algunas de las características que lo definen como una excelente alternativa para el modelado, Simulación visualización de procesos (Alzate, 2015):

- **Modelado:** Flexsim permite utilizar objetos altamente desarrollados y parametrizados que representan procesos y colas. Para el uso de un objeto, basta arrastrarlo y moverlo desde la librería de objetos a la vista del modelo. Cada objeto tiene una localización en el espacio (x, y, z), una velocidad, rotación y un comportamiento específico en el tiempo; estos objetos pueden crearse, destruirse y moverse entre ellos. Hay tres características principales en el modelamiento en Flexsim, estas son (Erilkin, 2005):
 - **Herencia:** “Permite el uso de las características de herencia de Microsoft Visual C++, como por ejemplo en el uso de herencia al momento de construir objetos propios partiendo de los objetos bases” (Erilkin, 2005).
 - **Modificación para usos específicos:** Virtualmente todo aspecto del Software está abierto para su modificación por parte del usuario. Los objetos, vistas, interfaces, menús, parámetros de los objetos, etc., son por nombrar algunas de las características que se pueden modificar cuando sea necesario. Además, todo objeto que se modifica o que se ha creado completamente nuevo, puede y será agregado a las librerías de manera que puedan ser usados las veces que se requiera. La creación o modificación de objetos se hace a través del lenguaje C++, el cual

controla el comportamiento de los objetos; mientras que la apariencia, interface, botones, menús, etc., se controlan por Flex script, una librería de C++ pre-compilada. (Erilkin, 2005).

- **Intercambiabilidad:** “Los objetos se pueden cambiar entre usuarios, librerías y modelos, lo que en conjunto con la característica del punto anterior acelera el proceso de modelado”. (Erilkin, 2005)
- **Simulación:** Flexsim cuenta con un motor de Simulación muy rápido, que permite ejecutar enormes cantidades de eventos en un corto periodo de tiempo. El motor de Flexsim controla la Simulación y visualización del modelo, por lo que, si se necesita más rapidez, ésta se puede obtener desactivando la visualización. Flexsim está equipado con una opción de experimentación que permite simular escenarios del tipo “what if”. Los escenarios se corren automáticamente y los resultados se guardan en reportes, tablas y gráficos. Se puede analizar el desempeño de cada escenario por un número de indicadores que pre-define el usuario, como utilización, throughput, costos, etc. Los resultados pueden ser fácilmente exportados a otras aplicaciones como MS Word y Excel. (Erilkin, 2005).
- **Visualización:** Visualización. Flexsim cuenta con animación de realidad virtual en la visualización de los modelos. El Software utiliza la última tecnología en gráficos de realidad virtual de juegos de computador. Además, Flexsim permite la importación de un amplio rango de formatos de modelos 3D para uso en el modelado. (Erilkin, 2005).

1.14.3. Terminología de flexsim.

- **Objeto.** Son los componentes que se encuentran en la librería de objetos del programa. Estos representan recursos, colas y acumuladores estadísticos del modelo de Simulación. Para su uso en el modelo, sólo basta con arrastrarlo y soltarlo desde la librería de objetos hacia la vista del modelo. (Alzate, 2015).
- **Flowitem.** Son objetos que se mueven a través del modelo. Estos son las entidades que circulan en el modelo, pueden ser partes, piezas, productos en procesos, personas, troncos, etc. Los flowitem (entidades) las generan los objetos Source y son desechados en los objetos Sink. Los flowitems pueden ser objetos de procesos y pueden ser transportados por recursos de transporte. (Alzate, 2015).

- **Itemtype.** Es una etiqueta que llevan los flowitem, que representan una característica de él. Son atributos que diferencian entre entidades (etiquetas que diferencian entre itemtypes). Flexsim usa estos atributos como referencia al momento de diferenciar entre los procesos, rutas o comportamientos que deben ser usados en diferentes tipos de entidades. (Alzate, 2015).
- **Puertos.** “Todo objeto de Flexsim tiene un número ilimitado de puertos a través de los que se puede comunicar con otros objetos. Hay tres tipos de puertos: Entradas, salidas y puertos centrales” (Alzate, 2015).
- **Model Views.** “Se refiere a los tipos de vista del modelo creado, esta puede ser ortográfica o perspectiva, planear y una especial llamada vista de árbol. El modelo se puede crear y modificar en cualquiera de las vistas” (Alzate, 2015).

1.15. La Simulación en Flexsim

Para poder comprender la realidad y la complejidad que un sistema puede conllevar, ha sido necesario construir artificialmente objetos y experimentar con ellos dinámicamente antes de interactuar con el sistema real. La simulación por computadora puede verse como el equivalente computarizado a ese tipo de experimentación. Para lo cual es necesario construir modelos que representen la realidad de tales modelos que puedan ser interpretados por un ordenador. Las operaciones, procesos o servicios de varias clases que existen en el mundo real (o de forma hipotética) son generalmente llamados sistemas y para estudiarlos de forma científica frecuentemente se hace un conjunto de suposiciones acerca de cómo éstos trabajan. Estas suposiciones, que generalmente toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas constituyen un modelo que es usado para intentar ganar un entendimiento de cómo se comporta el sistema correspondiente. (Marmolejo, Santana, Macías, & Mayorga, 2013).

Si las relaciones que componen el modelo son bastante simples, puede ser posible usar métodos matemáticos (tales como, cálculo o teoría de probabilidad) para obtener información exacta en cuestiones de interés, a esto se le llama solución analítica. Sin embargo, la mayoría de los sistemas reales son complejos, por lo que deben ser estudiados por medio de simulación para permitir que estos modelos sean realistas y puedan ser evaluados de forma analítica. Las áreas de aplicación de la simulación son numerosas y diversas; es usual encontrar aplicaciones

en ingeniería, economía, medicina, biología, ecología o ciencias sociales. El uso de la simulación en la evaluación de un sistema productivo en un ambiente virtual, con la intención de lograr la máxima eficiencia en los sistemas de producción, minimizar costos, mejorar la calidad, reducir el lapso de tiempo entre la fabricación y la entrega de los productos al cliente, proyectar escenarios catastróficos y extremos. Así como la aplicación de alternativas educativas para la formación de personal en diferentes áreas de una organización, estudiantes, catedráticos e investigadores (Marmolejo, Santana, Macías, & Mayorga, 2013).

Y, por otro lado, se encuentra Almacenes Éxito ubicado en la Carrera 25 # 23-49 (Ver Figura 14).

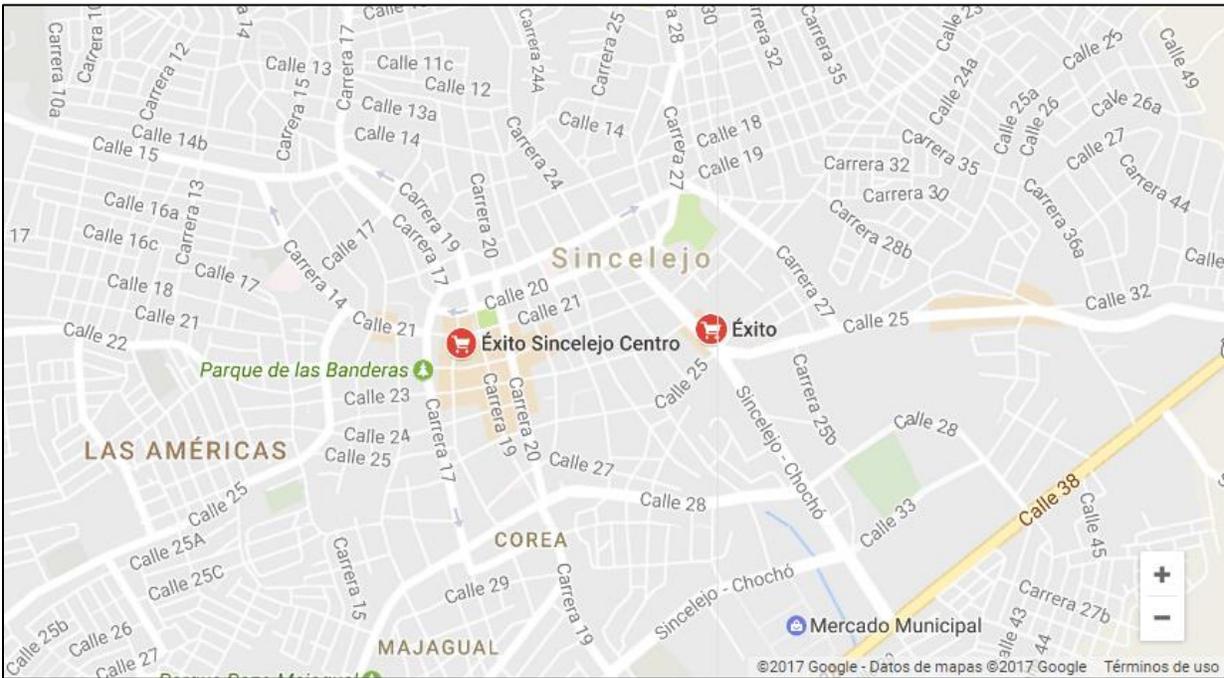


Figura 14. Ubicación Satelital de Almacén Éxito

Fuente: Google Maps.

Se realizaron las respectivas visitas a estas instalaciones, los datos obtenidos al final del día fueron los siguientes:

Tabla 2

Demanda Anual de Productos Similares en los principales Almacenes de Cadena

Demanda anual de productos similares en los principales almacenes de Cadena		
Producto	Almacenes SAO	Almacenes Éxito
Chorizo Cervecero	8.300 unidades mensuales	11.500 unidades mensuales
Jamón Lonchado Zenu	9.100 unidades mensuales	10.000 unidades mensuales
Chorizo de cerdo	12.000 unidades mensuales	8.400 unidades mensuales

Información obtenida de las visitas a los Almacenes (Fuente: Elaboración Propia).

Esta información es el resultado de la Encuesta Verbal aplicada a los Operarios de Ventas (Margarita Paternina – SAO) y (Alfredo Fuentes – Éxito), los cuales fueron muy amables al facilitar la información expuesta en la Tabla Anterior.

2.1.1. Demanda para la Planta de Jamón Curado

Para estimar la Demanda de la Planta Procesadora de Jamón Curado, en base a la teoría planteada anteriormente, el mayor número de unidades vendidas al año, esto con el fin garantizar cubrir la totalidad de la posible demanda, de acuerdo al producto objeto de estudio. Para lo cual, se tienen 10.000 unidades mensuales.

2.2. Caracterización de los Procesos

Dentro del contenido de este capítulo se encontrará lo referente a la caracterización de los procesos propios de la planta, las áreas o departamentos conformados, las máquinas y equipos necesarios para el proceso de producción, el manejo y los flujos de materiales dentro de las instalaciones. Todo esto representado por medio de las matrices, flujogramas, diagramas entre otras herramientas más que servirán para describir cada uno de los procedimientos en particular.

2.3. Diagramas

2.3.1. Diagrama de operaciones para elaborar un jamón curado.

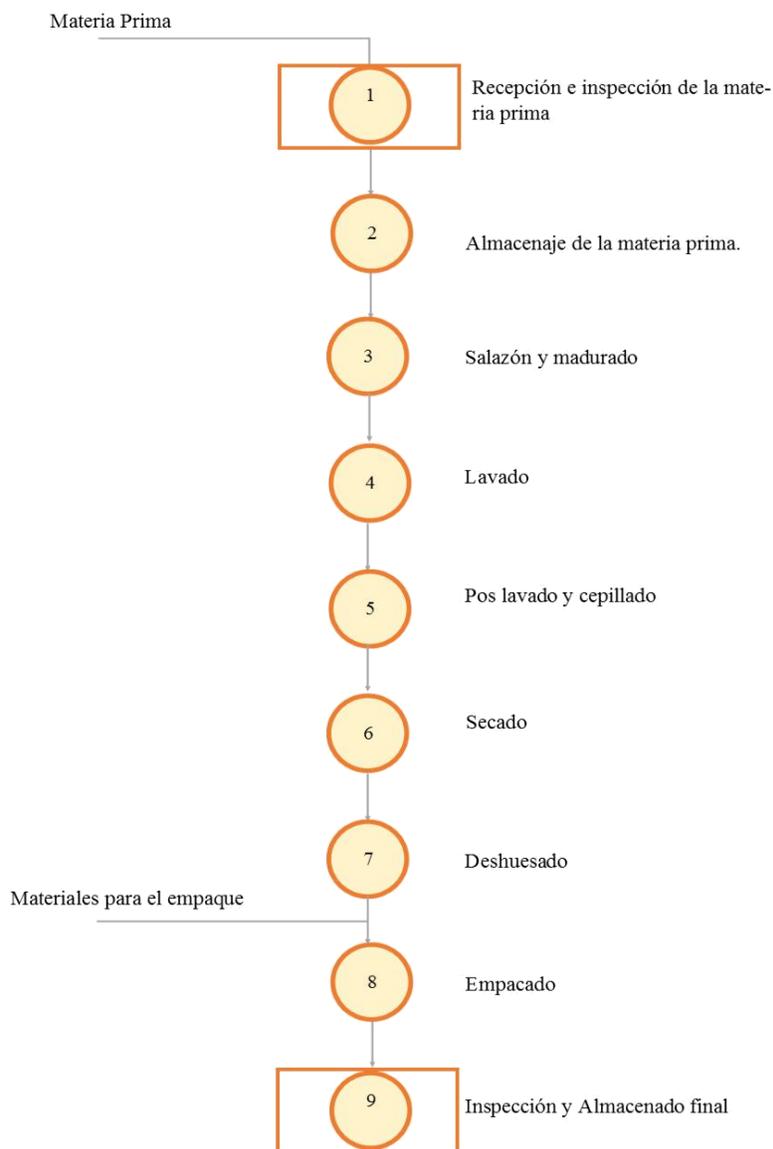


Figura 15. Diagrama de operaciones para el jamón curado

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. Diagrama de flujo para la elaboración de un jamón curado.

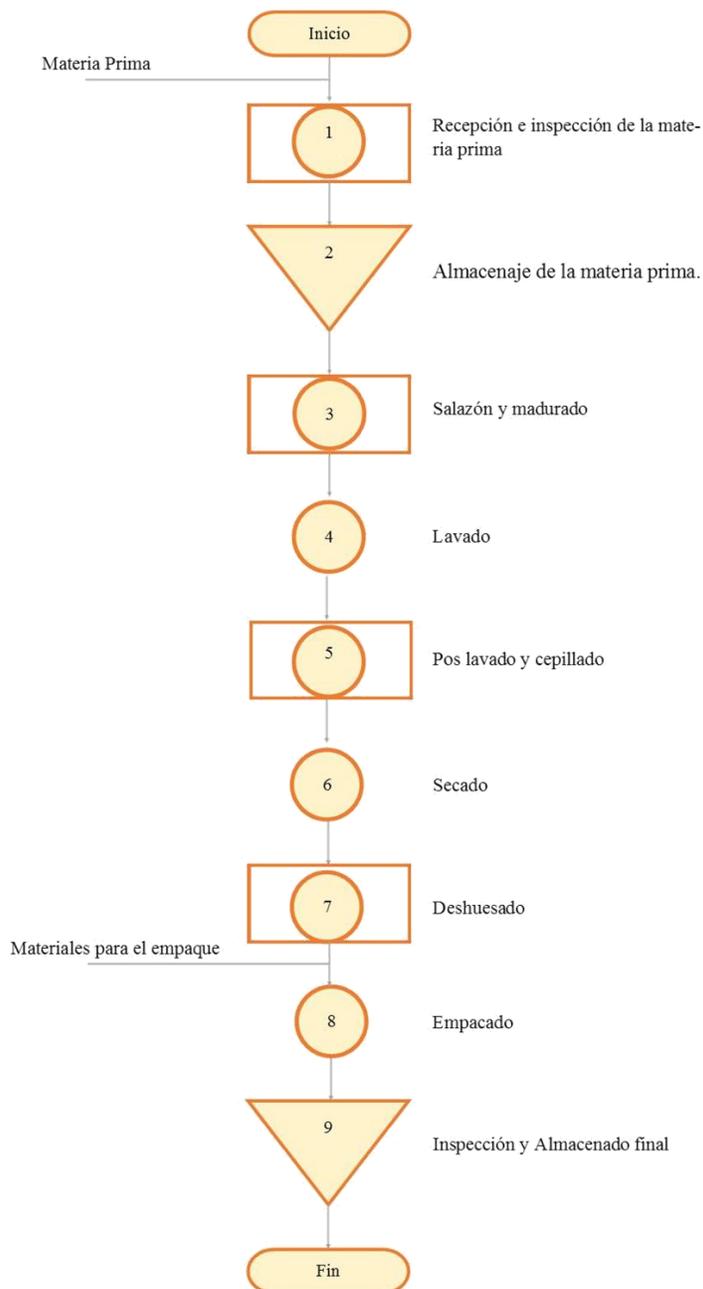


Figura 16: Diagrama de Flujo para el jamón Curado

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3. Tabla de proceso en el diagrama de flujo.

Tabla 3

Tipos de proceso en el diagrama de flujo

N°	Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenaje	Combinada
1	Recepción e inspección						○
2	Almacenaje					○	
3	Salazón y madurado						○
4	Lavado	○					
5	Pos lavado y cepillado						○
6	Secado	○					
7	Deshuesado						○
8	Empaquetado	○					
9	Almacenaje					○	

Información obtenida en base al diagrama de Flujo. (Fuente: Elaboración Propia)

2.3.4. Carta de flujo de procesos.

A continuación, se nos presenta la carta de flujo de procesos donde encontraremos más detalladamente un análisis de cada operación, almacenamiento e inspección, de igual forma se exponen los tiempos de duración y las observaciones correspondientes, todo esto con el fin de identificar y relacionar todas las actividades inmersas en la fabricación del jamón curado.

Tabla 4
Carta de Flujo de Procesos

Proceso para la Elaboración del Jamón Curado				
Pág. 1 de 1	Método Actual: X	Método Propuesto	Fecha: 03 – 01- 2017	
Ubicación:				
Total:	Operaciones: 4	Inspecciones:	Combinadas: 3	Almacenaje: 2
Operación	Símbolo	Tiempo (min)	Observaciones	
Recepción e inspección		1	Se verifica si la materia prima es la adecuada.	
Almacenaje				
Salazón y Madurado		1,55	La salazón dura 0,5 por pieza y el madurado 1,05.	
Lavado		0,5		
Pos lavado y cepillado		0,5		
Secado		1,05		
Deshuesado		1,5		
Empaquetado		0,16	Se empaca de acuerdo a lo estipulado.	
Almacenaje				

Información obtenida de la elaboración de la Tabla de Procesos (Fuente: Elaboración Propia).

2.3.5. Descripción de las Actividades.

2.3.5.1. *Materia prima e ingredientes.*

La cantidad de grasa y el peso del jamón constituyen criterios que son utilizados en la selección de la materia prima y que determinan el tiempo de procesado del jamón. (...) El pH de la carne constituye otro parámetro importante que afecta a la maduración del jamón. En este sentido, la mayoría de autores recomiendan evitar aquellos jamones que posean un $> 6,2$, por razones de seguridad microbiológica. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

Para evitar problemas de aspecto la edad de los cerdos constituye un aspecto a tener en cuenta ya que puede afectar, entre otros, al color, a la cantidad de grasa, a la resistencia de los músculos a las tensiones del secado y a la actividad de los enzimas proteolíticos. Por otra parte, se ha demostrado que la carne con un elevado potencial proteolítico es menos adecuada para la elaboración de jamones curados, especialmente si se desea un bajo contenido salino. Para facilitar la selección de la materia prima, desarrollaron un método rápido de medida de la actividad de un enzima proteolítico, que parecen ser los principales responsables del desarrollo de texturas pastosas. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.3.5.2. *Inspección.*

Se verifica si la materia prima cumple con las especificaciones requeridas.

2.3.5.3. *Almacenamiento.*

Se debe almacenar la materia prima en los sitios correspondiente que cumplan con a las especificaciones necesarias para que se encuentren en buen estado.

2.3.5.4. *Salazón o salado.*

Para facilitar la penetración de la sal, eliminar la sangre presente y moldear el jamón se efectúa un masaje junto con una mezcla que contiene sal, nitrato, nitrito, ascorbato y azúcares. El masaje, si bien puede hacerse manualmente, suele realizarse con máquinas continuas o en bombos. Con ello se aumenta la superficie de absorción y se favorece la penetración de la sal. Así mismo,

el prensado de las piezas es recomendable ya que disminuye el espesor y facilita la penetración de la sal hasta los músculos más internos. El recubrimiento con sal debe realizarse tan pronto como la temperatura alcance un valor entre 1 y 3 °C, ya que con ello se logra inhibir el crecimiento de bacterias indeseables y disminuir el porcentaje de calas. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.3.5.5. Lavado, pos lavado y cepillado.

Antiguamente, los jamones eran desalados mediante inmersión en agua corriente para eliminar el exceso de sal adquirido durante el largo periodo de salazón. Sin embargo, actualmente al poder mantener una temperatura entre 1 y 5 °C durante la fase de estabilización, se ha logrado disminuir la cantidad de sal añadida y en la elaboración industrial de los jamones el lavado se realiza para eliminar el exceso de sal exterior y las impurezas que pudieran quedar procedentes de la sal de salazón. Por otra parte, los jamones italianos suelen lavarse después del reposo. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.3.5.6. Secado.

En la etapa de secado el jamón sigue deshidratándose y prosiguen los fenómenos de proteólisis y lipólisis que condicionan el aroma. Es frecuente aplicar una fina capa de grasa que permita evitar el agrietado, el encortezado, la coquera y frenar el crecimiento de ácaros. Esta aplicación de grasa puede estar precedida de un lavado y secado de la superficie. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.3.5.7. Deshuesado.

Cuando pensamos en Jamones Deshuesados siempre pensamos en el jamón sin pata, para cortar en la máquina loncheadora, pero no es del todo cierto, ya que los jamones se pueden deshuesar parcialmente, ofreciendo la comodidad de un jamón deshuesado y la apariencia de un jamón con pata, para facilitar el corte en una jamonera a consumidores poco expertos en el corte del jamón a mano, sin los inconvenientes y dificultad que entraña hacerlo con un jamón con hueso, otro de los beneficios de los Jamones Deshuesados Parcialmente es que también se pueden cortar en la máquina loncheadora. (Jamones deshuesados, 2016).

2.3.5.8. *Empaquetado.*

El envasado al vacío presenta ventajas de aprovechamiento de la pieza, facilidad de lonchado, homogeneización de la textura del jamón y evita problemas de ácaros o un secado excesivo. Si el jamón permanece mucho tiempo envasado al vacío pueden desarrollarse notas desagradables, por lo que en estos casos sería preferible congelarlo envasado al vacío. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.3.5.9. *Almacenamiento del producto en bodega.*

Después de los anteriores procesos se procede almacenar el producto en la bodega con las especificaciones requeridas.

Como puede verse el jamón curado sigue un proceso tradicional en que las características de la materia prima condicionan los procesos tecnológicos. A lo largo de estas últimas décadas se ha alcanzado un nivel de conocimientos que permite elaborar jamones con muy poco riesgo microbiológico para el consumidor. Los estudios sobre la maduración deberían permitir en un futuro obtener jamones curados con un aspecto, textura y sabor que pudieran ser predichos a partir de unos parámetros objetivos de la materia prima y del proceso de elaboración. (Monfort, Arboix, & Centro Tecnología de la Carne (IRTA), 1998).

2.4. Equipos del Proceso Productivo

A continuación, se enuncian los equipos necesarios para el proceso productivo del jamón curado.

2.4.1. Recuperador de Sal

El sistema de esta máquina convierte en una operación rentable, higiénica y sencilla el salado. La reducción en el coste del manejo de la sal y de la formación de las pilas evitando tiempos innecesarios de mano de obra ha sido posible gracias a su diseño. La re-utilización total de la sal rentabiliza esta fase a la vez que podemos salar de inmediato repitiendo el ciclo productivo con la misma máquina (Industrias Fac, 2012).



Figura 17. Recuperador de sal – NDR – BS - 1000 **Fuente:** (Industrias Fac, 2012)

Tabla 5
 Características Recuperador de Sal - NDR-BD-1000

Características Recuperador de Sal - NDR-BS-1000	
Largo:	4.500 mm.
Ancho:	2.000 mm
Alto:	1.850 mm.
Peso:	1.400 kg.
Potencia:	12 C.V.
Consumo eléctrico:	9 kW.
Potencia vibradora:	1,5 kW.
Pot. Motor transp.:	2 x 2,25 kW.

Pot. Grupo hidráulico:	3 kW.
Capacidad Total:	1.500 kg.
Producción	600 piezas/h.

Datos obtenidos del Manual de la Máquina. (Fuente: (Industrias Fac, 2012))

2.4.2. Lavadora - cepilladora de jamones

Esta máquina nos permite realizar el lavado de los jamones después del proceso de salazón. También nos permite gracias a su sistema de cepillado eliminar los mohos y bacterias después del proceso de curación. Se combina un sistema de agua a presión con un buen cepillado y una fase final de aclarado consiguen una limpieza óptima para la posterior comercialización o bien para la fase de deshuese y lonchado del jamón (Industrias Fac, 2012).



Figura 18. Lavadora - Cepilladora de Jamones Lavafac – 600

Fuente: (Industrias Fac, 2012).

Tabla 6*Características Lavadora - Cepilladora de Jamones Lavafac-600*

Características Lavadora - Cepilladora de Jamones Lavafac-600	
Largo:	2.020 mm.
Ancho:	1.140 mm.
Alto:	1.530 mm.
Peso:	790 kg.
Potencia:	8 C.V.
Consumo eléctrico:	5,92 kW.
Pot. Motor transp.:	0,4 kW.
Pot. Bomba lavada:	4 KW.
Presión lavada:	3 kg/cm ²
Consumo agua:	1000 lts/h.
Ø entrada agua:	1”
Producción	600 piezas/h.

Datos obtenidos del Manual de la Máquina. (Fuente: (Industrias Fac, 2012).

2.4.3. Puesto de deshuese - PD

El deshuese de jamones y paletas curados es una operación que se ha de realizar por operarios cualificados lo que supone un incremento importante de los costes de fabricación. (Fac, 2010).

Los operarios depositan manualmente los jamones sobre las mesas de trabajo. Estas consisten en una plataforma específica con una fijación neumática para la sujeción de la pieza mientras se procede al deshuesado. En cada puesto de trabajo existen dos soportes para sacos para la recogida de huesos y cortezas, así como un soporte para los cuchillos. (Industrias Fac, 2012).



Figura 19. Puesto de deshuese - PD

Fuente: (Industrias Fac, 2012)

Tabla 7

Características Puesto de deshuese - PD

Características Puesto de deshuese - PD	
Largo:	830 mm.
Ancho:	800 mm.
Alto:	900 mm.
Peso:	40Kg.
Consumo aire:	0,5 lts/min.
Presión aire comp.:	6 kg/cm ²

Datos obtenidos de la ficha técnica del Puesto de deshuese (Fuente: (Fac, 2010))

2.4.4. Empacadora automática de jamón.

El específico diseño de su sistema de alto rendimiento en continuo facilita esta operación evitando la manipulación del producto con el consiguiente ahorro de tiempo y mano de obra (Industrias Fac, 2012).



Figura 20. Empacadora automática de jamón

Fuente: (Industrias Fac, 2012)

Tabla 8

Características Empacadora automática de Jamón

Características Empacadora automática de jamón	
Largo:	1800 mm.
Ancho:	1680 mm.
Alto:	1600 mm.
Peso:	650Kg.
Consumo eléctrico:	0,18 Kw.
Consumo aire:	95 lts/min.
Presión aire comp.:	6 kg/cm ²
Producción	600 piezas/h.

Datos obtenidos del Manual de la Máquina. (Fuente: (Industrias Fac, 2012).

2.4.5. Cinta transportadora extensible

Compuesto por módulos envolventes con pista para deslizamiento de la banda, 1 base fija y varios envolventes extensibles. Base fija consta de una envolvente con guías para deslizamiento de la extensión, equipo motriz con motor reductor y transmisión para la banda transportadora de PVC, equipo motriz con transmisión para el envolvente extensible, tambores de retorno y guía de la banda, pies de apoyo para la fijación al piso. Los envolventes extensibles son chasis con pista de deslizamiento, rodillos de apoyo y retorno para la banda. La base y la primera extensión están dotadas del equipo motriz para accionar la primera y segunda extensión respectivamente. Cada extensión está dotada de un pie de apoyo neumático (Industrias Fac, 2012)



Figura 21. Cinta Transportadora Extensible

Fuente. (Industrias Fac, 2012)

Tabla 9*Características Cinta Transportadora Extensible*

Datos obtenidos del Manual de la Máquina. (Fuente: (Industrias Fac, 2012).

Características Cinta Transportadora Extensible	
Largo	6000 mm.
Ancho:	800 mm.
Alto:	900 mm.
Peso:	1600 Kg.
Consumo eléctrico:	2,5 Kw.
Consumo aire:	0-500 lts/h
Presión aire:	6 kg/cm ²

2.5. Características de las Máquinas**Tabla 10***Características de las Maquinas*

Máquina	Capacidad/Hora	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)
Recuperador de Sal	600	4.500	2.000	1.850	1.400
Lavadora – Cepilladora	600	2.020	1.140	1.530	790
Prensa	120	4.300	1.020	2.050	2.8050
Empacadora Automatica	600	1.800	1.680	1.600	650
Cinta Transportadora	6.000	14.000	800	900	1.600

Información recopilada en base a las tablas de caracterización de la maquinaria (Fuente: Elaboración Propia).

2.6. Diagrama de Máquinas

A continuación, se muestra la secuencia de todas las máquinas que intervienen en el proceso de elaboración del Jamón Curado:



Figura 22. Diagrama de las Máquinas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

Proceso General de las Máquinas

Proceso General de las maquinas	
1.	Salazón y Pos-salado
2.	Lavado
3.	Pos-lavado y cepillado.
4.	Deshuesado
5.	Empacado.
6.	Almacenado final.

Información obtenida del Diagrama de Flujo. (Fuente: Elaboración Propia).

2.7. Necesidades del Proceso Productivo

2.7.1. Materiales.

- Medidor de pH y temperatura



Figura 23. Medidor de pH y Temperatura

Fuente: (PCE Iberica Instrumentación, 1999)

- Palet Inox para Jamones



Figura 24. Palet para Jamones

Fuente. (Equipamiento Industrial Alimentaria, 2010).

- Contenedores Volcables para el Proceso de Salado



Figura 25. Contenedor Volcable de 300L.

Fuente: (Industrias Fac, 2012).

- Carretillas para Jamones deshuesados



Figura 26. Carretilla para Jamones deshuesados de 128 ganchos

Fuente: (Industrias Fac, 2012)

- Mesas de Trabajo



Figura 27. Mesas para Despiece con cortadores de Polietileno

Fuente: (Industrias Fac, 2012).

- Cuchillos



Figura 28. Cuchillos para el Corte de Jamón Curado

Fuente: (Jamones de Extremadura, 2015)

- Afiladores



Figura 29. Afiladores de Jamón Curado

Fuente: (Jamones de Extremadura, 2015)

2.8. Balanceamiento en Línea

Para realizar el balanceamiento en línea se tiene en cuenta que la demanda anual es de 120.000 unidades, a partir de cálculos se infiere que se necesita una producción diaria de 339 unidades, debido a que la empresa trabajara 355 días al año con un horario de ocho horas diarias, de lo que se tiene también la producción de 43 piezas por hora.

Tabla 12

Datos para el Balance

N°	Operación	Min/Unidad
1	Recepción e inspección	1
2	Salado	0,5
3	Madurado	1,05
4	Lavado	0,5
5	Pos Lavado y cepillado	0,5
6	Secado	1,05
7	Deshuesado	1,5
8	Empaquetado	0,16

Datos obtenidos para el Balanceamiento en Línea. (Fuente: Elaboración Propia).

2.8.1. Recepción e inspección

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{1 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 480 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{480 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,70625$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.2. Salado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{0,5 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 960 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{960 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,353125$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.3. Madurado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{1,05 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 457 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{457 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,7415625$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.4. Lavado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{0,5 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 960 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{960 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,353125$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.5. Post Lavado y Cepillado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{0,5 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 960 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{960 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,353125$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.6. Secado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{1,05 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 457 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{457 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,7415625$$

$$\text{Dato indice de balance} = 1$$

2.8.7. Deshuesado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{1,5 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 320 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{320 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 1,059375$$

$$\text{Dato indice de balance} = 2$$

2.8.8. Empaquetado

$$\text{Produccion real} = \frac{\frac{480 \text{ Minutos}}{\text{Dia}}}{\frac{0,16 \text{ Minuto}}{\text{Unidad}}} = 3000 \text{ Unid/dia}$$

$$\text{Dato el indice de balance} = \frac{\frac{339 \text{ Unidades}}{\text{dia}}}{\frac{3000 \text{ Unidades}}{\text{dia}}} = 0,113$$

$$\text{Dato indice de balance} = 2$$

Tabla 13
Cantidad de Máquinas por Operación

N°	Operación	Cantidad de maquinas
1	Recepción e inspección	1
2	Salado	1
3	Lavado	1
4	Post – Lavado y Cepillado	1
6	Deshuesado	2
7	Empaquetado	1

Datos obtenidos del balanceamiento en Línea (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 14
Número de Operarios

NÚMERO DE OPERARIOS			
Operación	Tiempo por producción estándar	Tiempo de espera	Estándar Permitido
1	1	0,5	1,5
2	0,5	1	1,5
3	1,05	0,45	1,5
4	0,5	1	1,5
5	1,05	0,45	1,5
6	1,5	0	1,5
7	0,16	1,34	1,5
Total	5,76	4,74	10,5

Información sobre el número de operarios requeridos en cada estación de trabajo (Fuente: Elaboración Propia)

$$\text{N}^\circ \text{ de Operarios} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Tiempo Disponible}} = \frac{\text{TCiclo}}{E} (\text{Rendimiento del trabajo})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Operarios} = \frac{399 \text{ unid/día}}{480 \text{ min/día}} * \frac{5,76}{95\%}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Operarios} = 4,2698 = 5 \frac{\text{trabajadores}}{\text{día}}$$

Tiempo de ciclo	5,76
Número de Operarios	4,269
Eficiencia de la línea	48%

2.8.9. Análisis del Balance

Después de realizar los cálculos para el balanceamiento en línea se tiene que, para la Planta Procesadora de Jamón Curado, en el proceso de deshuesado necesita dos máquinas para completar la producción diaria requerida, sin embargo, en las otras estaciones de trabajo solo necesitará una máquina para desarrollar el proceso productivo. En relación con los trabajadores el balance dio como resultado a 5 trabajadores por día en el área productiva, esto podría ser debido a que las máquinas que se utilizan son automatizadas y su rendimiento es casi que óptimo.

Capítulo 3

3. Diseño de Distribución en Planta

En el presente capítulo se estudiará todo lo concerniente a la ordenación física de todos los elementos relacionados con la elaboración del producto dentro de la fábrica, haciendo alusión a conceptos propios de la Distribución en Planta tema central de nuestra investigación, tales como Diagrama de relación de actividades, hoja de trabajo, patrones de la distribución en bloques, disposición final de la distribución en planta y por último obtendremos el Layout de la planta.

Lo anteriormente dicho se torna en un eje principal o guía en pro del desarrollo de actividades que llevarían a un mismo propósito, el diseño y modelamiento de la planta procesadora de jamón curado con sus respectiva configuración o balances de líneas de producción y todo lo concerniente a estas, el espacio que ocuparía cada máquina, el requerido para que un operario trabaje, el de los pasillos, el área de trabajo para un determinado departamento, el flujo de materiales dentro del sistema, las áreas complementarias como lo son: la cafetería, las oficinas administrativas, sala de espera, recepción, enfermería, salón de aseo, unidades sanitarias y sala de juntas.

La ingeniería de diseño implica la ordenación de espacios para los diferentes fines: movimiento de material, almacenamiento, trabajadores indirectos y otras actividades y servicios y para el equipo de trabajo y personal de taller. Mediante la distribución en planta se pretende la ordenación de todas las áreas y equipos de la industria. Las operaciones del proceso se agrupan en distintas áreas según las actividades que se van a desarrollar en cada una de ellas. (Piñol, 2010).

3.1. Diagrama de Relaciones

En primera instancia se debe relacionar la cercanía de cada departamento dentro del área de producción, para así poder determinar qué tan cerca debe estar un departamento del otro; especificando la razón de tal requerimiento. Esto lo podemos observar en la siguiente figura:

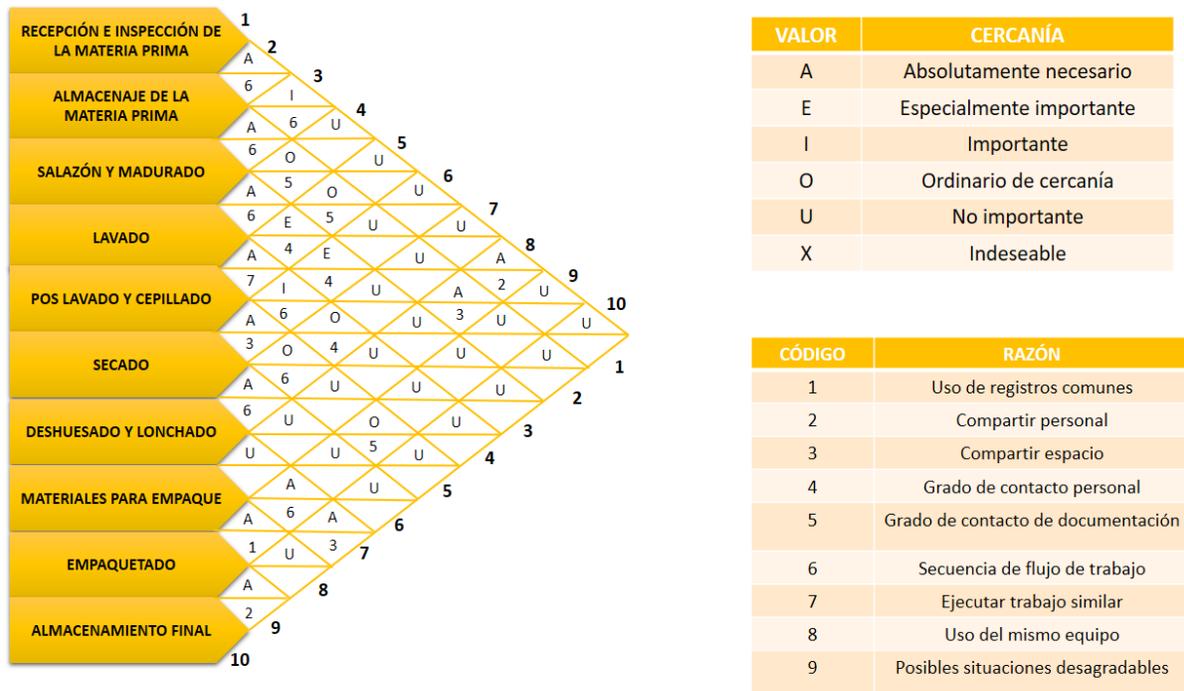


Figura 30. Diagrama de Relaciones

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Hoja de Trabajo

Se organizó los datos obtenidos del diagrama de relaciones de acuerdo al grado de vinculación. Identificando así los requerimientos de cercanía para cada área

Tabla 15
Hoja de Trabajo

	ÁREA DE ACTIVIDAD	GRADO DE VINCULACIÓN					
		A	E	I	O	U	X
1	Recepción	2,8	-	3	-	4,5,6,7,9,10	-
2	Almacenamiento	1,3,8	-	-	4,5	6,7,9,10	-
3	Salazón	2,4	5,6	1	-	6,7,9,10	-
4	Lavado	3,5	-	6	2,7	1,8,9,10	-
5	Pos lavado	4,6	3	-	2,7,9	1,8,10	-
6	Secado	5,7	3	4	-	1,2,8,9,10	-
7	Deshuesado	6,9,10	-	-	5,4	1,2,3,8	-
8	Material de empaque	1,2,9	-	-	-	3,4,5,6,7,10	-
9	Empaquetado	8,7,10	-	-	5	1,2,3,4,6	-
10	Almacenamiento	9,7	-	-	-	8,6,5,4,3,2,1	-

Datos obtenidos del diagrama de Relaciones (Fuente: Elaboración Propia).

3.3. Patrones de la distribución en Bloques

De acuerdo al grado de vinculación que se determinó para cada zona de trabajo con anterioridad, se procedió a la organización física del área de producción de la planta arrojándonos una distribución de la siguiente forma.

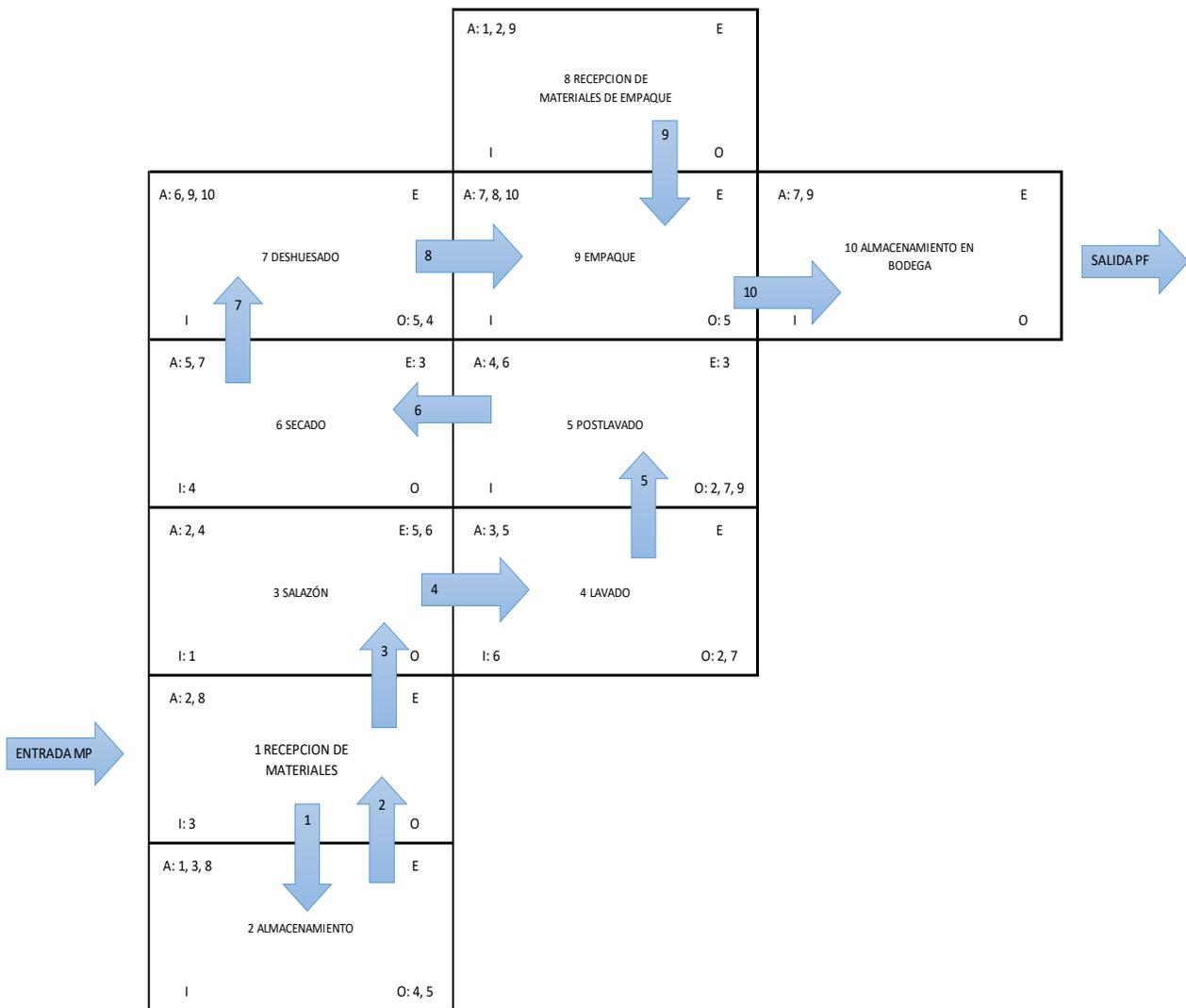


Figura 31. Patrones de la Distribución en Bloque

Fuente. Elaboración Propia

3.4. Disposición Final de la Distribución en Planta

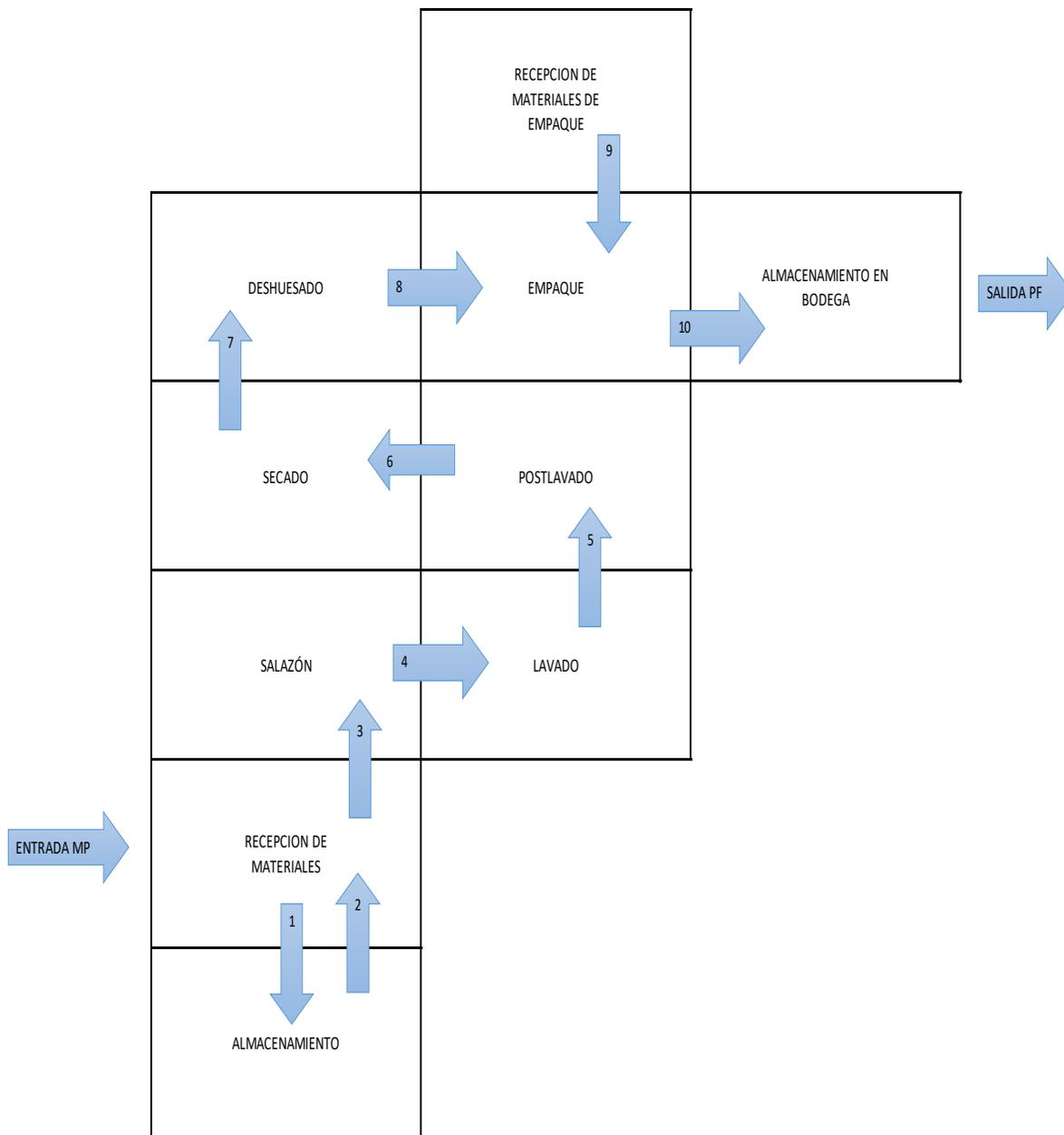


Figura 32. Disposición Final de la Distribución en Planta

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Layout de Planta

En esta sección se realizará el Layout o distribución en planta por procesos, esta implica un ordenamiento físico de los elementos considerados, este ordenamiento requiere espacio para movimientos de materiales, almacenamientos y procesos, además de las actividades de servicio relacionadas. (Sortino, 2001). Para la correcta Distribución de la Planta Procesadora de Jamón curado, se tuvo en cuenta las Leyes de Espacio de Muther, y las dimensiones de la maquinaria necesaria para el proceso productivo, con lo cual se logró determinar los cálculos de las dimensiones de cada área.

Tabla 16

Dimensiones de las áreas

Áreas	
Recepción de materiales	117,48 m ²
Almacenamiento 1	49,08 m ²
Salazón	210,8 m ²
Lavado	79,58 m ²
Pos lavado	93,41 m ²
Secado	96,59 m ²
Deshuesado	74,74 m ²
Empaquetado	59,94 m ²
Almacenamiento 2	31,9 m ²
Bodega	57,54 m ²
W.C operarios – lockers	60 m ²
Patio de descanso	88,3 m ²
Cafetería	10,28 m ²
Recepción principal	12,68 m ²
Lobby	15,37 m ²
Control	4,98 m ²
Sala de espera	9,75 m ²
Enfermería	11,41 m ²
Contador	10,06 m ²
Gerencia	10,84 m ²
Cuarto de aseo	7,28 m ²
Sala de juntas	38 m ²
W.C servicio	39,7 m ²
Parqueaderos visitantes (7)	118,87 m ²

Parqueadero recepción materiales	71,98 m ²
Parqueadero salida de materiales	73,77 m ²
Circulación	48,57 m ²

Datos obtenidos del Plano Arquitectónico. (Fuente: Elaboración Propia).

3.4.1. Recepción de Materiales

Para la llegada de la materia prima es necesario de una zona de recepción donde se hará el descargue de los jamones y la sal marina, donde se encontrará ubicado la máquina cinta transportadora extensible con unas dimensiones de 6 x 0,8 x 0,9 metros de ancho, largo y alto respetivamente; aplicando las leyes de espacio de Muther. Con una dimensión total de 117,48 m². (Ver Anexos).

3.4.2. Almacenamiento 1

En el área de almacenamiento 1 se encuentran ubicados los palet Inox para jamones, en los cuales se almacenará el jamón que se decepciona, teniendo unas dimensiones de 1,2 x 1 x 2 metros de ancho, largo y alto respectivamente. Con un área total de 49,08 m².

3.4.3. Salazón

En el área de Salazón se encuentra ubicada la máquina Recuperadora de Sal con unas dimensiones de 4,5 x 2 x 1,85 metros de largo, ancho y alto respectivamente; de igual manera los contenedores volcables 1,1 x 0,85 x 0,9 metros de largo, ancho y alto respectivamente. Con un área total de 210,8 m². (Ver Anexos).

3.4.4. Lavado y pos lavado

En estas áreas estará ubicada la lavadora – cepilladora de jamones la cual tiene unas dimensiones de 2 x 1,1 x 1.5 metros de largo, ancho y alto respectivamente, con un área total de 79,58 m² y 93,41 m². (Ver Anexos).

3.4.5. Secado

Para el proceso de curado del jamón se necesita de las carretillas de jamones, con unas dimensiones de 1,4 x 0,6 x 1,6 largo, ancho y alto respectivamente, con un área total de 96,59 m². (Ver Anexos).

3.4.6. Deshuesado

Para el deshuese de los jamones se hace necesario de dos Prensas en formato rectangular con unas dimensiones de 4,3 x 1 x 2 largo, ancho y alto respectivamente, con un área total de 74,74 m². (Ver Anexos).

3.4.7. Empaquetado

Luego de deshuese del jamón, se hace necesario el empaque del mismo al vacío, a través de la maquina Empacadora Automática de Jamón la cual cuenta con unas dimensiones de 1,8 x, 1,68 x 1,6 metros de alto, ancho y alto respectivamente. Con un área total de 59,94 m². (Ver Anexos).

3.4.8. Almacenamiento 2

El producto final debe ser almacenamiento bajo ciertas condiciones que garanticen las características organolépticas del mismo, por ende, se hace necesario un espacio con dichas condiciones. Con un área total de 31,1 m². (Ver Anexos).

3.4.9. Bodega

Se hace necesario disponer de un espacio donde se ejecuta el movimiento del producto final a los camiones de distribución comercial. Las dimensiones totales para esta área son 57,54 m². (Ver Anexos).

3.4.10. Áreas complementarias

Estas áreas hacen alusión a las zonas correspondientes que indirectamente participan y son necesarias en el proceso productivo, tales como lo son: las oficinas administrativas, baños, entre otros (Ver Anexos).

Capítulo 4

4. Modelamiento de la Planta Procesadora en el Software Flexsim

Haciendo uso de la herramienta tecnológica Flexsim se pudo simular los procesos productivos de la planta, previo a la obtención de los resultados se ejecutó una serie de tareas y cálculos que se hicieron necesarios para la estabilidad y acople del sistema en post de iterarlo con un comportamiento similar al de la realidad, en este capítulo detallaremos paso a paso como fue el camino hacia el modelamiento de la planta, los parámetros, las distribuciones estadísticas, y todo lo correspondiente a los datos de entrada del sistema, observaremos las diferentes configuraciones del modelo utilizado con el fin de proponer mejoras al mismo.

En ese mismo orden de ideas la simulación en un enfoque académico nos proporciona una serie de etapas para llevar a cabo la misma, teniendo en cuenta que estas etapas llevan consigo un orden consecutivo, donde una depende directamente de la otra. A continuación, se explicará de forma breve y concisa lo elaborado:

4.1. Definición del Problema

Como Ingenieros Industriales estamos llamados hacer el ente creativo en nuestra sociedad, por ende, se hace necesario explorar el uso de nuevas herramientas desde el inicio de la formación académica de los mismos generando así valor agregado. Estas herramientas brindan soluciones confiables a problemas comunes dentro de las organizaciones, como lo es, la planificación sistemática de la distribución en planta que busca el orden físico de las instalaciones de una determinada empresa. Desde este punto de vista, ¿qué aportes traería consigo para la Academia el modelamiento de un sistema productivo a través del Software Flexsim Manufacturing?

4.2. Determinación del Objetivo del Proyecto

Simular por medio del Software FlexSim el proceso productivo para hacer recomendaciones y mejoras.

4.3. Recolección de Datos de Entrada para el Modelo de Simulación

Los tiempos de procesamiento de una máquina, el tiempo entre llegada de un determinado producto, las distribuciones que describen esta serie de datos, estos valores o conceptualizaciones respectivamente son de mucha importancia al momento de proponer la corrida de cualquier modelo

de simulación, es el punto de partida en el largo camino a recorrer ya que sin estos datos de entrada el sistema no podría simularse objetivamente, es decir, parecido a la realidad, si no que sería una serie de datos inconclusos y sin significado alguno, por esto se ha definido cada una de estas variables de acuerdo a los sistemas de producción de la vida real como se muestra a continuación:

Partiendo de los datos arrojados por el balanceamiento en línea el número óptimo de jamones a producir por día está en promedio de 339 unidades. Por otra parte, tras los estudios realizados en la empresa Friogan S.A. Sede Villavicencio se encontró que el comportamiento de la llegada del jamón de cerdo por día es expresado a través de una distribución Poisson, como lo muestra la siguiente figura:

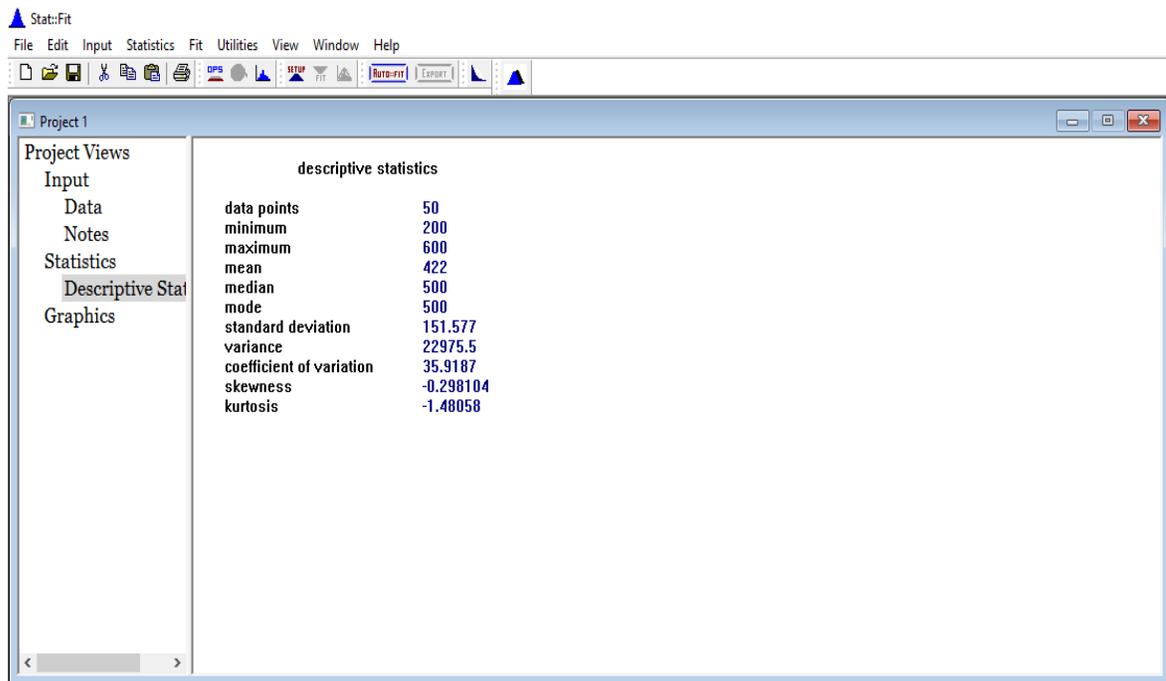


Figura 33: Descripción de Estadísticas a través de StatFit

Fuente: StatFit

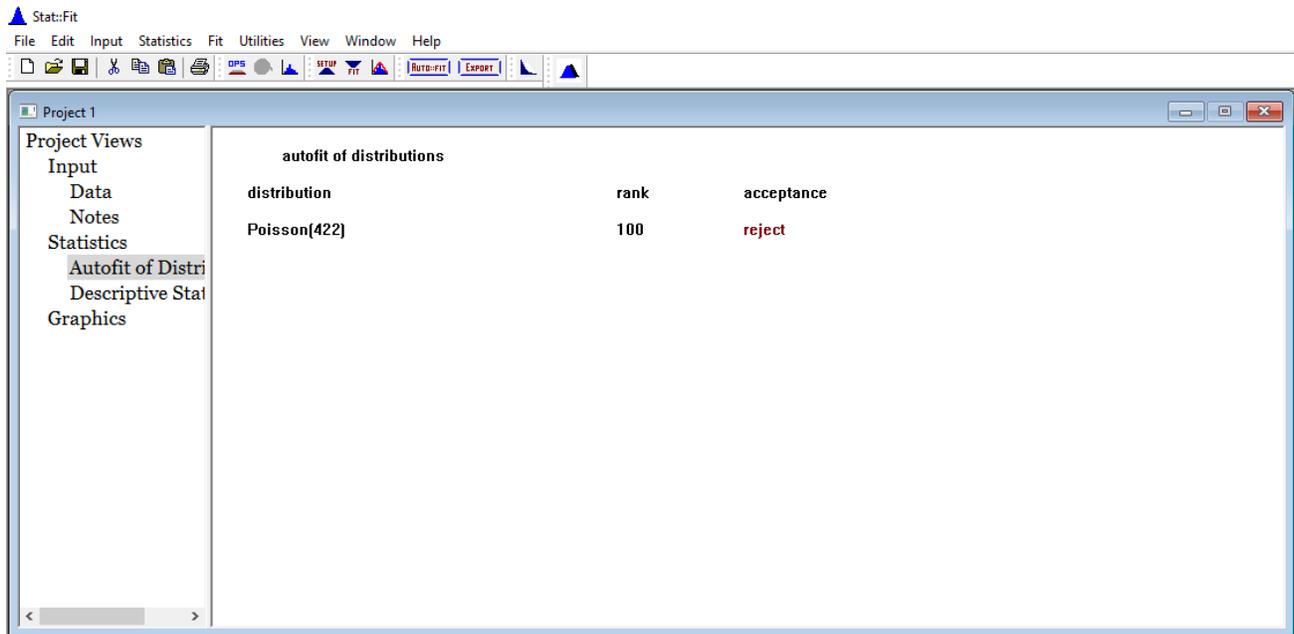


Figura 34. Distribución StatFit

Fuente: StatFit

Por requerimientos básicos de la materia prima principal (Jamón), la sal será recepcionada por bultos de 5 Kilogramos, donde una caja o como se le conoce en el lenguaje de flexsim “box” (output del Source) tendrá un peso equivalente igual al mencionado anteriormente. La distribución aplicada a la bodega de sal se ajustó de acuerdo al requerimiento del sistema.

Para los procesos tales como: el salado, el lavado, el pos lavado, el deshuesado y el empaquetado, se hallaron tiempos estándares de acuerdo al manual de funciones de cada maquinaria respectivamente. Esto por las restricciones de cercanía con una empresa del mismo objeto social.

4.4. Estructura del Sistema

El presente proyecto se enfocó en la Simulación del proceso productivo de una Planta Procesadora de Jamón Curado, dicho proceso, trae implícito una gama de variables, parámetros, elementos, flujos de procesos, balances, líneas de producción, entre otros; que intervienen dentro del Sistema. Flexsim cuenta con recursos tanto de forma como de fondo que ayudan a la Simulación e interpretación de modelos.

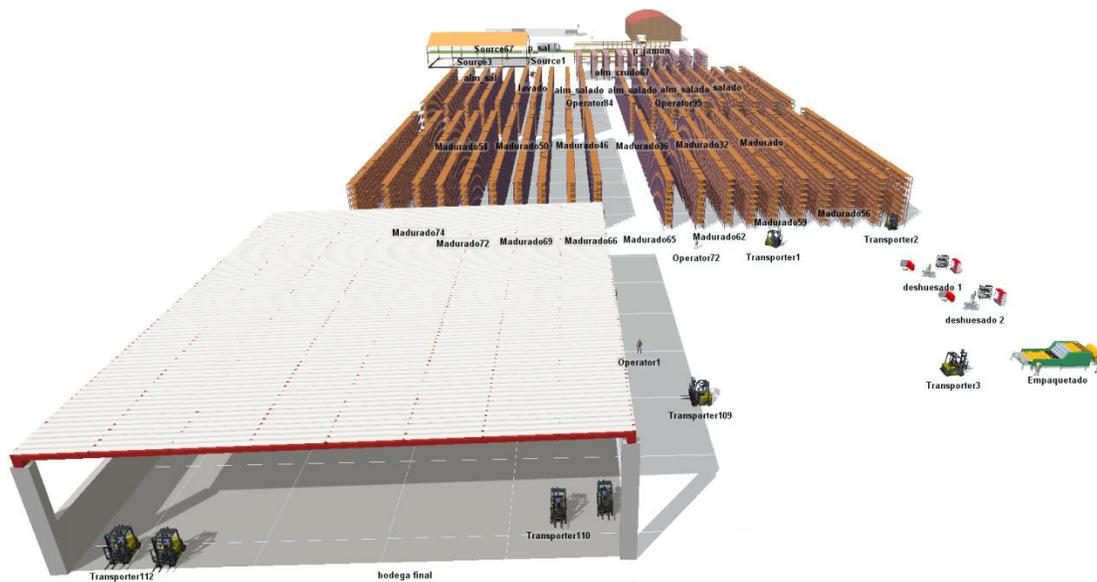


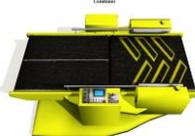
Figura 35: Planta Procesadora de Jamón Curado Modelada en Flexsim

Fuente: Autores a través del Software Flexsim

4.4.1. Procesadores (Máquinas)

En el diagrama de Flujo y balance elaborado en el Capítulo anterior se identificó el número de máquinas necesarias en cada proceso. En este sentido tenemos que:

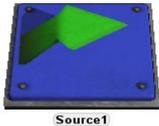
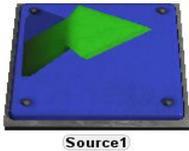
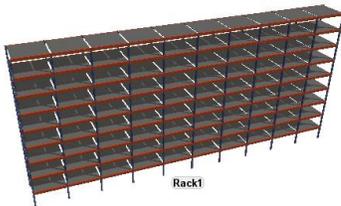
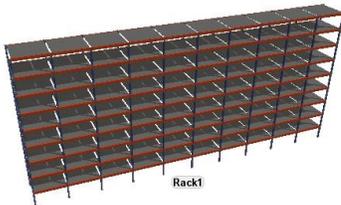
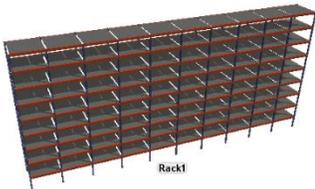
Tabla 17
Caracterización de las Máquinas

Proceso	Imagen	Recurso Fijo	Puerto de Entrada	Puerto de Salida
Salado		Combiner	Alm_crudo Alm_sal	Cámara de Salazón
Lavado		Processor	Cámara de Salazón	Pos Lavado
Pos lavado		Processor	Lavado	Cámara de Madurado
Deshuesado		Processor	Cámara de Madurado	Empaquetado
Empaquetado		Processor	Deshuesado	Bodega Final

Datos obtenidos del Modelamiento en el Software Flexsim (Fuente: Autores).

4.4.2. Elementos del Sistema

Tabla 18
Elementos del Sistema

Proceso	Figura	Recurso Fijo	Puerto de Entrada	Puerto de Salida
Proveedor de Jamones		Source		Alm_Crudo
Proveedor de Sal		Source		Alm_sal
Almacenamiento Crudo		Rack	P_Jamón	Cámara de Salado
Almacenamiento Sal		Queue	P_Sal	Cámara de Salado
Cámara de Salazón		Rack	Cámara de Salado	Lavado
Cámara de Madurado		Rack	Pos_Lavado	Deshuesado 1 y 2

Bodega Final



Queue

Empaquetado

Datos obtenidos del Modelamiento en el Software Flexsim (Fuente: Autores).

4.4.3. Análisis del Sistema

Como punto de partida el modelo de Simulación posee unos “Source” o “Proveedores” que son los encargados de suministrar la materia prima requerida para el sistema. Estos elementos para efectos de la simulación se denominarán como bodegas de almacenamiento internas en la planta tanto del jamón crudo, como para la sal recibida, y no como proveedores externos. Seguidamente, la materia prima que es exportada por las distintas bodegas comienza su ciclo de producción al ser depositados en sus respectivos almacenes (Alm_Crudo y Alm_Sal). Para el proceso de salado la máquina de salazón necesitará un promedio de 5 Kilos de sal por jamón (La bodega de sal recepciona bultos de 5 Kilos del aditivo). Una vez salado el jamón este es llevado a una cámara de salado donde permanecerá durante una instancia de 10 días aproximadamente. Luego pasa al proceso de Lavado y pos lavado, de ahí siguen hacia las cámaras de madurado en donde el jamón tendrá un tiempo de permanencia de 120 días, cumplido este número de días, se transportará a una de las dos zonas con las que cuenta la planta para el deshuese. Acto seguido se empaca al vacío por medio de la maquina Empacadora, donde finalmente termina el ciclo de producción y el jamón es depositado en la Bodega Final.

4.4.4. Interpretación de Variables

Una de las ventajas de la simulación esta descrita por el hecho de poder observar el comportamiento de una o más variables de un sistema para analizar las relaciones que éstas podrían tener entre sí, estas son definidas ya sea por tiempos, cantidades, entre otras, y casi siempre son expresadas por una distribución estadística, es aquí donde se hizo necesario el uso de una herramienta o software estadístico llamado Statfit, el cual ayudo a determinar que distribución describía mejor el comportamiento de los datos re coleccionados con anterioridad.

4.4.4.1. *Distribuciones Utilizadas para el Modelamiento en Flexsim*

Por efectos de la Simulación en flexsim la distribución con media de (422) fue adaptada a la manera en cómo la bodega (Source) interpreta los tiempos entre arribos, es decir, que para una media con el anterior valor se tendrá una distribución cercana a lo que se muestra a continuación:

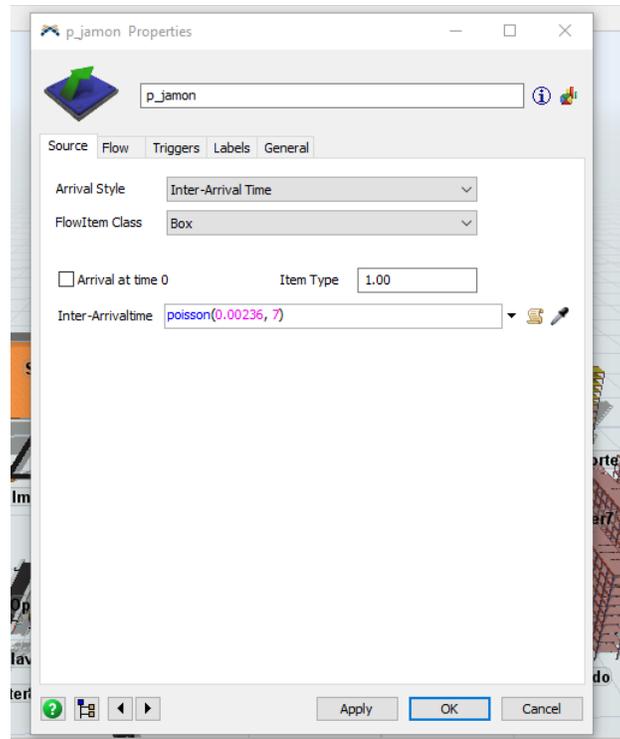


Figura 36. Captura de la Distribución P_Jamón acoplada a Flexsim

Fuente: Flexsim

De acuerdo a lo explicado en el numeral 4.3, se tiene que la distribución que describe el comportamiento de las llegadas de los bultos de 5 Kg entre arribos adaptada al lenguaje de flexsim es la siguiente:

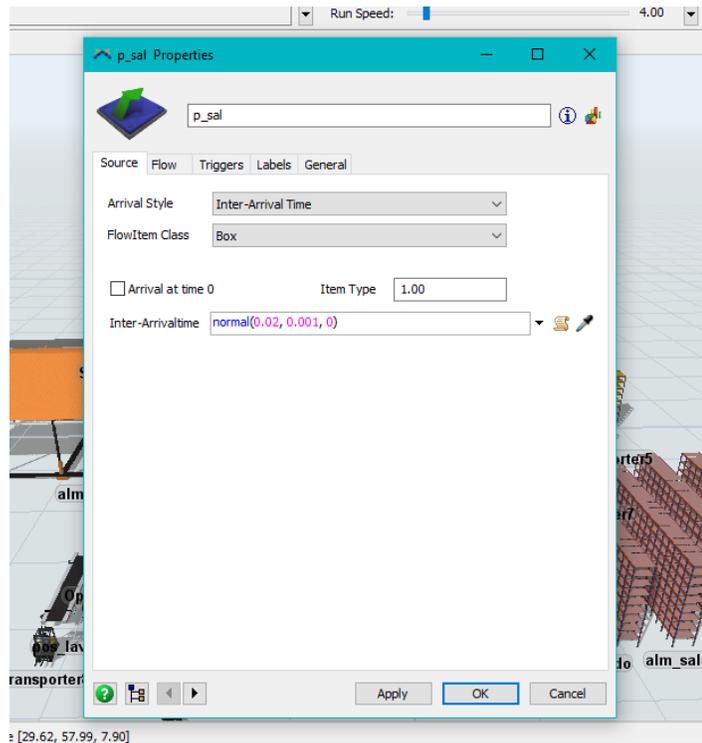


Figura 37. Captura de la Distribución P_Sal acoplada a Flexsim

Fuente: Flexsim

4.4.4.2. Análisis de los tiempos utilizados para las Cámaras de Salado y Madurado

La sal que se le añade al jamón tarda aproximadamente 10 días en penetrar la piel y provocar el efecto del salado en el Jamón, para esto la planta cuenta con unas cámaras especializadas de almacenamiento en la que controlan la humedad y la temperatura. Dentro de los recursos de flexsim se encuentra el Rack que simula una estructura dispuesta como almacén, dentro de su configuración está el tiempo mínimo de permanencia del recurso a almacenar, dado que el sistema se simuló en horas se tiene lo siguiente:

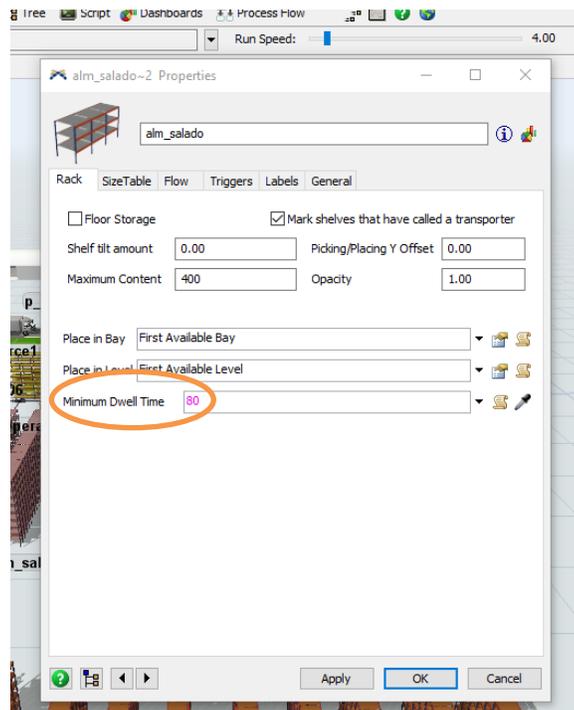


Figura 38. Captura del Tiempo Mínimo de Permanencia Cámara de Salado

Fuente: Flexsim

Para el proceso de maduración o también conocido como el curado, el tiempo mínimo de permanencia en los rack o cámaras de maduración será mucho mayor, este valor es equivalente a 4 meses, 120 días, 960 horas. Tal como se verá a continuación:

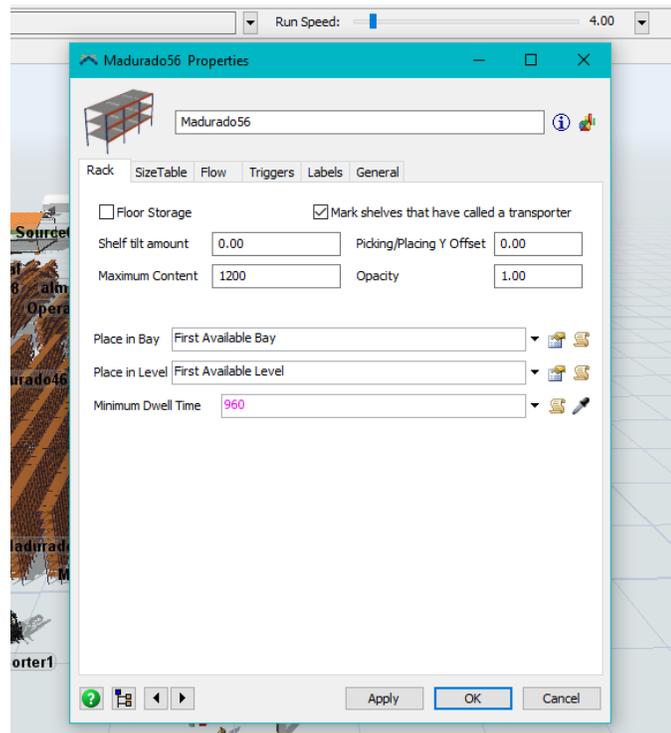


Figura 39. Captura del Tiempo Mínimo de Permanencia Cámara de Madurado
Fuente: Flexsim

4.4.4.3. Capacidades de Almacenaje

Según las especificaciones del Balanceamiento las capacidades requeridas para cada almacén se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 19

Capacidades de Almacenaje

Proceso	Recurso Fijo	Número de Recursos	Capacidad
Alm_Crudo	Rack	1	600 unidades
Alm_Sal	Source	1	1000 unidades
Cámara de Salado	Rack	10	400 unidades
Cámara de Madurado	Rack	40	1200 unidades
Bodega Final	Source	1	150000 unidades

Datos obtenidos del Modelamiento en Flexsim. (Fuente: Autores)

Para la correcta interpretación de los datos anteriormente expuestos, se hace necesario aclarar que las producciones diarias de jamón vs la capacidad de almacenaje son directamente proporcionales.

4.5. Capturas del Modelamiento en Flexsim

Para una mejor comprensión del Lector, a continuación, se procede a presentar una serie de imágenes que muestran detalladamente cada área del modelo simulado a través del Software Flexsim Manufacturing:

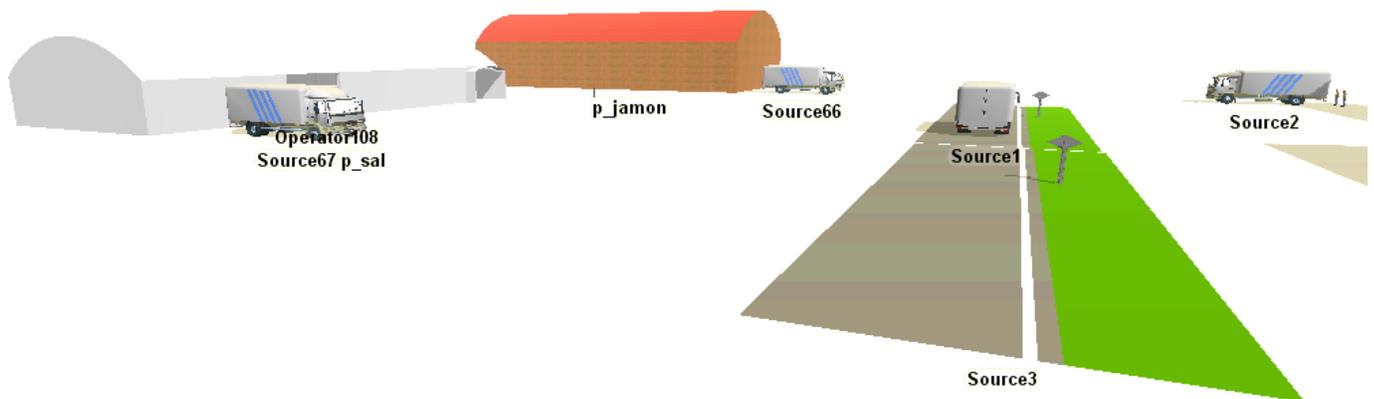


Figura 40. Muelle de Recepción de la Materia Prima

Fuente: Flexsim

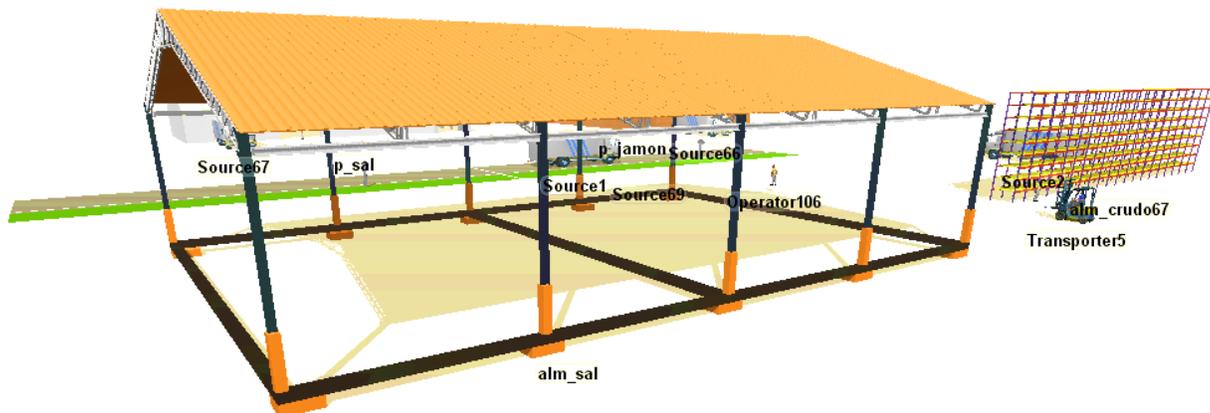


Figura 41. Zona de Almacenaje

Fuente: Flexsim

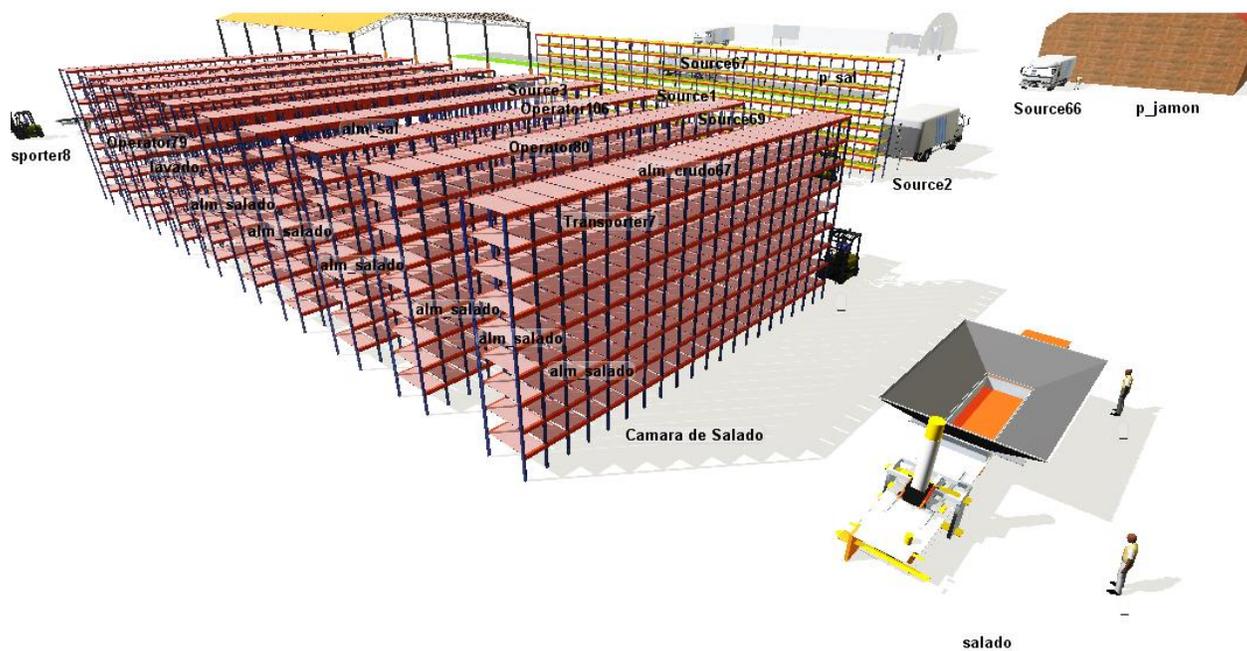


Figura 42. Cámaras de Salado

Fuente: Flexsi

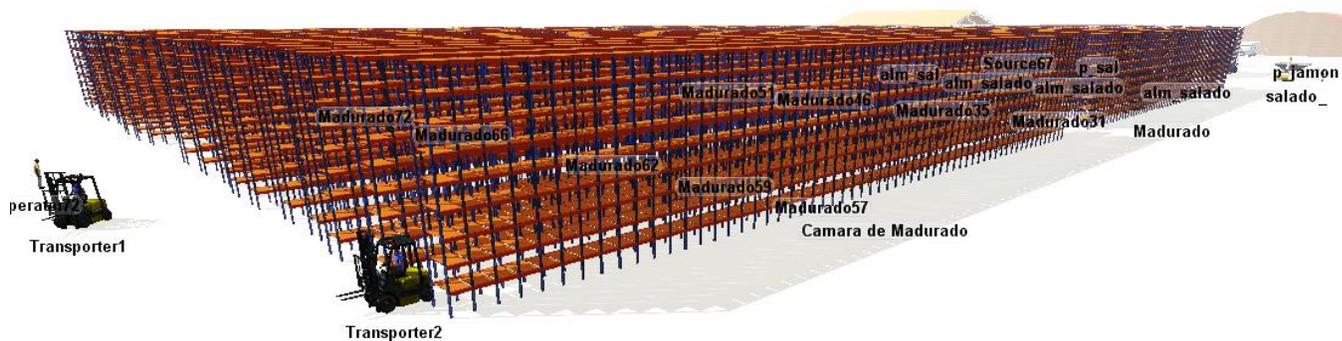


Figura 43. Cámaras de Madurado

Fuente: Flexsim

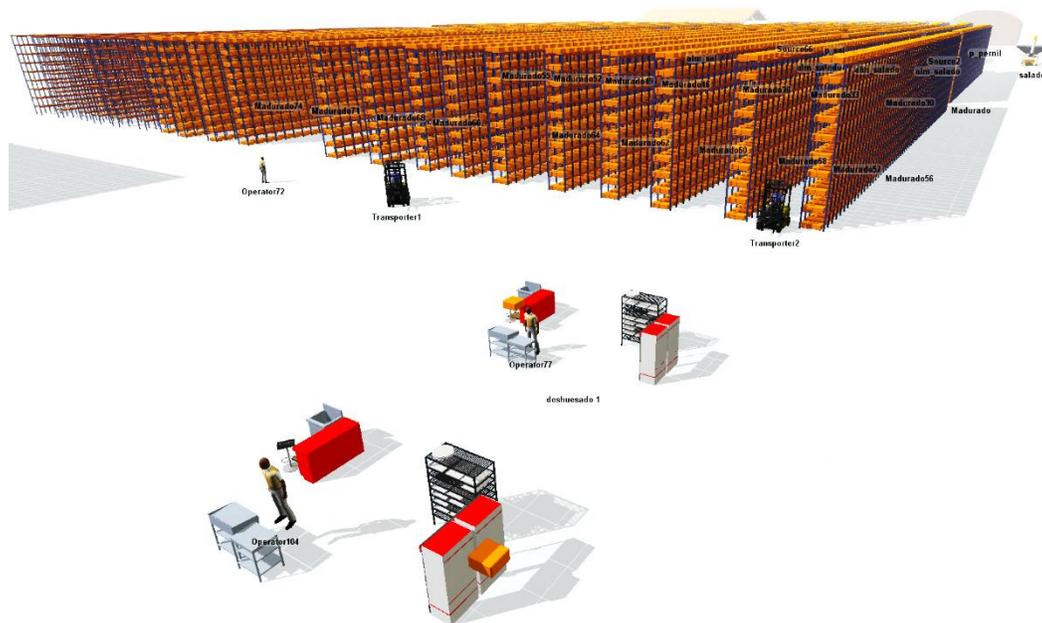


Figura 44. Zona de Deshuesado

Fuente: Flexsim

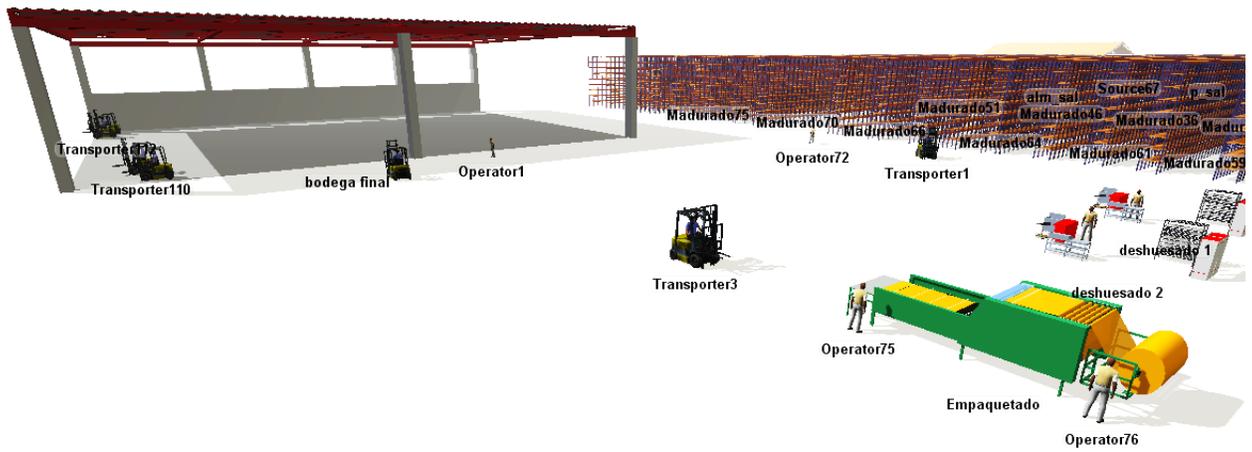


Figura 45. Zona de Empaquetado

Fuente: Flexsim

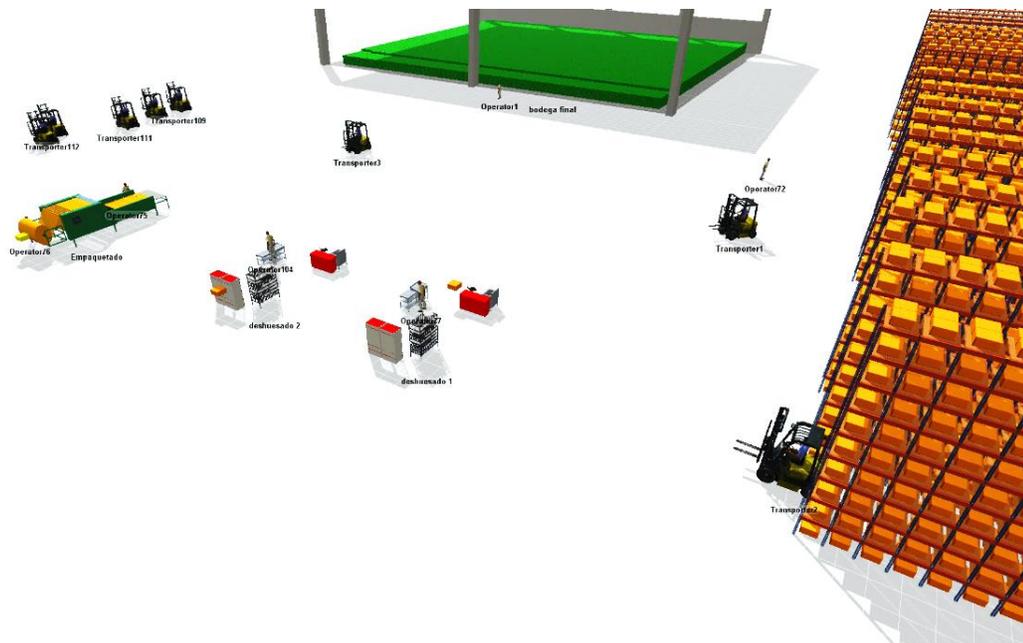


Figura 46. Bodega Final

Fuente: Flexsim

4.6. Verificación y Validación del Modelo

4.6.1. Verificación

Una de las fases más importantes al momento de simular es la verificación y validación del modelo, ya que los outputs serán utilizados para el análisis e interpretación de resultados. Por consiguiente, la verificación hace referencia a la correcta formulación del modelo. Es decir, si lo simulado a través de un software de programación y su lógica operacional coincide con la lógica del modelo.

En primer lugar, esta fase debe responder a la pregunta de que si el modelo final (terminado) coincide con el modelo inicial (El de la vida real), para esto se hace indispensable correr el modelo e identificar cada detalle a analizar.

4.6.1.1. Observación de la animación y del reloj de la simulación

Se corrió el programa con las configuraciones bases de las instalaciones de la planta y se determinaron varias relaciones de similitud entre el reloj y la animación de la corrida.

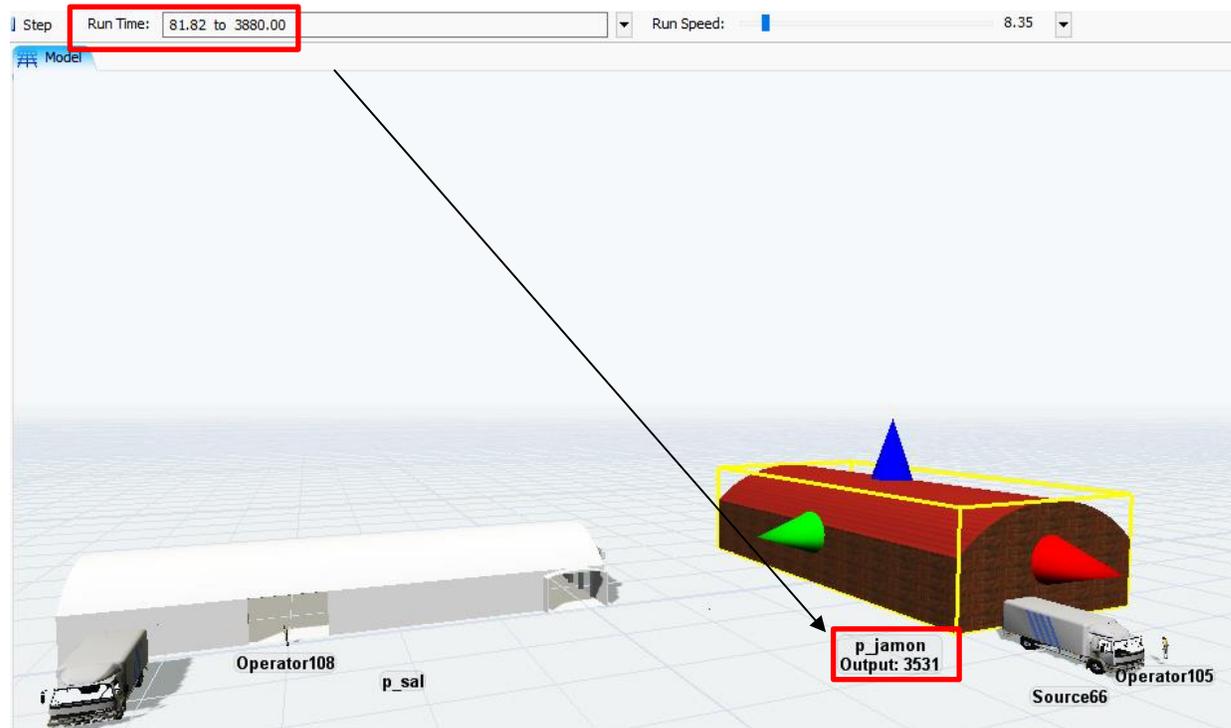


Figura 47. Captura del modelo con relación al tiempo y las salidas del P_jamon

Fuente: Flexsim

Inicialmente se había determinado que los outputs o salidas de la bodega de jamón sería aproximadamente de 339 piezas/día, de lo que se deduce que con un tiempo de 81.82 horas corridas en el software la variable dependiente debería tener un valor cercano a 3410 piezas, se observó que la diferencia entre 3531 (Valor arrojado por la simulación) menos 3410 (Valor estimado por el balance realizado inicialmente) es equivalente a 121 piezas por encima de lo planteado, dando un error porcentual de 13%. valor aceptable dentro de los rangos propuestos en el experimento.

De igual manera se verifico la diferencia encontrada para la bodega de sal, como se muestra a continuación.

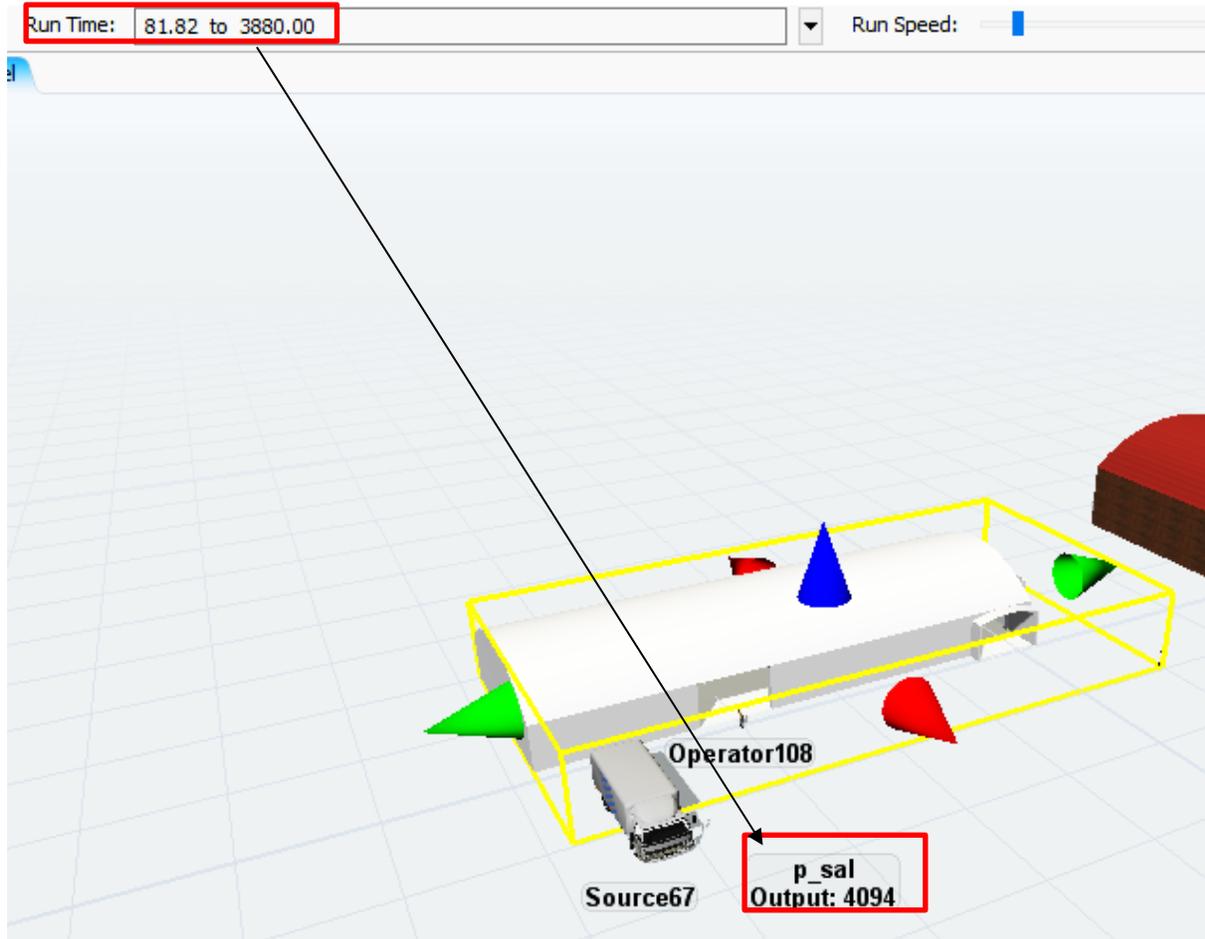


Figura 48. Captura del modelo con relación al tiempo y salidas del P_Sal

Fuente: Flexsim

Lo requerido en sal para cada jamón es de 5kg, peso en el cual se maneja el aditivo en las instalaciones, es decir, que las cantidades de bolsas de sal (con peso de 5kg) en este caso en particular deberían tener un número de 3531, siendo el valor real de 4094 se encontró una diferencia por encima de lo recomendado de 563 bolsas, esto no significa algo negativo, debido a que es algo natural de los procesos productivos de este tipo.

Otro de los procesos fundamentales que se debe verificar es el tiempo de permanencia en las cámaras de salazón y madurado, ítems que se ha podido observar con anterioridad en las figuras 38 y 39. También es importante anotar que 120.649 jamones/año (dato que se socializa más

adelante) como promedio general es un valor que está muy cerca del propuesto en el balanceamiento, arrojándonos una cantidad de 649 jamones por encima del requerido. Los fundamentos con que se verifico y las observaciones hechas al modelo en cuestión apuntan a una sola conclusión.

Siendo las dos bodegas el punto de partida de la producción en la planta y después de haber hecho la respectiva verificación de los otros procesos, se puede concluir que el comportamiento de la planta simulada en el presente proyecto se destacó de una manera efectiva para el fin con que fue elaborada, las diferencias encontradas si bien no son significativas tampoco producen dudas respecto a la correcta construcción del sistema simulado.

4.6.2. Valoración de la validez del modelo

Al validar el modelo se establece el nivel de confianza del mismo, pero es de vital importancia aclarar que no existen técnicas de validación que brinden una exactitud del 100 % en los resultados de una simulación. Escasamente se puede llegar a la conclusión de que un modelo es la viva imagen de un sistema real. En el caso que esto fuera posible, definitivamente no se tendría la necesidad de simular cualquier modelo. En el mejor de los escenarios se llega a concluir que la simulación del sistema no es contradictoria u opuesta a la realidad.

Lo primero en lo que piensa cualquier empresario al iniciar un proyecto es quienes serían sus clientes potenciales, cuantas unidades venderá en una semana, en un mes o incluso en un año, pero por último toda estas variables son externas a la planta, lo que realmente determinara que tanto se puede aprovechar el mercado en el que se encuentra será la capacidad de producción que esta tenga. Tampoco se debe olvidar que el fin del presente trabajo de grado no es meramente técnico por lo que coincidiendo con otras tesis como se presentara a continuación y tras los estudios realizados la demanda de 120.000 Unidades/Año sería la idónea.

Salvador Cabré Piñol en 2010 aspirando a su título universitario de ingeniería técnica industrial en la Universidad de ROVILA I VIRGILI expuso su tesis llamada “INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UN SECADERO DE JAMONES” donde el autor tras unos estudios considera que la demanda anual de su planta seria de un valor de 100.000 unidades/año.

Ahora se procede a presentan las características de las maquinas utilizadas (más específicamente los tiempos de procesamiento) para la producción del jamón curado, se comparará la compañía Industrias Fac paralelo a la configuraciones y tiempos utilizados en el modelamiento del presente proyecto como se presenta a continuación:

<i>TIPOS</i>	<i>NDR-S-1000</i>	<i>NDR-1500</i>
Largo:	4.500 mm.	4.500 mm.
Ancho:	2.000 mm (+sinfin)	2.000 mm (+sinfin)
Alto:	1.850 mm.	2.000 mm.
Peso:	1.400 kg.	1.100 kg.
Potencia:	12 C.V.	12 C.V.
Consumo eléctrico:	9 kW.	9 kW.
Potencia vibrador:	1,5 kW.	1,5 kW.
Pot. Motor transp.:	2 x 2,25 kW.	2 x 2,25 kW.
Pot. Grupo hidraulico:	3 kW.	3 kW.
Capacidad Tolva:	1.500 kg.	1.500 kg.
Producción:	600 piezas/h.	600 piezas/h.

Figura 49. Propiedades físicas y productivas de la recuperadora de sal

Fuente: (Fac, 2010)

Tal como se observa en la anterior figura la producción de la máquina para el proceso de salazón es de 600 piezas/h. El tiempo que esta máquina tarda en procesar un jamón estaría dada por la ecuación:

$$\text{Tiempo de procesamiento por unidad} = 1\text{pieza} \times 1\text{hora} / 600\text{ piezas}$$

$$\text{Tiempo por unidad} = 0,00166\text{ h}$$

Este último dato corresponde al tiempo utilizado en la simulación de Flexsim como se muestra en la siguiente figura:

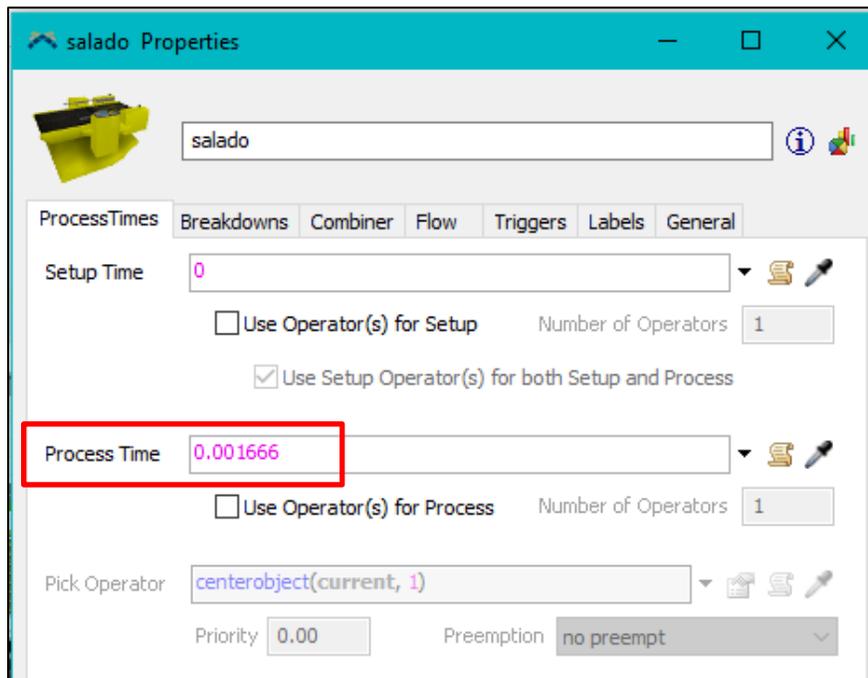


Figura 50. Propiedades máquina de salado

Fuente: Flexsim

La maquinaria encargada de lavar las piezas de cerdo en proceso guarda las siguientes propiedades:

TIPOS	LAVAFAC-600
Largo:	2.020 mm.
Ancho:	1.140 mm.
Alto:	1.530 mm.
Peso:	790 kg.
Potencia:	8 C.V.
Consumo eléctrico:	5,92 kW.
Pot. Motor transp.:	0,4 kW.
Pot. Bomba lavado:	4 kW.
Presión lavado:	3 kg/cm ²
Consumo agua:	1000 lts/h.
Ø entrada agua:	1"
Producción:	600 piezas/h.

Figura 51. Propiedades físicas y productivas de la lavadora - cepilladora de jamón

Fuente: (Fac, 2010)

Teniendo el mismo índice de piezas a producir por horas que la maquina recuperadora de sal, la lavadora y cepilladora de jamón tendrá un tiempo de procesamiento por unidad de 0,001666. Tiempo con que se ha simulado el modelo en flexsim como:

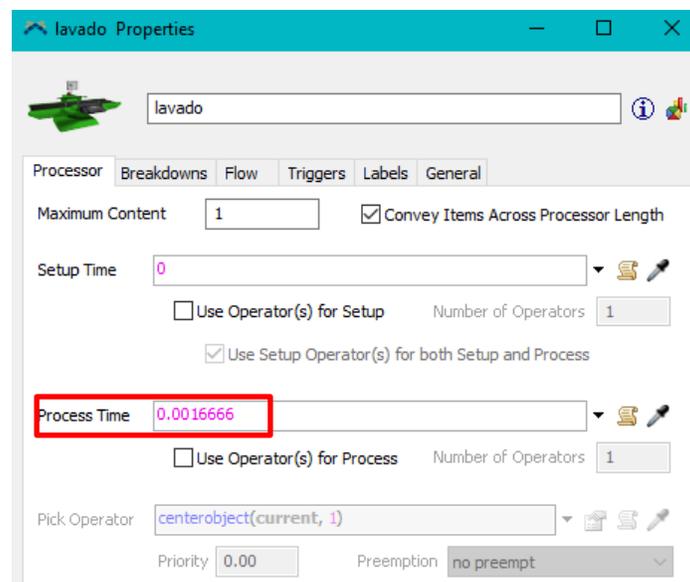


Figura 52. Tiempo por unidad de la lavadora en el modelo simulado

Fuente: Flexsim

No está de menos aclarar que la máquina que se utiliza en el Pos_Lavado es la misma validada anteriormente.

Faltando los dos últimos procesos de producción en los cuales necesariamente intervienen máquinas, encontramos el deshuesado y el empaquetado, como se ha especificado anteriormente el primero de estos dispuso de dos de ellas. Los tiempos de deshuese y empaquetado por unidad correspondieron al mismo tiempo maneja anteriormente en los otros procesos.

Por último, se puede concluir en que los modelos utilizados para la simulación de un sistema nunca presentarían un 100% de validez, en concordancia con esto se llegó a definir dicho porcentaje en un 83% donde se tuvo en cuenta aspectos como la maquinaria y sus tiempos de procesamiento y de igual manera la capacidad anual de la planta procesadora de jamón curado.

4.7. Análisis e Interpretación de Resultados

Por medio del módulo “Experimentar” el cual sirve como herramienta estadística y que facilita la interpretación de los datos se procede al análisis de los resultados arrojados. El reporte generado del experimento fue de un solo escenario (el diseñado con anterioridad) y se ejecutaron 50 réplicas. Luego de esto observamos que el número óptimo de réplicas era de 23, y esto por la fórmula estadística.

Uno de los beneficios de estos reportes generados por el software es la descripción analítica de cada uno de los datos, para cada elemento o puesto de producción a analizar se nos muestra una tabla donde podemos encontrar el promedio de producción, la desviación, y el rango de los datos de dicho proceso simulado; de igual forma encontraremos un diagrama de caja y bigote o también conocido como bloxplots el cual hace uso de los 3 cuartiles para la construcción de un rectángulo donde se puede apreciar la media y la distribución de los datos en escala y por último Flexsim nos describe aún más este conjunto de valores brindando la posibilidad de determinar la proporcionalidad de un segmento o rango de datos por medio de un histograma, herramienta que es muy útil a la hora de medir el porcentaje con respecto a la distribución de los datos. Se procederá con el análisis descriptivo de los datos obtenidos por estación de trabajo.

4.7.1. Bodega Jamón Output

En un año de producción en promedio se alcanzaron a procesar 164.951 Jamones con una desviación de 2660. Correspondiente al 1.62 %.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	163934	<	164951	<	165968	2660	157968	169115

Figura 53. Resumen de datos estadísticos Bodega Jamón Output

Fuente: Reporte generado por Flexsim

En cuanto a la dispersión de los valores por replica en este tramo se obtuvo que un 6.59 % en promedio es la diferencia que presenta el mínimo respecto al máximo valor.

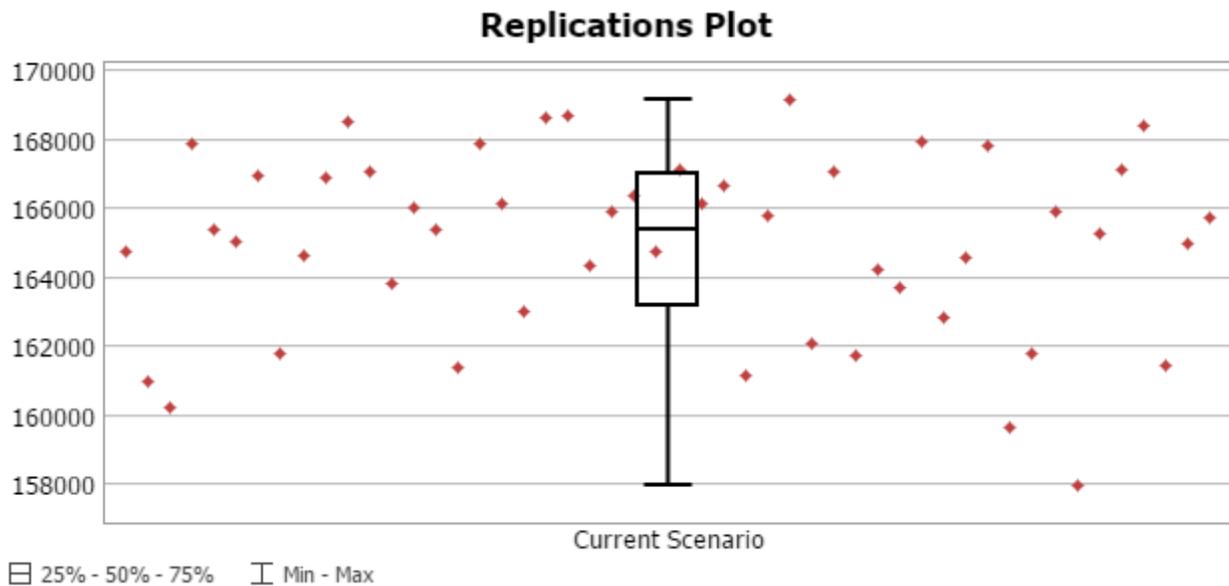


Figura 54. Replicaciones Bodega de Jamón Output

Fuente: Reporte generado por Flexsim

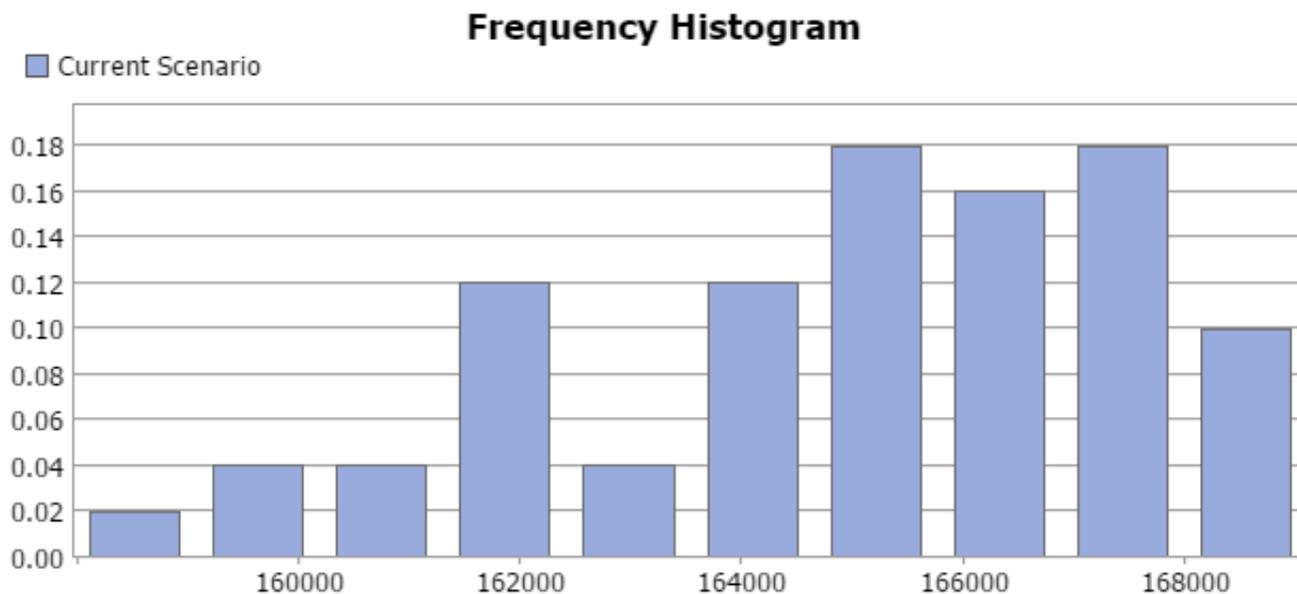


Figura 55. Frecuencia de Histograma Bodega de Jamón

Fuente: Reporte generado por Flexsim

4.7.2. P_Sal Output

La sal utilizada en todo el año de producción estuvo alrededor de los 165.848 (Bultos x 5Kg) con una desviación de 2662.

Summary						
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	164830	<	165848	<	166866	2662
	158968					169931

Figura 56. Resumen de datos estadísticos P_Sal

Fuente: Reporte generado por Flexsim

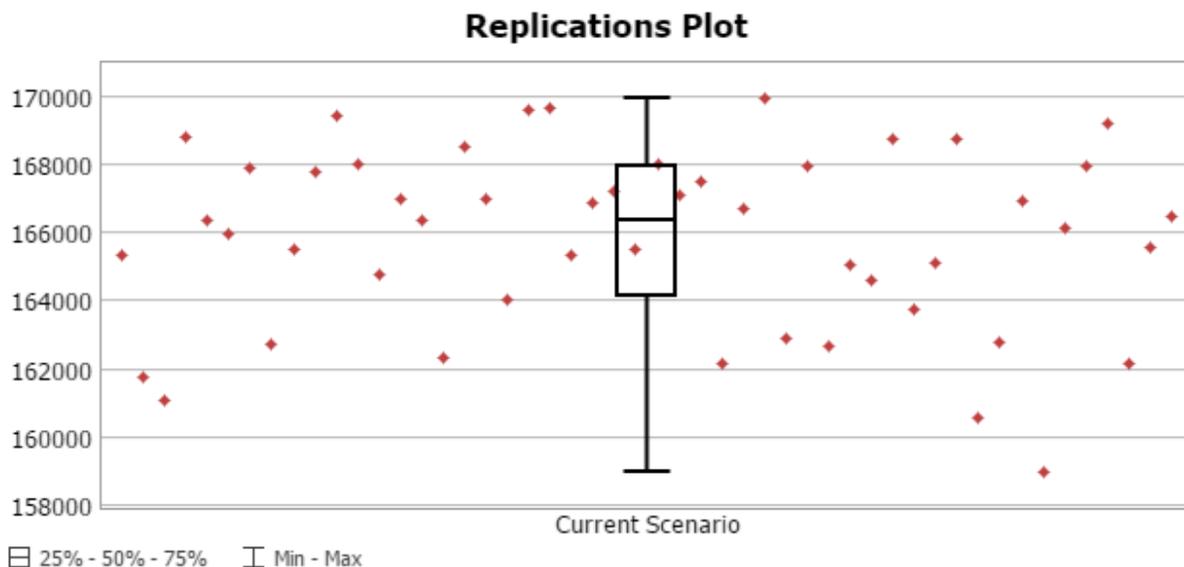


Figura 57. Replicaciones P_Sal

Fuente: Reporte generado por Flexsim

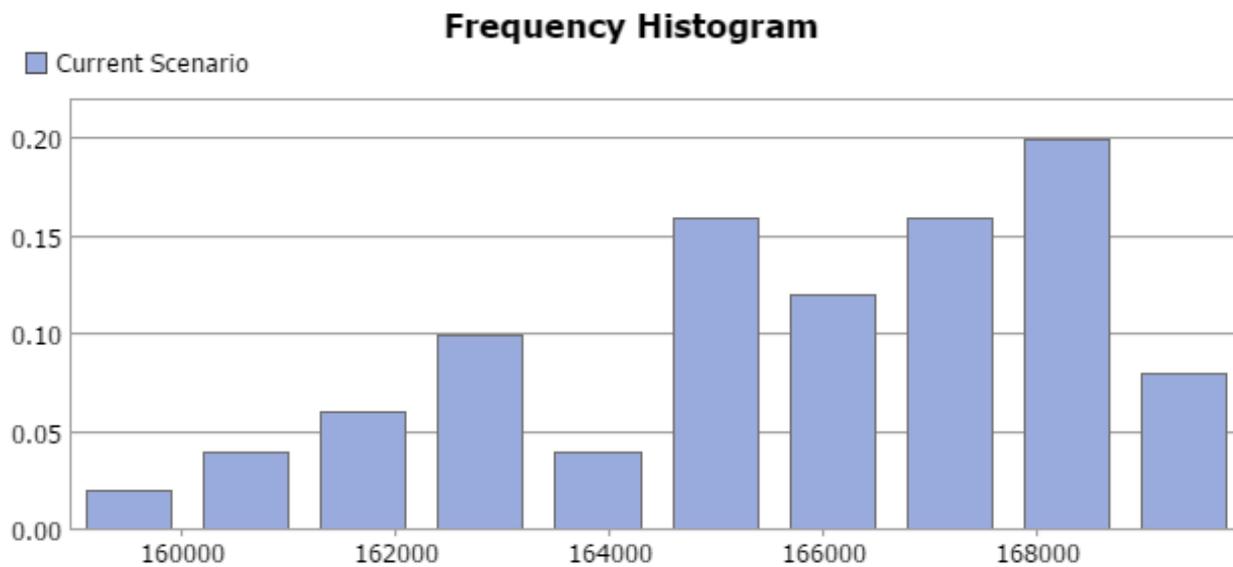


Figura 58. Frecuencia Histograma P_Sal

Fuente: Reporte generado por Flexsim

Al comparar las dos bodegas (Jamones y Bultos de sal) tenemos que:

Tabla 20.

Análisis comparativo de las bodegas

Bodega	Promedio de salidas	Desviación	Diferencia
Bultos de Sal	165.848	2662	897
Jamones	164.951	2660	

Datos obtenidos del Software Flexsim (Fuente: Autores).

Grado de similitud de un 99.45% la diferencia restante (0,55%) nos arroja el numero promedio de bultos de sal que terminaron en el almacén inicial equivalente a 897 que quedarían en el inventario inicial del próximo año. Por otra parte, las desviaciones de los datos con respecto a la media son muy similares.

4.7.3. Salado Input

Es importante recordar que para este proceso se utilizo un combiner, el cual recibio material de 2 bodegas distintas, los jamones crudos mas la sal que posteriormente seria añadida al jamon, por lo que se logra entender el promedio de entradas a la maquina en lo corrido del año.

Summary						
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	327851	<	329885	<	331920	5320
						315936
						338176

Figura 59. Resumen de Datos Estadísticos Salado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

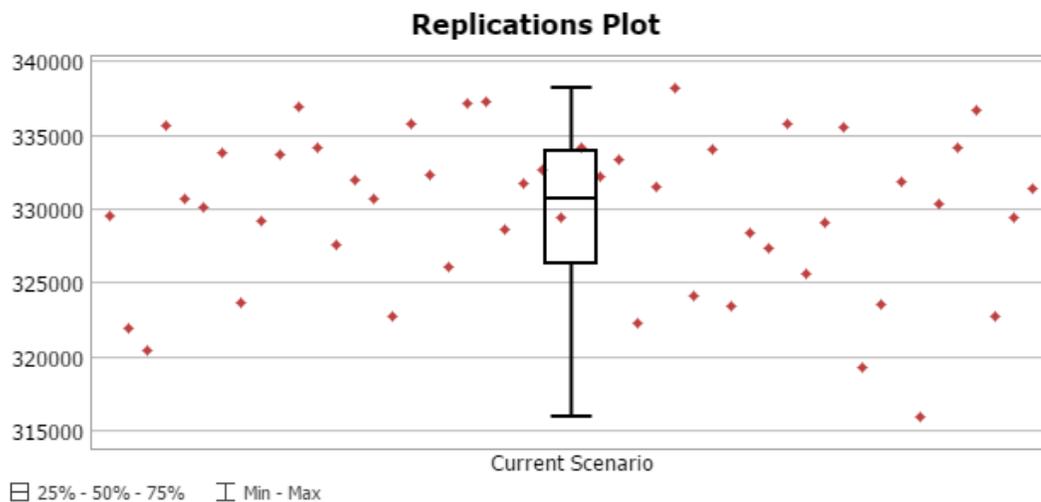


Figura 60. Replicaciones Salado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

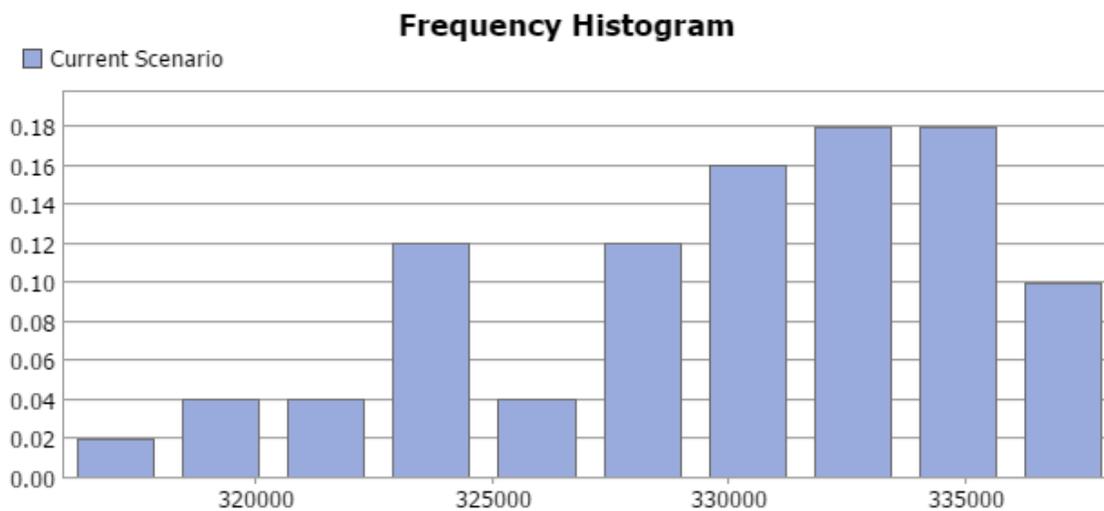


Figura 61. Frecuencia Histograma Salado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.4. Salado Output

Luego de observar los datos se puede interpretar que la máquina de salazón tuvo unos outputs con un promedio de 164.943 (Ver figura 62). recordando que por cada jamón sería utilizado un bulto de sal de 5kg. La recuperadora de sal ciertamente responde ante la capacidad de la planta, no generando cuello de botella. Esto se evidencia al restar el promedio de las salidas de la bodega de jamón (164.951) menos las unidades terminadas por la recuperadora de sal que ronda los 164.943 jamones salados, solo 8 jamones quedaron en proceso al finalizar el año.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	163925	<	164943	<	165960	2660	157968	169087

Figura 62. Resumen de Datos Estadísticos Salado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

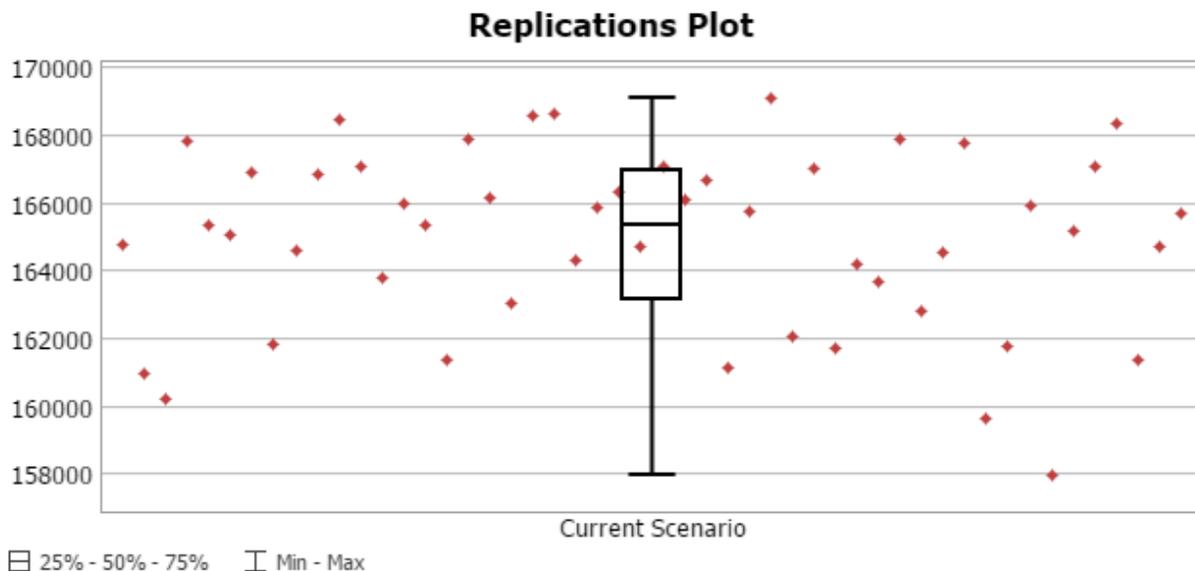


Figura 63. Replicaciones Salado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

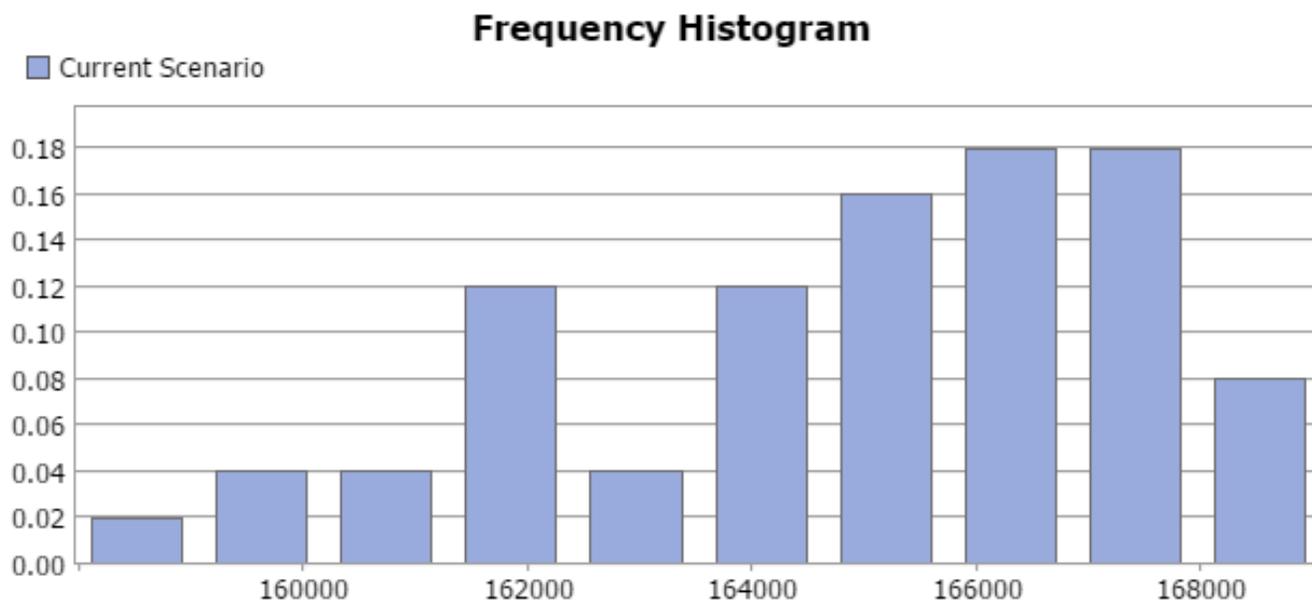


Figura 64. Frecuencia Histograma Salado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.5. Lavado Input

Como el tiempo en las cámaras de salazón es constante siempre tratara de estabilizar o controlar la aleatoriedad del sistema, sin embargo, si se observa detalladamente en el lavado de los jamones se tiene que al finalizar el año del 100 % de las piezas procesadas en el saladero un 97.91% en promedio fueron lavadas. De igual forma también se visualiza que la dispersión de los datos arrojados por replica es considerable, la diferencia aproximada es de un 6% esto entre el máximo y el mínimo de los valores.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	160511	<	161498	<	162486	2583	155312	165849

Figura 65. Resumen de Datos Estadísticos Lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

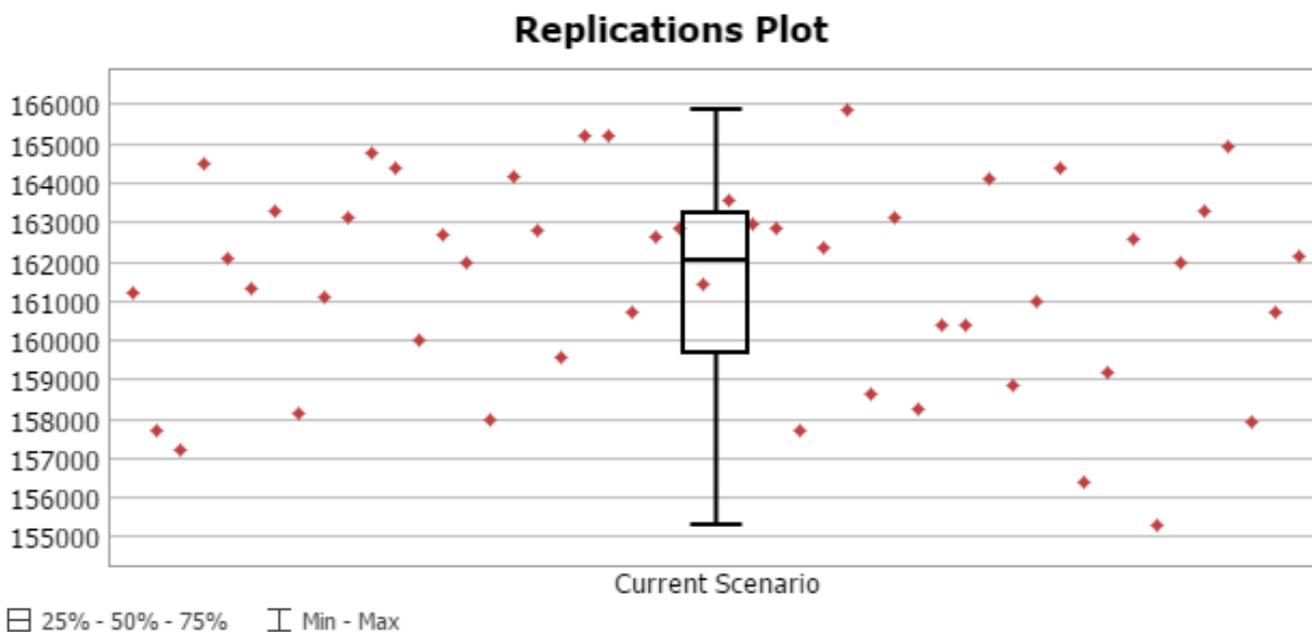


Figura 66. Replicaciones Lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

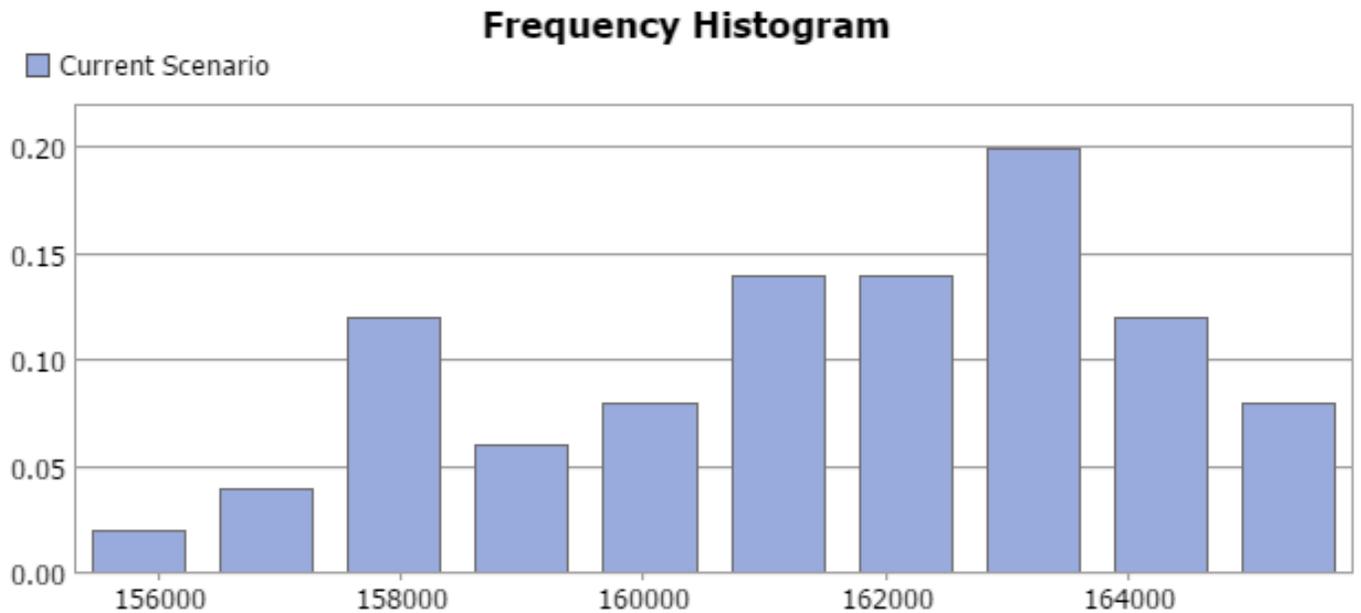


Figura 67. Frecuencia Histograma Lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.6. Lavado Output

Es interesante observar que, a pesar de ser un puesto de trabajo diferente al lavado, el pos lavado mantuvo la misma estadística de producción que su antecesor, indicándonos que su capacidad de producción se mantiene a flote.

Summary						
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	160511	<	161498	<	162486	2583
	155312					165849

Figura 68. Resumen de Datos Estadísticos Lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

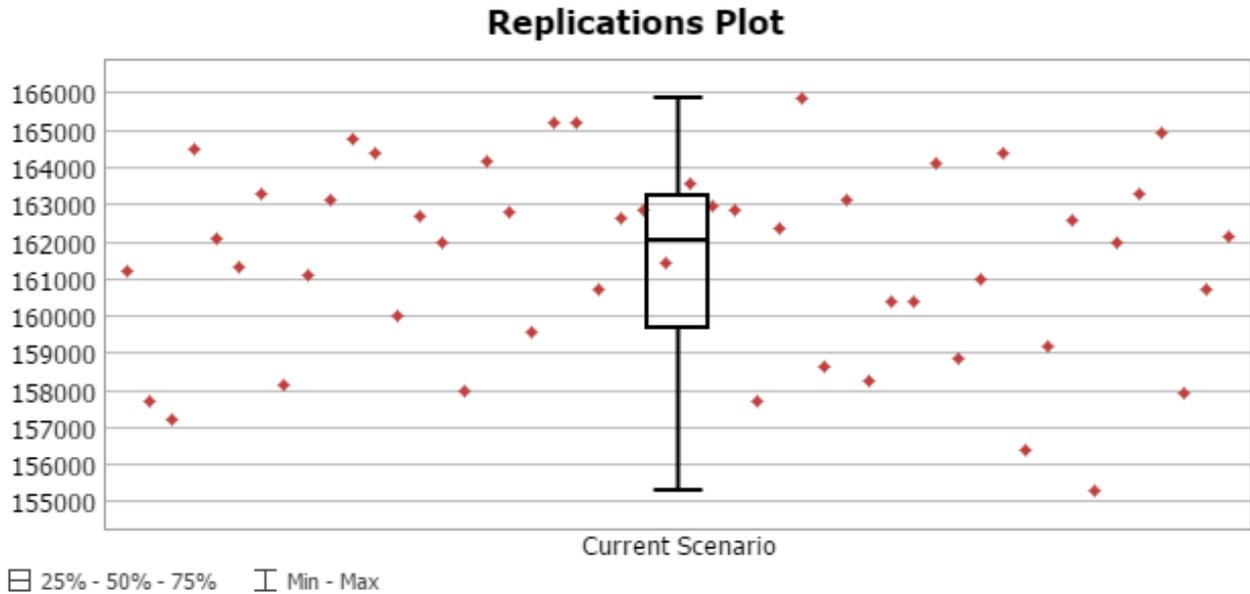


Figura 69. Replicaciones Lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

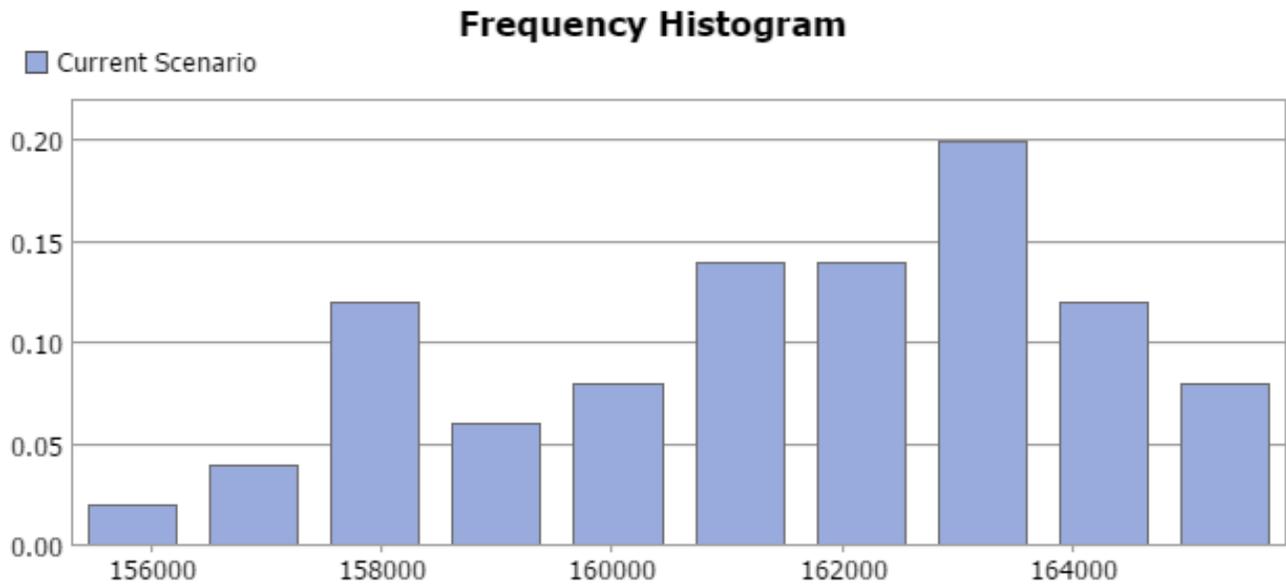


Figura 70. Frecuencia Histograma Lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.7. Pos Lavado Input

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	160511	<	161498	<	162486	2583	155312	165849

Figura 71. Resumen de Datos Estadísticos Pos_lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

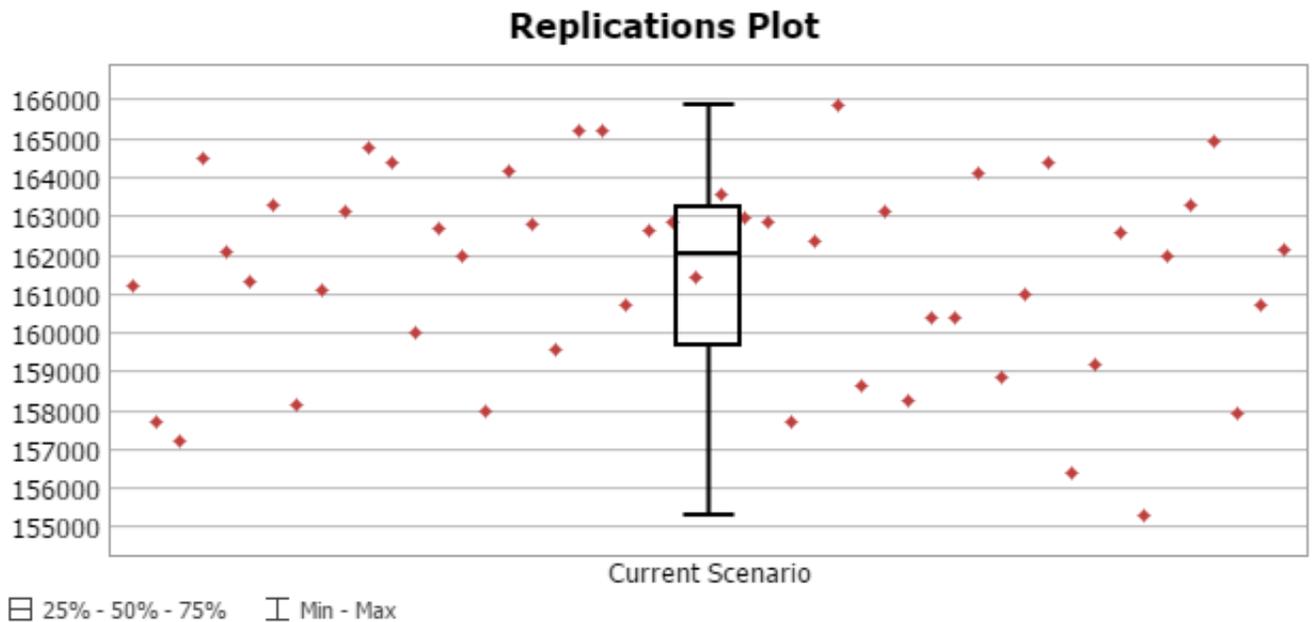


Figura 72. Replicaciones Pos_Lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

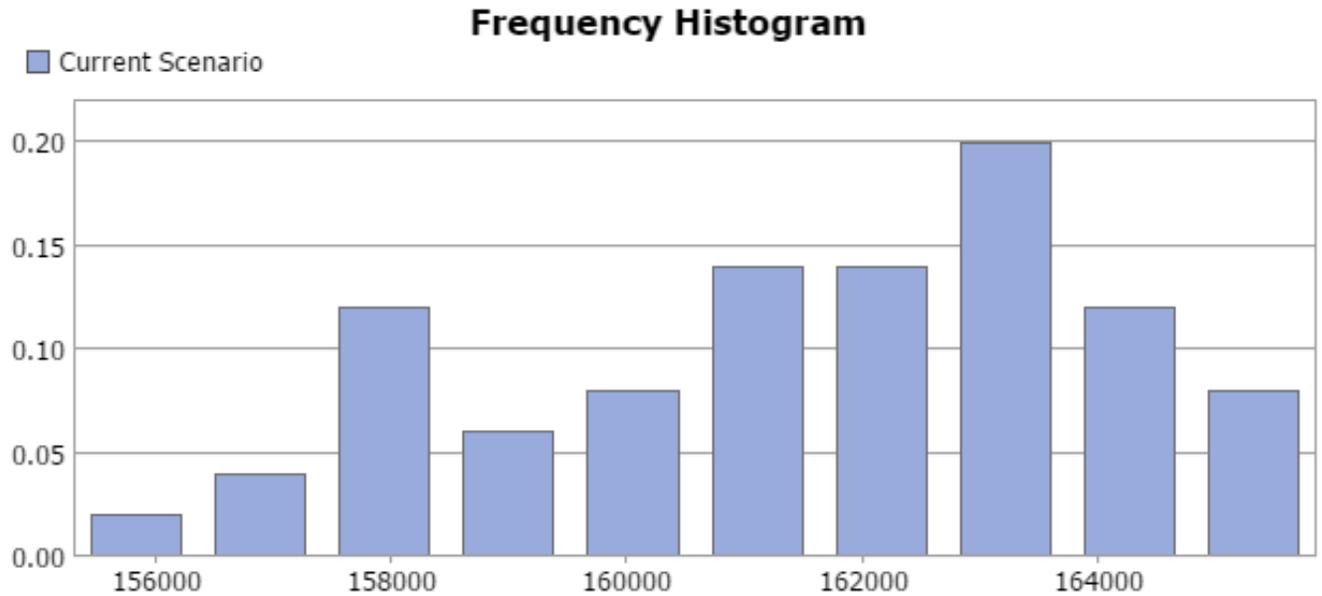


Figura 73. Frecuencia Histograma Pos_Lavado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.8. Pos lavado Output

Summary						
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	160511	<	161498	<	162486	2583
					155312	165849

Figura 74. Resumen de Datos Estadísticos Pos_lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

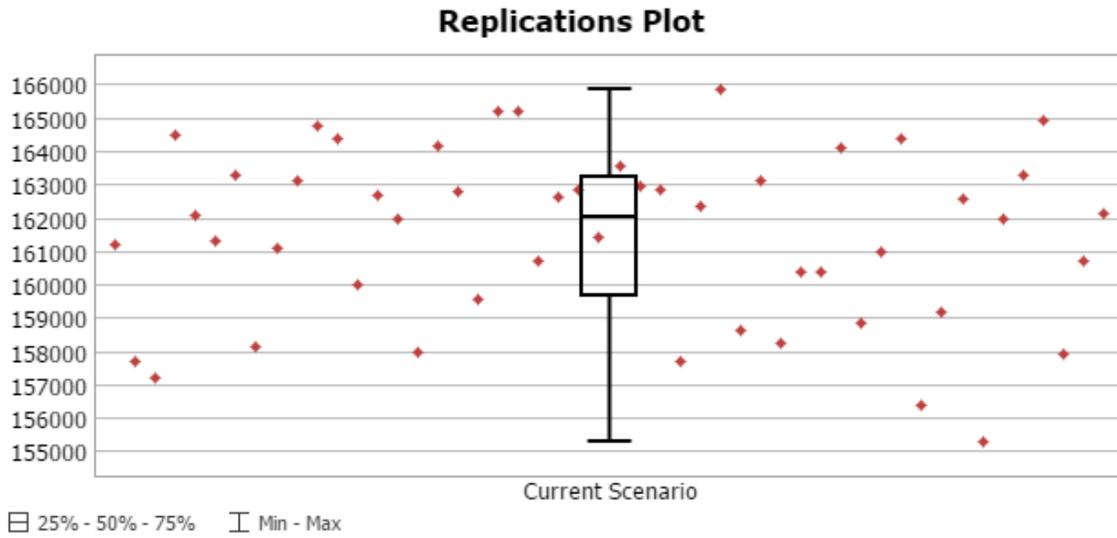


Figura 75. Replicaciones Pos_Lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

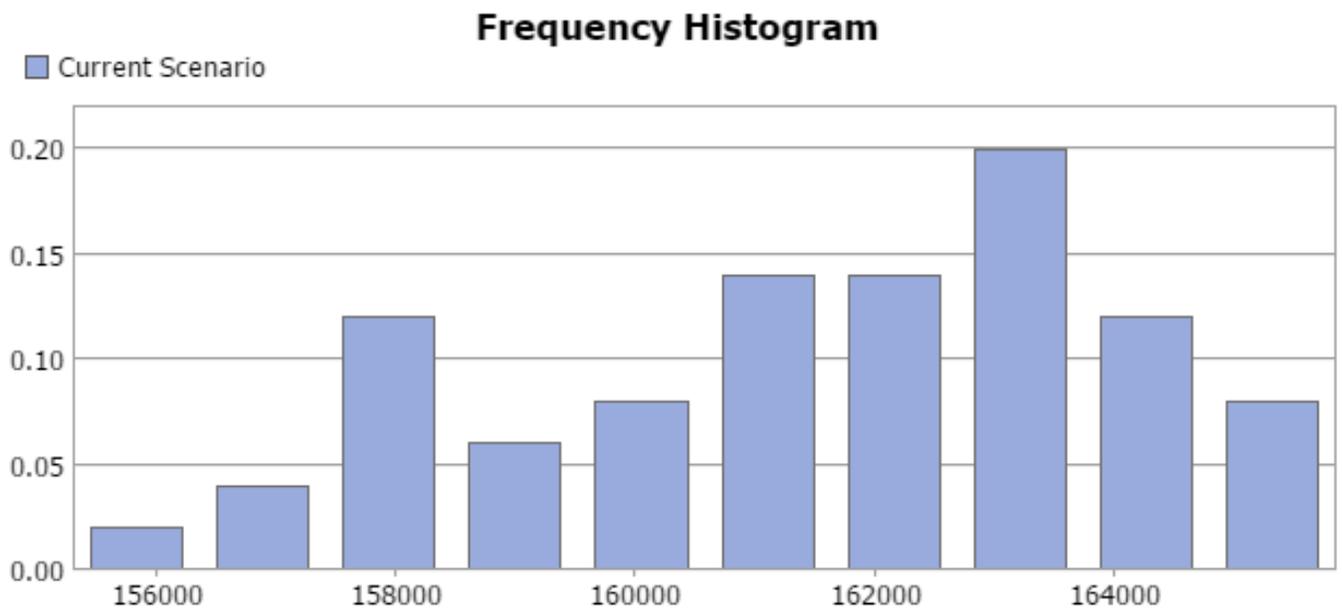


Figura 76. Frecuencia Histograma Pos_Lavado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.9. Deshuesado 1 Input

El número de máquinas o puestos de deshuese fue de dos, de aquí que se cumple uno de los objetivos secundarios en la simulación y es la proporcionalidad de piezas procesadas por puesto. Se observa que cada puesto mantiene una producción con igual número de piezas, en promedio estaríamos hablando de 60320 jamones, sumando ambas producciones anuales daría un total de 120600 aproximadamente. Donde efectivamente podemos ir viendo que la demanda planteada inicialmente se podría satisfacer. Se presentan las siguientes figuras como una descripción más analítica de los datos.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	59915	<	60320	<	60726	1060	57169	62064

Figura 77. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 1 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim



Figura 78. Replicaciones Deshuesado 1 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

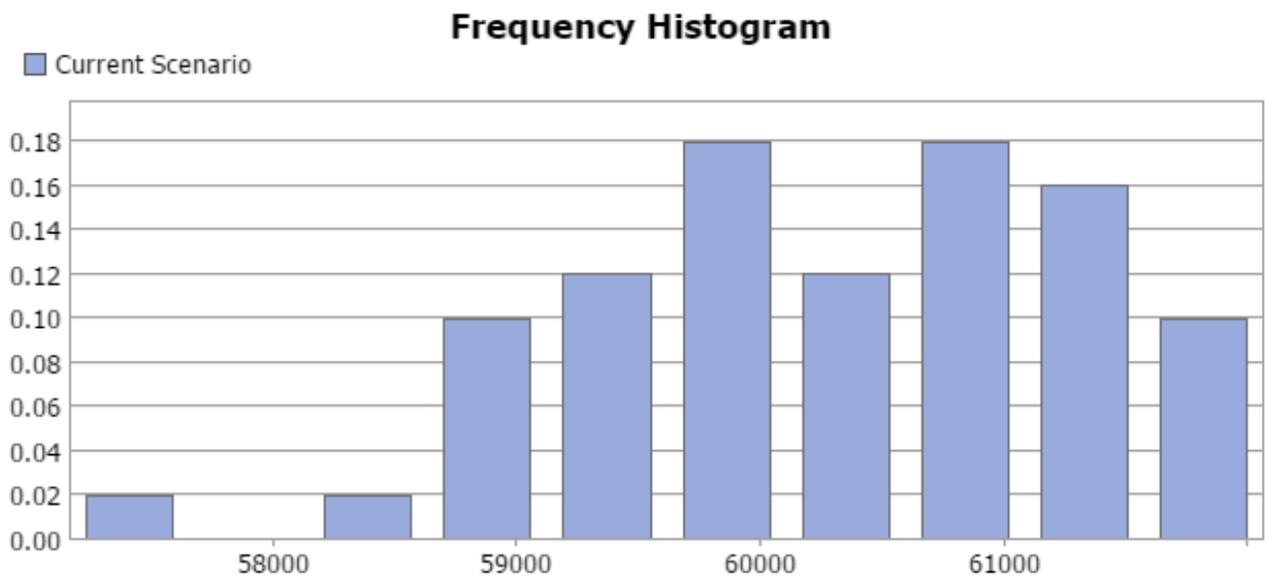


Figura 79. Frecuencia Histograma Deshuesado 1 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.10. Deshuesado 1 Output

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	59915	<	60320	<	60725	1060	57168	62063

Figura 80. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 1 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

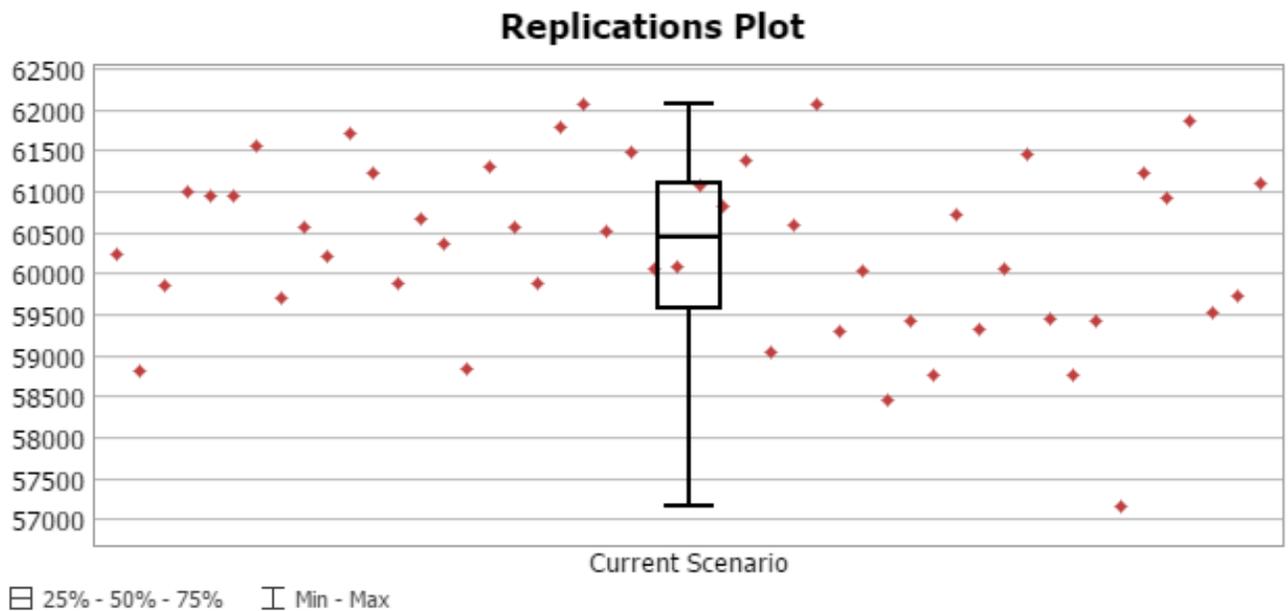


Figura 81. Replicaciones Deshuesado 1 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

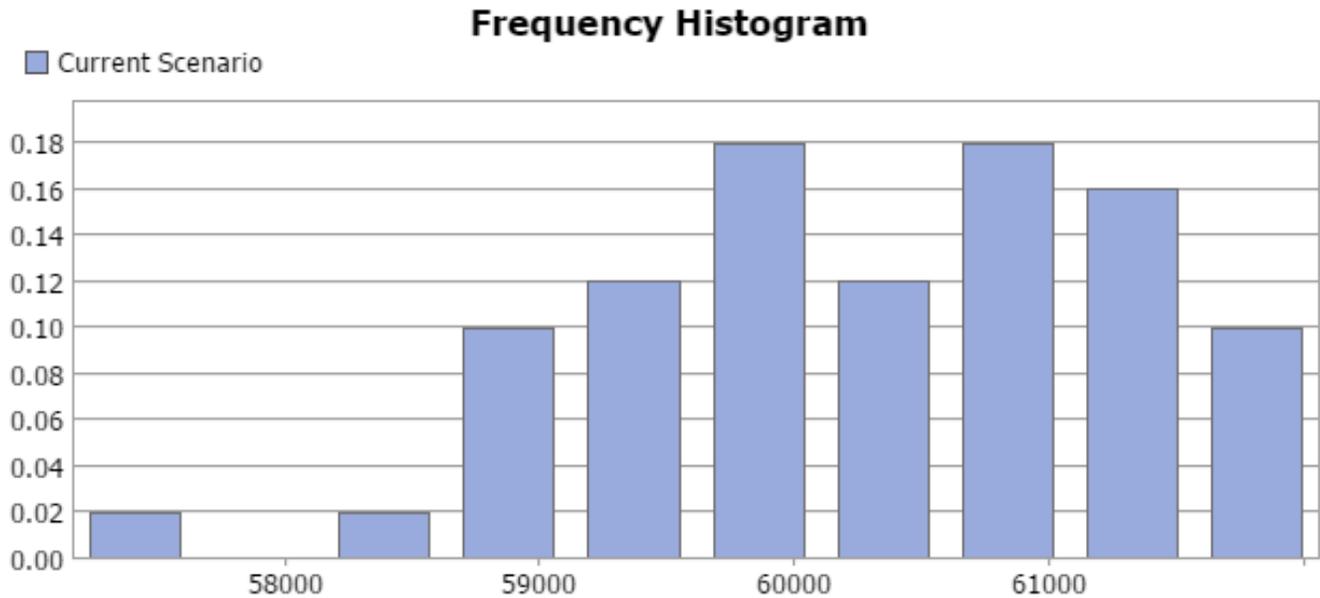


Figura 82. Frecuencia Histograma Deshuesado 1 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.11. Deshuesado 2 Input

Summary						
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	59910	<	60329	<	60748	1095
	57638					62547

Figura 83. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 2 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

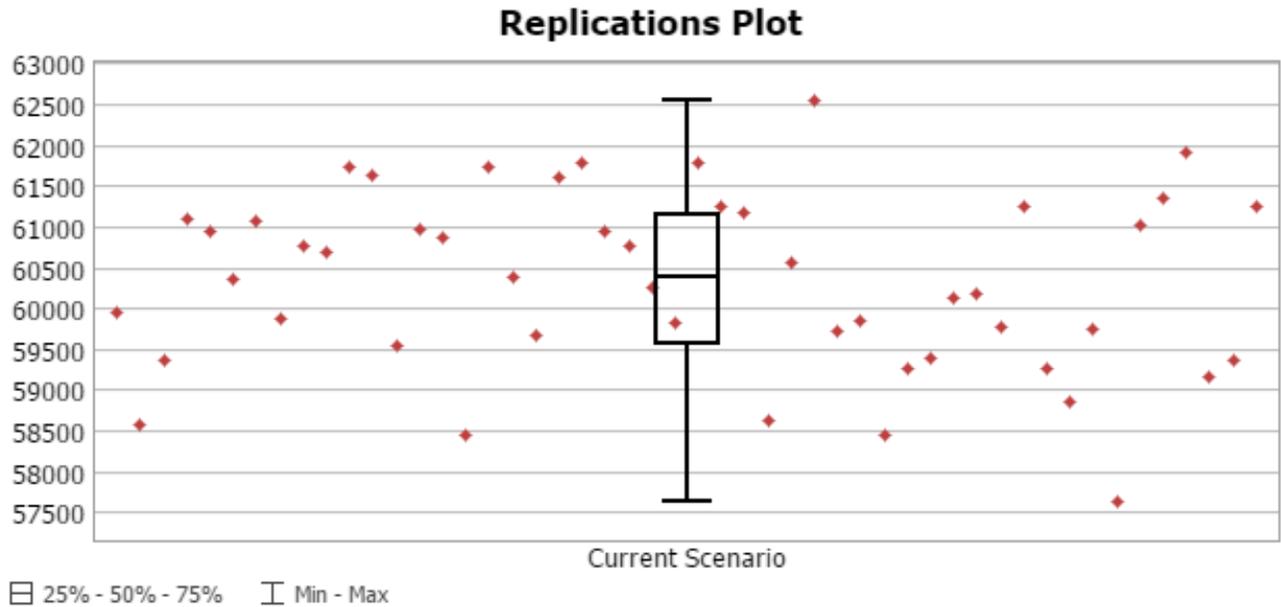


Figura 84. Replicaciones Deshuesado 2 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

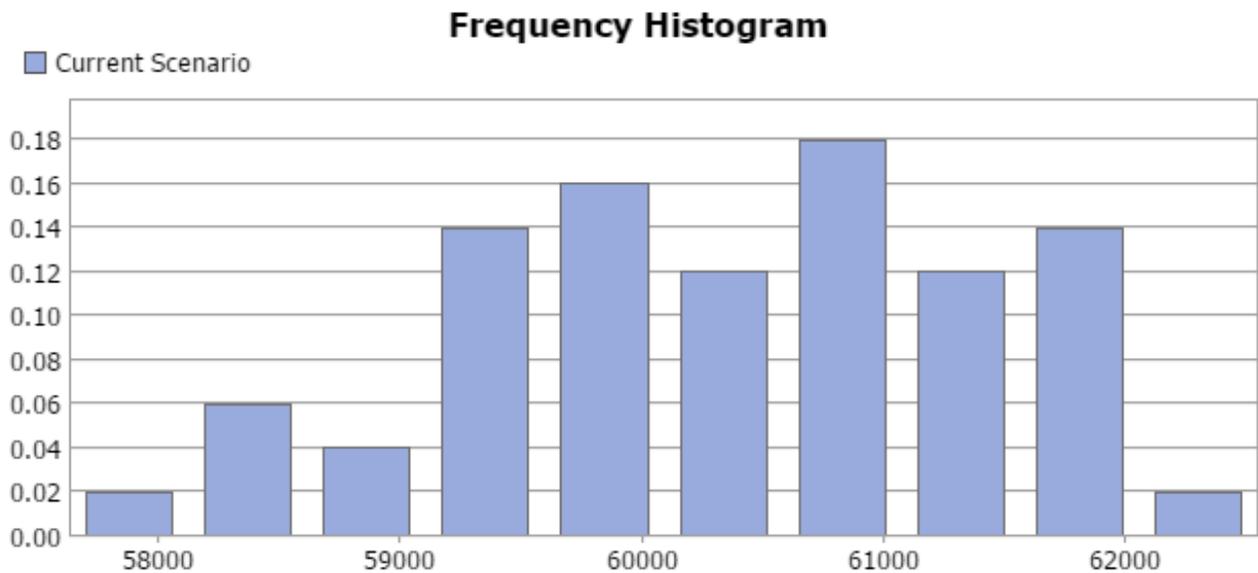


Figura 85. Frecuencia Histograma Deshuesado 2 Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.12. Deshuesado 2 Output

Las salidas en el puesto de deshuese 2 en solo 9 piezas mayor que el del deshuese 1 en promedio.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	59910	<	60329	<	60748	1095	57637	62546

Figura 86. Resumen de Datos Estadísticos Deshuesado 2 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

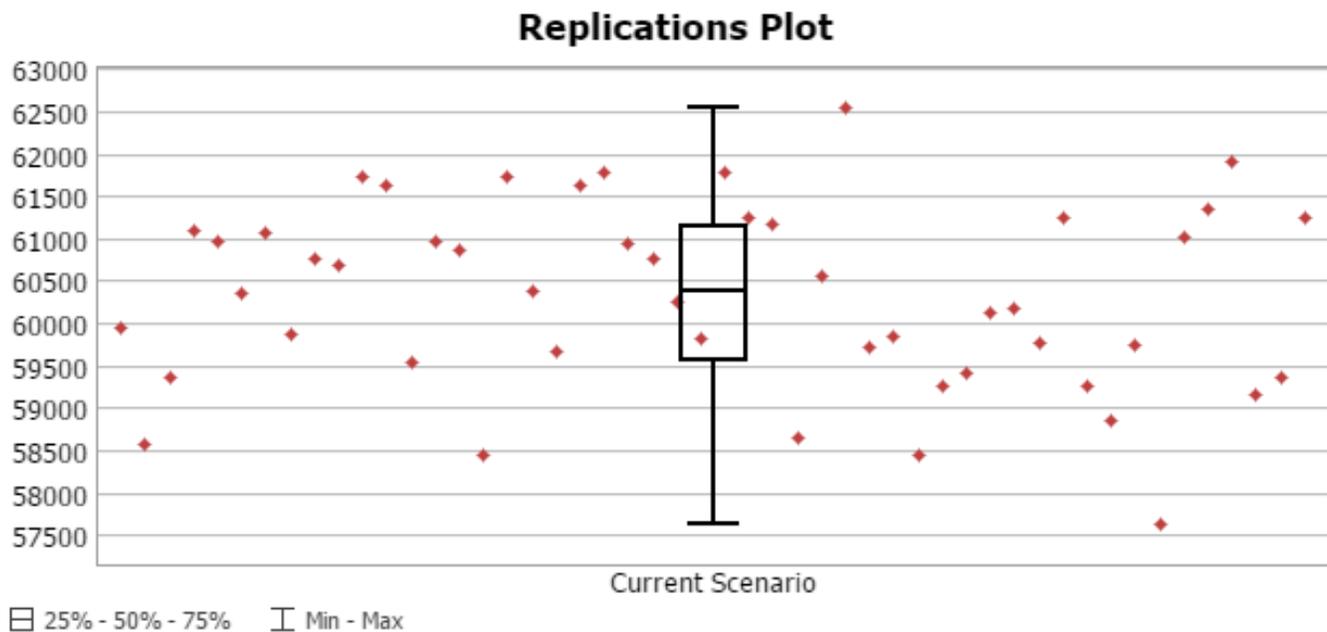


Figura 87. Replicaciones Deshuesado 2 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

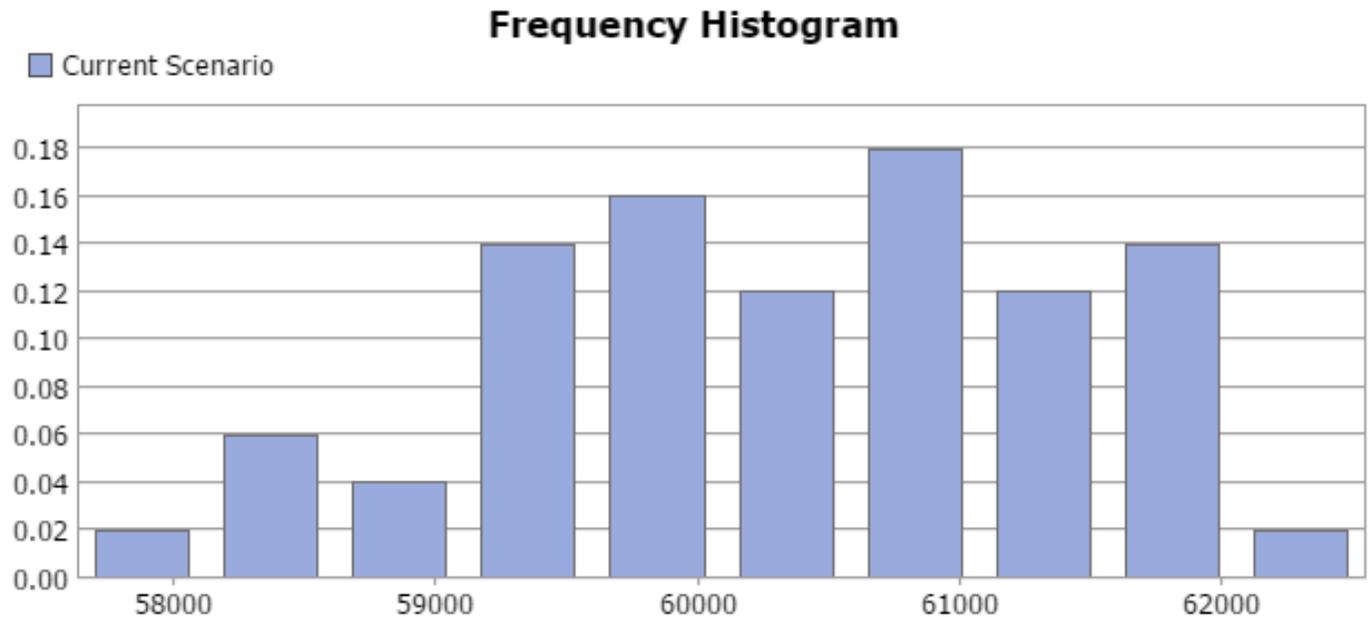


Figura 88. Frecuencia Histograma Deshuesado 2 Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.13. Empaquetado Input

Las capacidades de ambos puestos de deshuese combinados equivalen a la producción promediada del presente proceso, el empaqueta es el último proceso por el cual el jamón debe pasar antes de ser almacenado en bodega final, es necesario tener una empacadora ágil y capaz de procesar esta cantidad de piezas por día, algo que se logró satisfactoriamente en este modelo. Respondiendo a los tiempos de procesamiento y a la capacidad de la planta procesadora de jamón curado en general, el promedio de jamones tanto de entrada como de salida fue de 120649.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	119838	<	120649	<	121460	2122	114805	124609

Figura 89. Resumen de Datos Estadísticos Empaquetado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

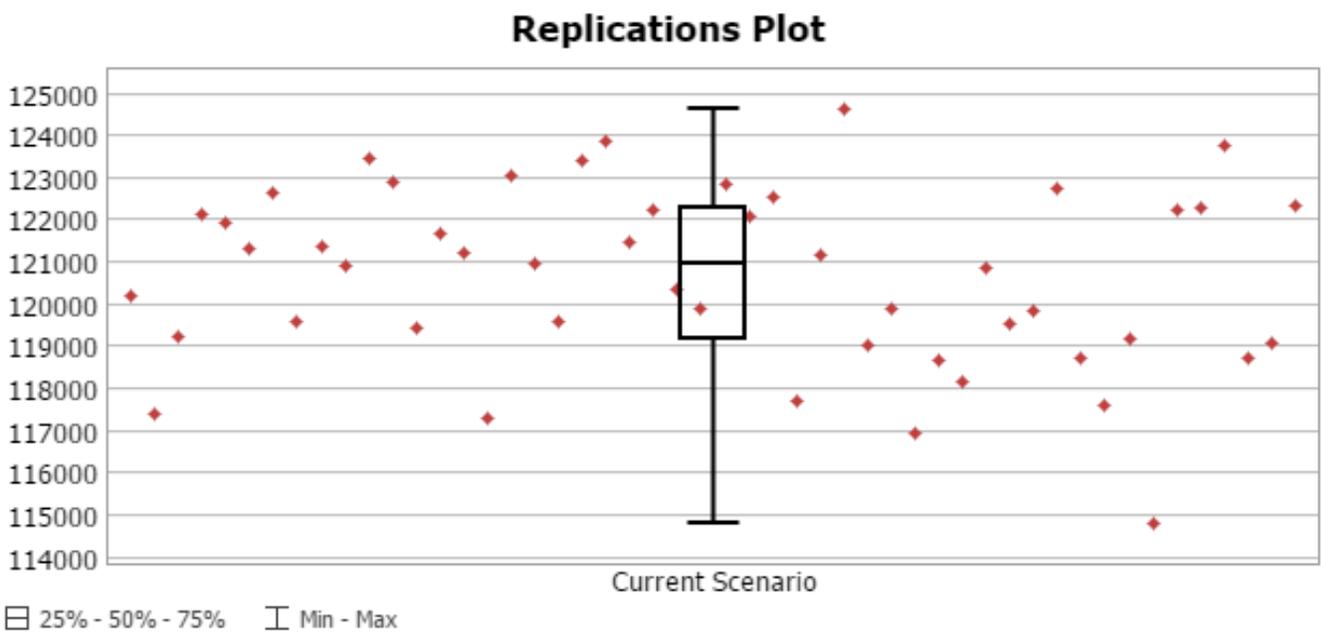


Figura 90. Replicaciones Empaquetado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

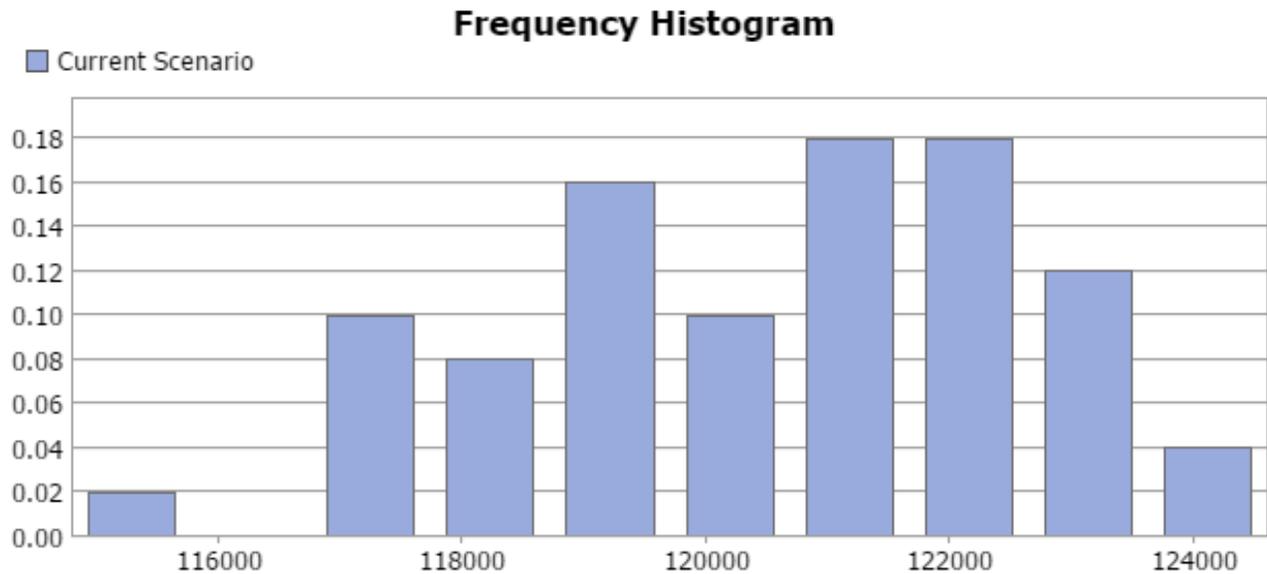


Figura 91. Frecuencia Histograma Empaquetado Input

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.14. Empaquetado Output

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	119838	<	120649	<	121460	2122	114805	124608

Figura 92. Resumen de Datos Estadísticos Empaquetado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

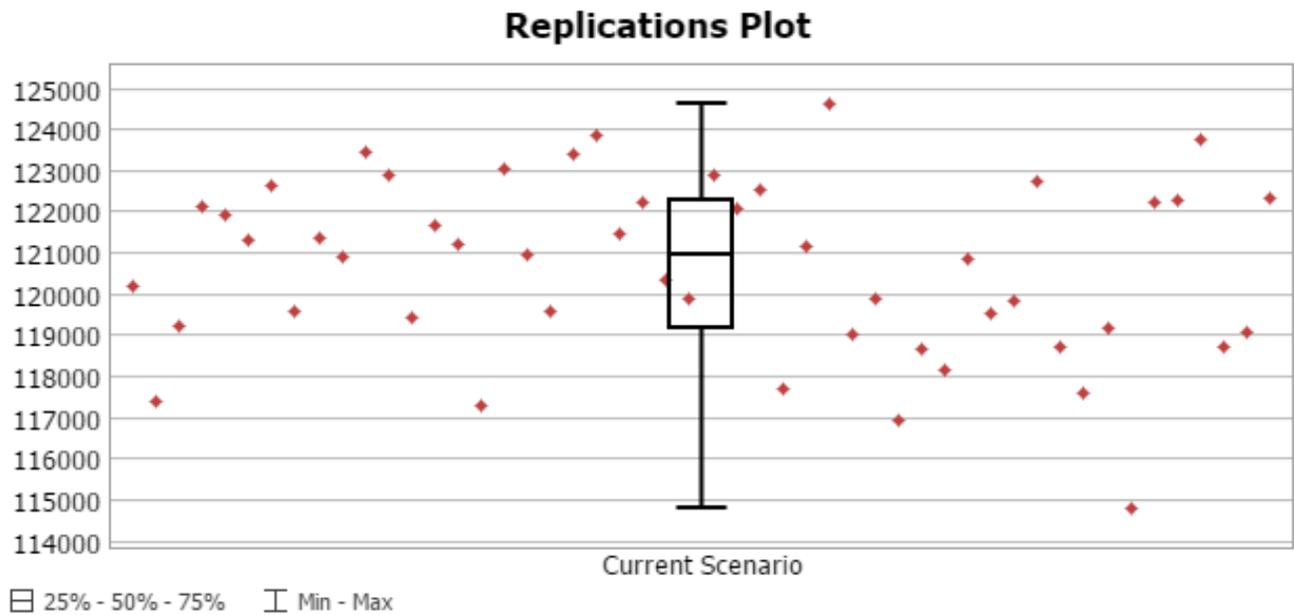


Figura 93. Replicaciones Empaquetado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

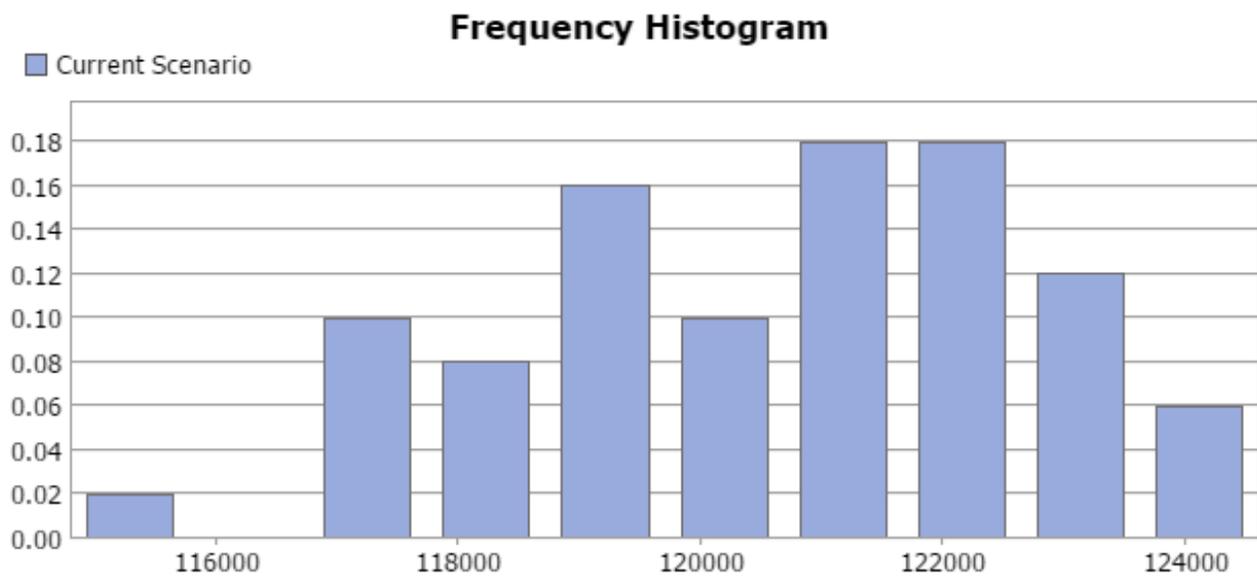


Figura 94. Frecuencia Histograma Empaquetado Output

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.15. Bodega Final

Al diseñar el modelo de una planta procesadora de cualquier tipo, se debe verificar y validar aspectos que ya se trataron con anterioridad, por lo que este resultado es respuesta de la correcta traducción al software Flexsim, el almacenamiento final promedio que arrojó la simulación al finalizar el año de producción fue de 120649 jamones. La producción real esperada es de 120.000 siendo superada por la de la simulación en un 0.53% lo que no está mal, pero evidentemente podría representarse de una mejor forma con un porcentaje mayor a este solo por temas de extra planeación o eventos independientes que hagan fluctuar dicha demanda, sin embargo, el propósito trazado es alcanzado sin lugar a dudas.

Summary								
	Mean (99% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Current Scenario	119838	<	120649	<	121460	2122	114805	124608

Figura 95. Resumen de Datos Estadísticos Bodega Final

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

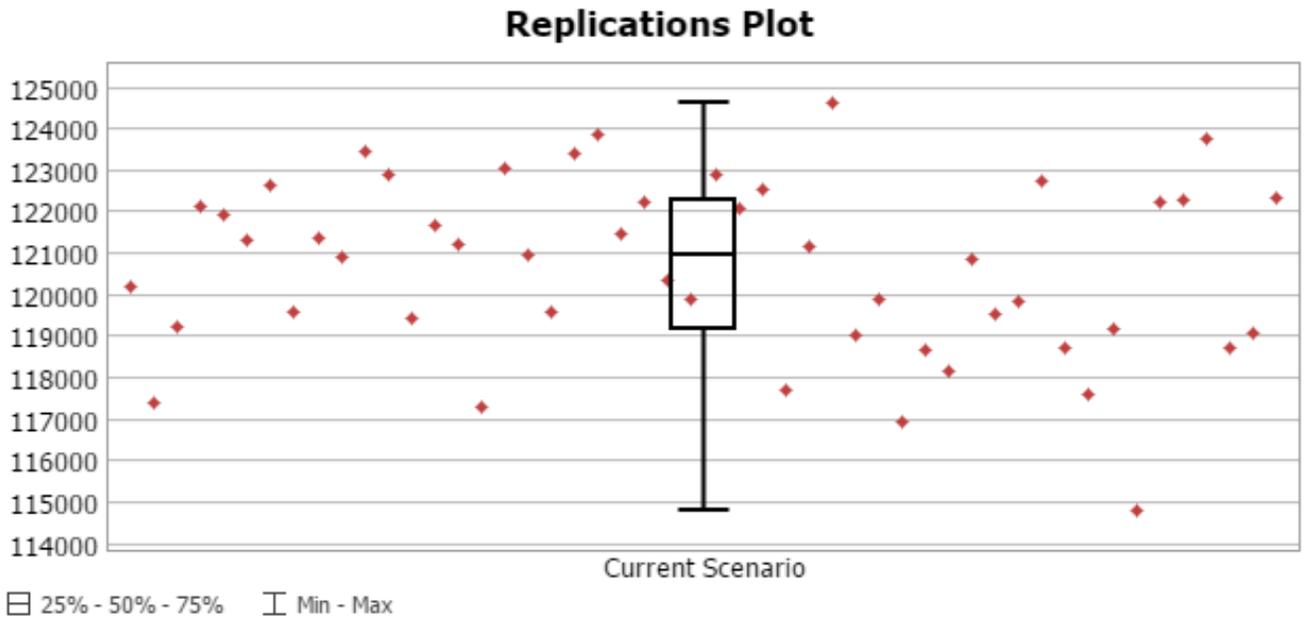


Figura 96. Replicaciones Bodega Final

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

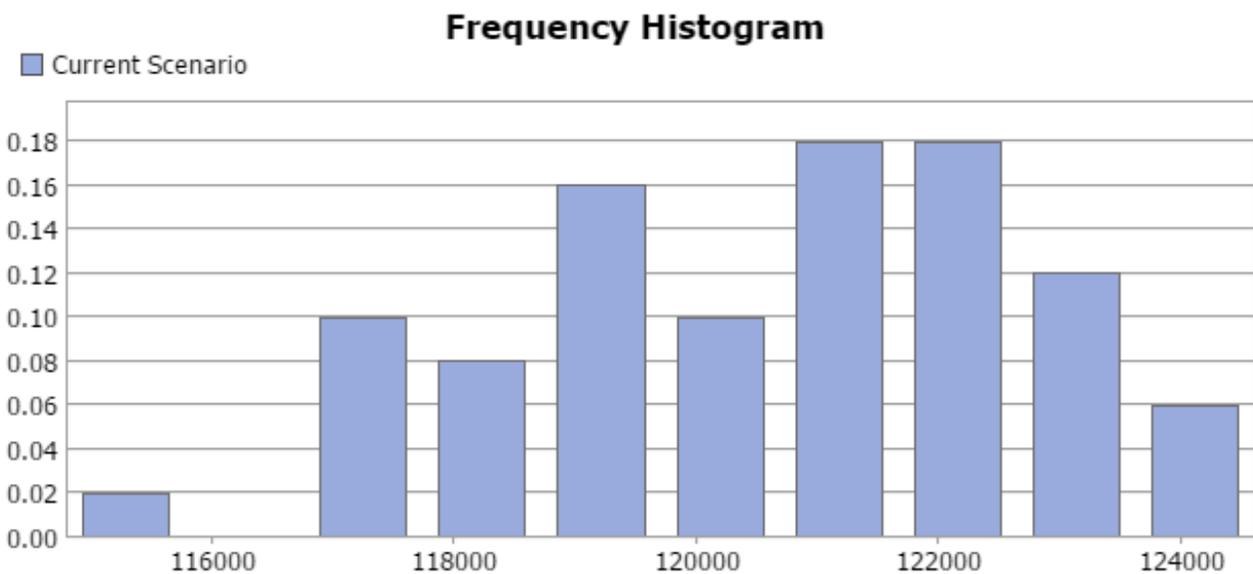


Figura 97. Frecuencia Histograma Bodega Final

Fuente: Reporte Generado por Flexsim

4.7.16. Beneficios académicos de la simulación de procesos productivos

La labor de diseñar y aplicar este modelo de simulación acelero la comprensión de la industria, del proceso y del sistema, facilito la explicación, el mejoramiento y la identificación de posibles problemas, al igual que se pudo probar cambios en el sistema. Con la Simulación, se puedo determinar y observar las fallas que se encontraron o se pudieron presentar en el sistema, ya que la simulación nos permitió saber qué es lo que ocurriría en un proceso al modificar una o varias variables y obtener la respuesta a las preguntas ¿Qué pasaría si...? lo que permitió obtener la mejora de resultados y hacer cualquier cambio pertinente en él.

Otro beneficio sería el módulo “Experimenter” del software Flexsim, es una herramienta que anteriormente señalamos como la responsable de la ejecución de las múltiples replicas y simulación del sistema instalado, a continuación, se presentan algunas capturas tomadas en el proceso de simulación elaborado por los autores.

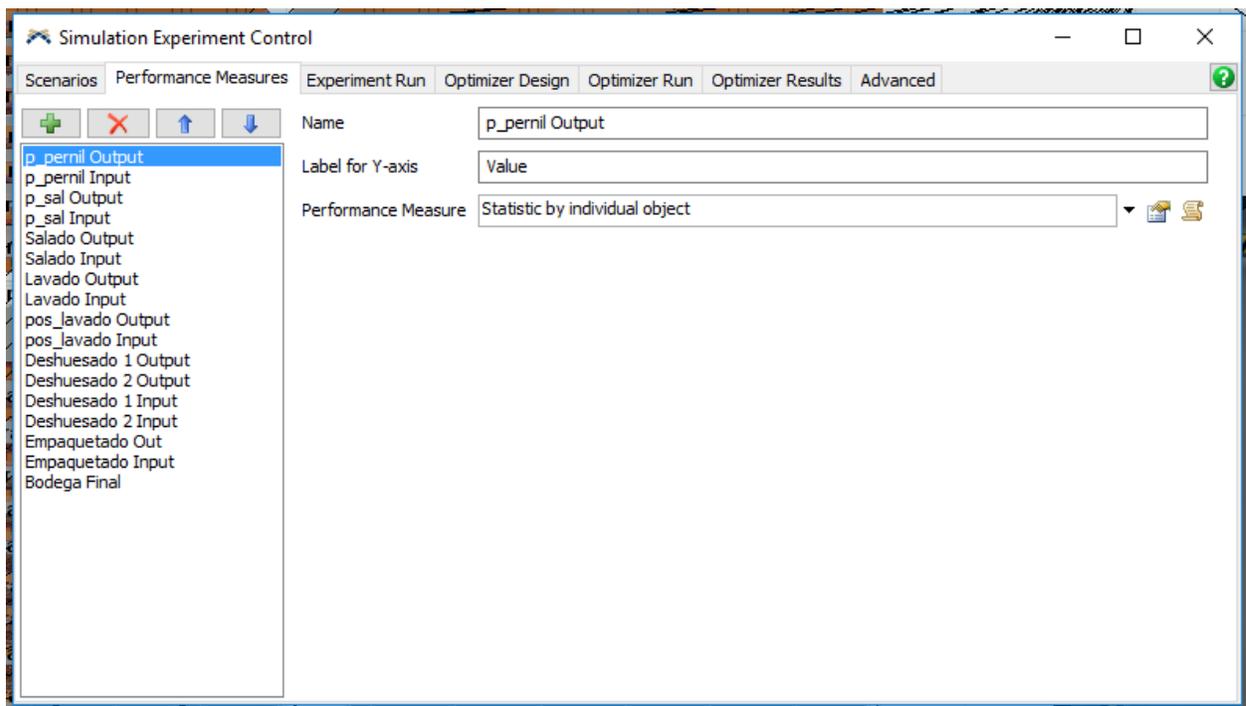


Figura 98. Captura de pantalla del módulo Experimenter

Fuente: Autores

Este módulo Experimenter, motor estadístico de Flexsim, nos brinda la opción de simular en diferentes escenarios, diferentes variables, con diferentes cambios y todo simultáneamente, razón por la cual se convierte en una de las principales armas de un ingeniero en contra de la planeación y creación de estrategias organizacionales.

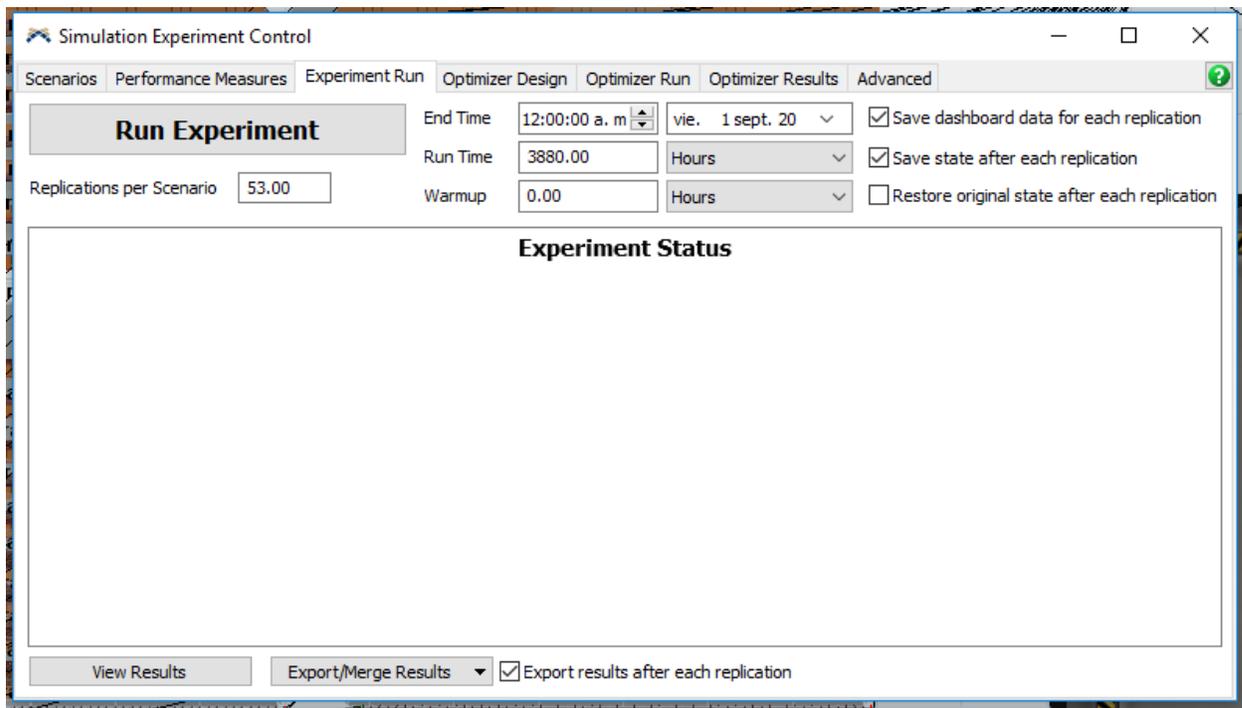


Figura 99. Captura de pantalla al módulo experimenter

Fuente: Autores

El objeto del presente proyecto básicamente consiste en simular una planta procesadora de jamón curado, tarea que se llevó a cabo satisfactoriamente, donde se pudo analizar distintos tipos de gráficos estadísticos precisos y con información exacta, resultantes de la simulación, en general, la simulación cada vez tiene mucha más importancia en el ámbito empresarial, y son paradigmas que se deben ir rompiendo poco a poco en busca de la utilidad máxima de estos beneficios propios de este ente.

5. Conclusiones

Conocer detalladamente el flujo de un proceso productivo, conlleva a conocer detalladamente el sistema con que se rige dicha industria, más cuando el flujo en cuestión se trata del único flujo que maneja la empresa, allí es donde la caracterización de los procesos juega un papel importante dentro de cualquier proyecto o iniciativa ya sea universitaria, empresarial, o de cualquier índole. Aquí es donde se analizará individualmente cada departamento o zona interna de la planta, la maquinaria requerida, los operarios por puestos de trabajo, los materiales y utensilios necesarios, sin duda nos brinda una base, fundamentos que son claves e indispensables. Lo dicho anteriormente plantea la primera conclusión, la cual hace alusión hacia la necesidad de balancear la línea de producción de la planta procesadora de jamón curado con el fin de lograr la producción o capacidad anual requerida. Dando la seguridad y la certeza de que en teoría (Esto se confirma con los resultados arrojados de la simulación) se está alcanzando un máximo valor requerido (demanda) con los mínimos esfuerzos.

Luego de realizar todos los pasos correspondientes al Layout de planta, se obtuvo que las distancias recorridas, la comunicación entre departamentos, entre otros aspectos más se redujeron notablemente, viéndose reflejado en la tendencia del flujo de materiales, el cual puede observarse de una forma lineal e interrelacionado en el plano arquitectónico. También se obtuvo que las dimensiones determinadas para cada área o espacio de trabajo fueron óptimas, dando bases para la elaboración de iniciativas de proyectos académicos que tengan la misma naturaleza teórica dirigidos a la Planificación Sistemática de la Distribución en planta.

En la cultura actual donde todos nos vemos envueltos el término simulación significa algo incierto, poco creíble, innecesario y en muchos casos una pérdida de tiempo y dinero, pero con la elaboración de este trabajo se ha podido evidenciar lo útil que puede ser un buen software de simulación como lo es Flexsim en las manos correctas, luego de involucrar todas las variables a tener en cuenta (Distribuciones estadísticas, tiempos de procesamiento, tiempos de permanencia, entre otros), y verificar que tan semejante era el modelo final con el planteado inicialmente se obtuvo que el porcentaje de validación del presente modelo era de un 83% dicho de alguna forma, guarda gran parte de similitud con la realidad. Se concluye que el simular procesos productivos en

un software como este sin lugar a duda representa una gran ventaja a la hora de crear estrategias organizacionales. Y desde el punto de vista académico permite al estudiante conocer detalladamente procesos de producción enteros, facilitándole el análisis de los mismos y desarrollando en ellos habilidades para la resolución de problemas frente a casos particulares de la vida real.

Se obtuvo que de las 120.000 unidades demandadas en el año, se alcanzó una producción de más de 120.600 jamones, siendo verdadera la hipótesis que inicialmente se había dado.

No se presentaron cuellos de botellas dentro del sistema, las máquinas de producción operaron de manera eficiente.

La planta de jamón curado trabaja el 100% de su capacidad, según el balanceamiento de líneas de producción y los resultados de las distintas replicas.

Las colas o tiempos de espera entre departamentos de producción de los jamones en proceso son mínimos, la sección de secado es el que mayor inventario presenta, esto por la naturaleza del procedimiento explicado anteriormente. La espera de los 4 meses para que el jamón madure y pueda ganar propiedades propias de un alimento saludable y tan codiciado.

6. Recomendaciones

La complejidad de un sistema no debe ser obstáculo para la correcta elaboración de un modelo de simulación, el indagar, investigar, estudiar e interpretar son una de las labores propias de todo investigador, tareas que se deben convertir en el día a día del alumno o persona que esté en un proyecto similar al presentado en este trabajo.

En cuanto a Flexsim, el software si bien es un componente o herramienta que la institución está comenzando a utilizar y en este proceso alumnos emprendedores y atrevidos son los que están destinados a darle el mayor uso y sacarle un mayor provecho a este itinerario.

6.1. Recomendaciones para la planta procesadora simulada

Una de las recomendaciones apunta más a una inconformidad o limitante que se tuvo en el proceso de simulación, pero que con la pericia obtenida en el trato diario con el software se logró familiarizarse con este y así poder darle un mejor uso, la estabilidad del modelo que se gana con un gran número de réplicas o corridas presentaba un error al dar una o dos de esas replicas como valores inexistentes, es decir, cero, esto son problemas que un alumno día a día debe estar preparado para solucionar y buscar de una manera confiable una solución rápida y precisa.

De una manera general, Flexsim es un software completo, presto para múltiples usos con una gama de recursos y herramientas que sin duda son de vital trascendencia en el conocimiento académico de cualquier persona en una carrera administrativa y/o financiera.

7. Referencias Bibliográficas

- Aires, U. d. (2003). *Sistemas, Modelos y Simulación*. Buenos Aires: Fiuba.
- Alzate, R. C. (22 de Agosto de 2015). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/rodolf22/manual-en-espaol-de-software-flexsim>
- Asaja. (2009). Obtenido de Asaja: www.asajanet.es
- Barcelo, J. (1996). *Simulación de Sistemas Discretos*. España: Isdefe.
- Barroso, J. V. (2012). *JAMON IBERICO Y SERRANO Fundamentos de la elaboracion y de la calidad*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Bernad, *Equipamiento Industrial Alimentaria*. (2010). Obtenido de <http://www.tiendabernad.com/es/palets/4377-PALET-INOX-PARA-JAMONES.html>
- Bu, R. C. (2003). *Simulación, Un Enfoque Práctico*. México: Limusa S.A.
- Cabascango, L. (6 de Junio de 2011). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/568/5/CAPITULO%20V.pdf>
- Carcamo, L. (12 de Junio de 2015). *Prezi*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/jbzeppjk1xev/pronostico-de-la-demanda/>
- Casanova, M. C., Ramos, X. R., & Matheu, N. F. (2012). *Diseño de Complejos Industriales*. Barcelona: UPC.
- Charles, H., Biman, G., & Royce, B. (2004). *Simulation Using Promodel*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Consumo y Mercadeo Blogspot*. (26 de Marzo de 2011). Obtenido de Consumo y Mercadeo Blogspot: <http://consumoymercadeo.blogspot.com.co>
- Documents*. (23 de Junio de 2013). Obtenido de Documents: <http://documents.mx/documents/tabla-matricial.html>

- El Lado Luminoso de La Fuerza*. (Abril de 2013). Obtenido de El Lado Luminoso de La Fuerza:
<http://el-lado-luminoso-de-la-fuerza.yolasite.com/resources/Apunte%201%20pronostico%20de%20la%20demanda.pdf>
- Erilkin, P. C. (Junio de 2005). *Cybertesis Universidad del Bío Bío*. Obtenido de Cybertesis:
http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2005/concha_p/html/index-frames.html
- Fac, I. (2010). *Manual de Maquinaria del Proceso del Jamón Curado*. España: FAC.
- Forte, J. F. (Junio de 2005). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/document/322396761/Guia-Simulacion-Procesos-Industriales>
- Galgano, A. (1995). *Los 7 Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- García, D., & Fernández, I. Q. (2005). *Distribución en Planta*. España: Universidad de Oviedo.
- Guanoluisa, N. A. (Julio de 2014). *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi:
<http://181.112.224.103/bitstream/27000/1892/1/T-UTC-1782.pdf>
- Guasch, A., Piera, M., Casanovas, J., & Figueras, J. (2003). *Modelado y Simulación*. Barcelona: UPC.
- Guerrero, A. S. (2017). *Pronostico de la Demanda*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Gutierrez, J. B. (2008). *Jamon Curado: Aspectos científicos y tecnologicos*. Madrid: Diaz de Santos.
- Hernández, E. A. (2011). *Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de Universidad Industrial de Santander: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/index.jsp>
- Hernandez, L. M. (4 de Noviembre de 2013). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare:
<http://es.slideshare.net/luzmariachdz/manual-slp>
- Industrias Fac*. (2012). Recuperado el 08 de 11 de 2016, de Industrias Fac:
http://www.industriasfac.com/productos_detalle.php?pid=13

- Interibericos*. (2005). Obtenido de Interibericos: www.interibericos.com
- Interporc*. (2015). Obtenido de Interporc: <http://interporc.com>
- ITESO*. (1 de Marzo de 2011). Obtenido de ITESO: <https://www.iteso.mx/>
- Jamones de Extremadura*. (2015). Obtenido de Jamones de Extremadura: <http://jamones-de-extremadura.es/cuchillos-para-cortar-jamon-iberico/#prettyPhoto>
- Jamones deshuesados*. (7 de Agosto de 2016). Obtenido de Jamones deshuesados: <http://jamonesdeshuesados.es/jamones-deshuesados-parcialmente/>
- López, E. F. (24 de Junio de 2015). *Myslide*. Obtenido de Myslide: <http://myslide.es/education/distribucion-en-planta-558b1d3ab7730.html>
- Lorenzo, J., Carballo, J., Carril, J., & Franco, D. (2008). Jamón, Xamoneta y Lacón de Cerdo de Celta. 89. España: IBC.
- Marmolejo, I., Santana, F. R., Macías, R. G., & Mayorga, V. P. (Enero de 2013). *Redalyc*. Obtenido de Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61428315005>
- Monfort, J. M., Arboix, J. A., & Centro Tecnología de la Carne (IRTA). (1 de Septiembre de 1998). *Eurocarne*. Obtenido de Eurocarne: <http://www.eurocarne.com/daal?a1=informes&a2=JamonCurado.pdf>
- Monografias*. (2012). Obtenido de Monografias: <http://www.monografias.com/trabajos94/matlab-y-sus-comandos/matlab-y-sus-comandos2.shtml>
- Montolivo, O. (2010). Simulación de procesos del Te Negro. *Trabajo de Grado para la obtención del título de Ingeniero Civil Industrial*, 62. Concepción: Universidad del Bio.
- Noticias Juridicas*. (13 de Junio de 2014). Obtenido de Noticias Juridicas: http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd1079-2008.html

- PCE Iberica Instrumentación.* (1999). Obtenido de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-ph-pce-instruments-medidor-de-ph-pce-228w-det_5839945.htm?_list=kat&_listpos=8
- Piñol, S. c. (06 de 2010). *DEEEA*. (E. T. Ingeniería, Ed.) Recuperado el 11 de 2016, de DEEEA: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1528pub.pdf>
- RAE. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. España: Vigésima Segunda Edición.
- Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante.* (6 de Febrero de 2012). Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20587/1/Simulacion_de_un_proceso_industrial_mediante_FlexSim.pdf
- Sabino, C. (1996). *El proceso de la Investigación*. Buenos Aires: Lumen.
- Salamanca, M. (7 de Diciembre de 2010). *Blog Jamón Ibérico*. Obtenido de <https://blogjamoniberico.wordpress.com/tag/grasa/>
- Sara. (22 de Febrero de 2010). *Simulcompmatamoros Blogspot*. Obtenido de Simulcompmatamoros Blogspot: <http://simulcompmatamoros.blogspot.com.co>
- Scribd.* (21 de Abril de 2011). Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/53499992/PRONOSTICOS-DE-VENTAS-SIN-DATOS-HISTORICOS>
- Segura, Y. A., & Ortega, D. J. (2014). *Repository Uniminuto*. Obtenido de Repository Uniminuto: http://repository.uniminuto.edu:8080/jspui/bitstream/10656/3078/1/TTL_AlbaSeguraYull_y_2014.pdf
- Shannon, R. E. (1988). *Simulación de Sistemas: Diseño, Desarrollo e Implementación*. México: Trillas.
- Sierra, M. (1 de Abril de 2011). *Pronosticos de la Demanda*. Obtenido de Pronosticos de la Demanda: <https://pronosticos-de-la-demanda.wikispaces.com/>

Sistedes. (2014). Obtenido de Sistedes: <http://www.sistedes.es/>

Solé, A. C. (1989). *Simulación de Procesos con PC*. España: Marcombo.

Sortino, R. A. (6 de 2001). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet:
file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/Dialnet-
RadicacionYDistribucionDePlantaLayoutComoGetionEmp-3330316%20(2).pdf

Suñe, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Diaz de Santos.

Vallhonrat, J., & Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y mantenimiento*. Barcelona, España: Marcombo Editores.

Vanaclocha, A. C. (2004). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*. Madrid, España: Mundi Prensa.

Vaughn, R. (1988). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona: Reverté.

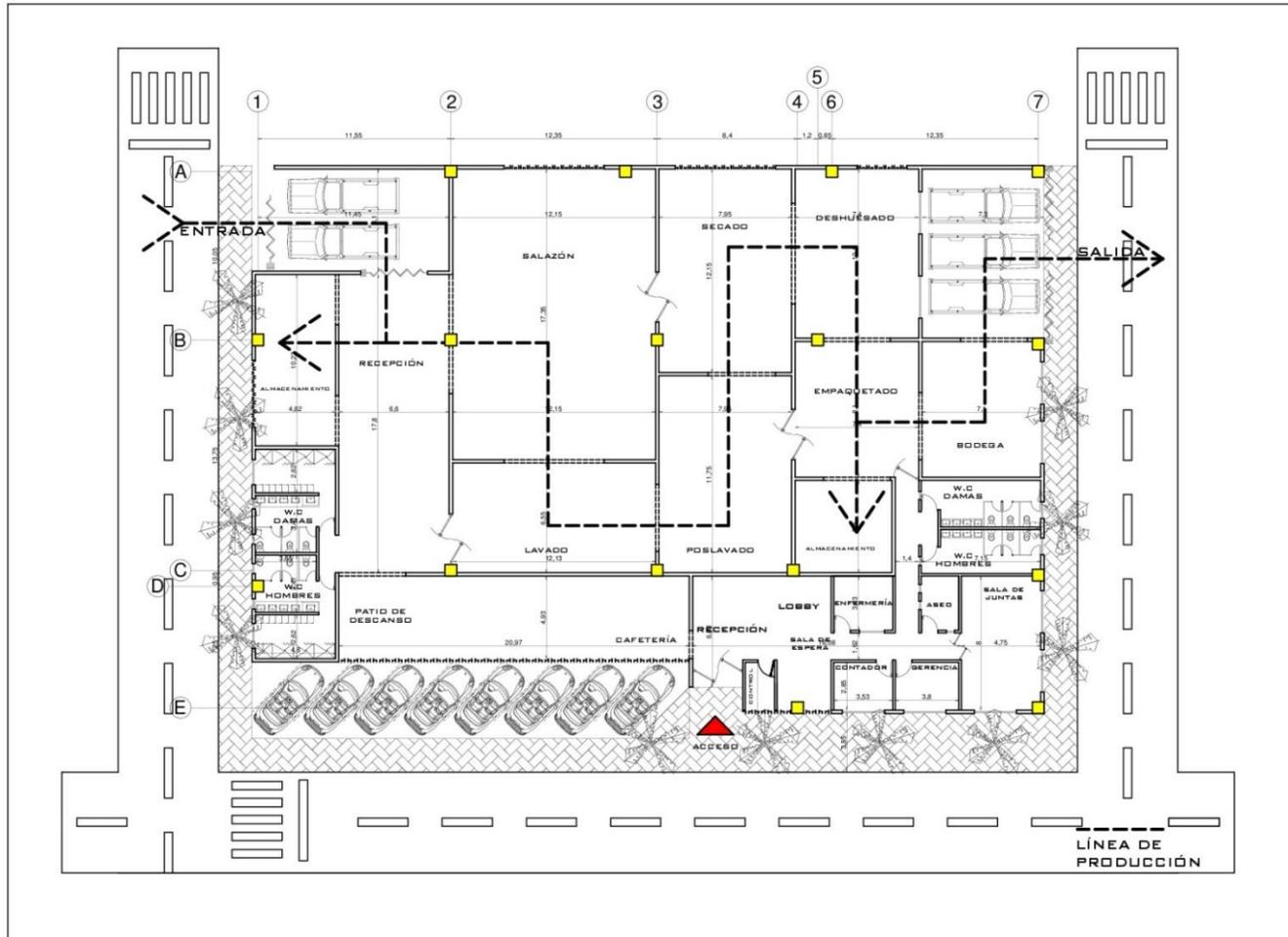
Anexo 1

Plano Sectorización de las áreas B



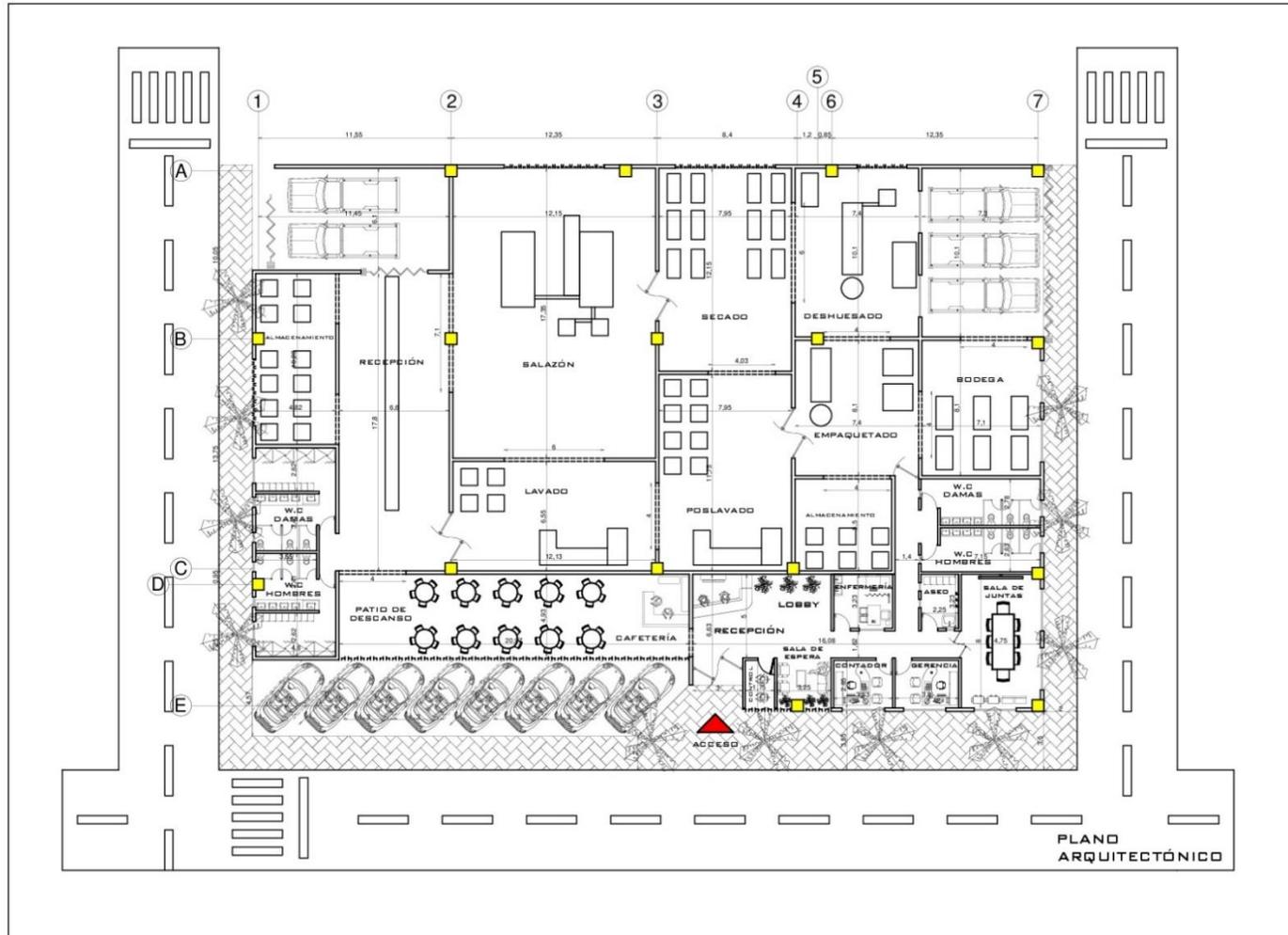
Anexo 2

Plano Línea de Producción A



Anexo 4

Plano Arquitectónico A



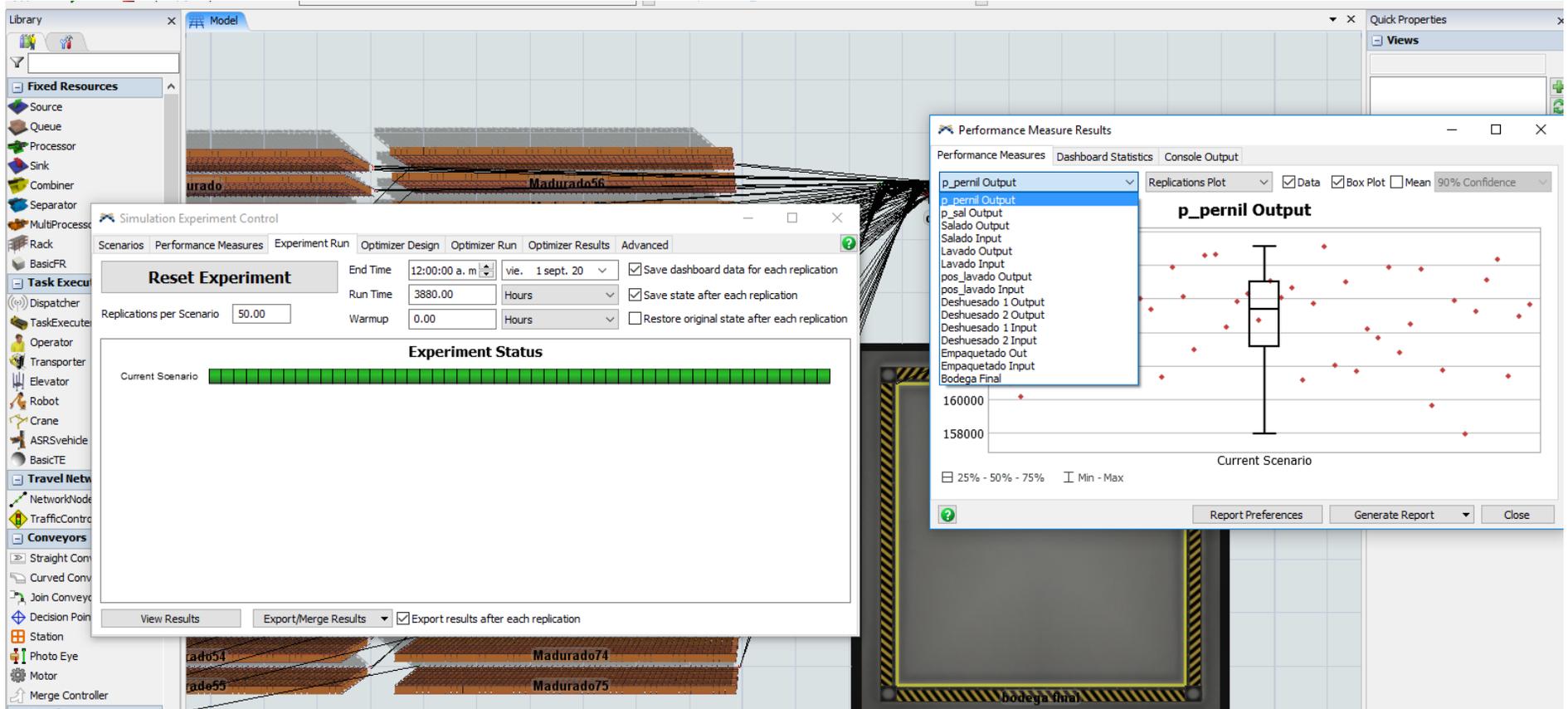
Anexo 5

Plano Arquitectónico B



Anexo 6

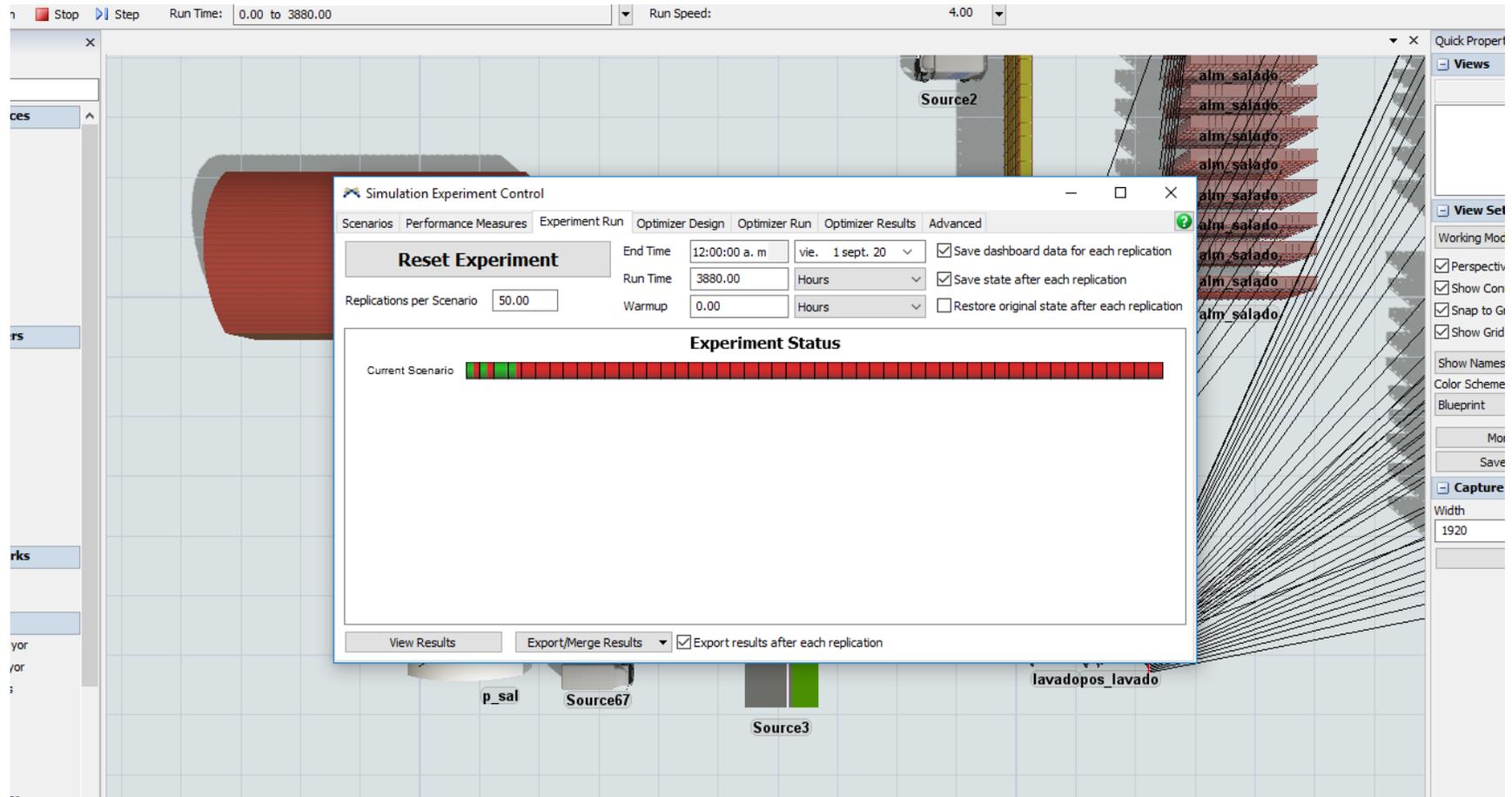
Experimentación y reporte generado de la Simulación



The screenshot displays a simulation environment with a 3D model of a production line. The model includes components labeled 'Madurado56', 'Madurado54', 'Madurado55', 'Madurado74', 'Madurado75', and 'Bodega final'. A 'Simulation Experiment Control' dialog box is open, showing settings for 'Reset Experiment', 'Replications per Scenario' (50.00), 'End Time' (12:00:00 a. m.), 'Run Time' (3880.00), and 'Warmup' (0.00). It also includes an 'Experiment Status' section with a green progress bar and options for 'Export/Merge Results' and 'Export results after each replication'. A 'Performance Measure Results' window is also open, displaying a box plot for 'p_pernil Output'. The box plot shows the distribution of data points, with a median around 159000 and a range from approximately 158000 to 160000. The window includes a list of performance measures and options for 'Replications Plot', 'Data', 'Box Plot', 'Mean', and '90% Confidence'.

Anexo 7

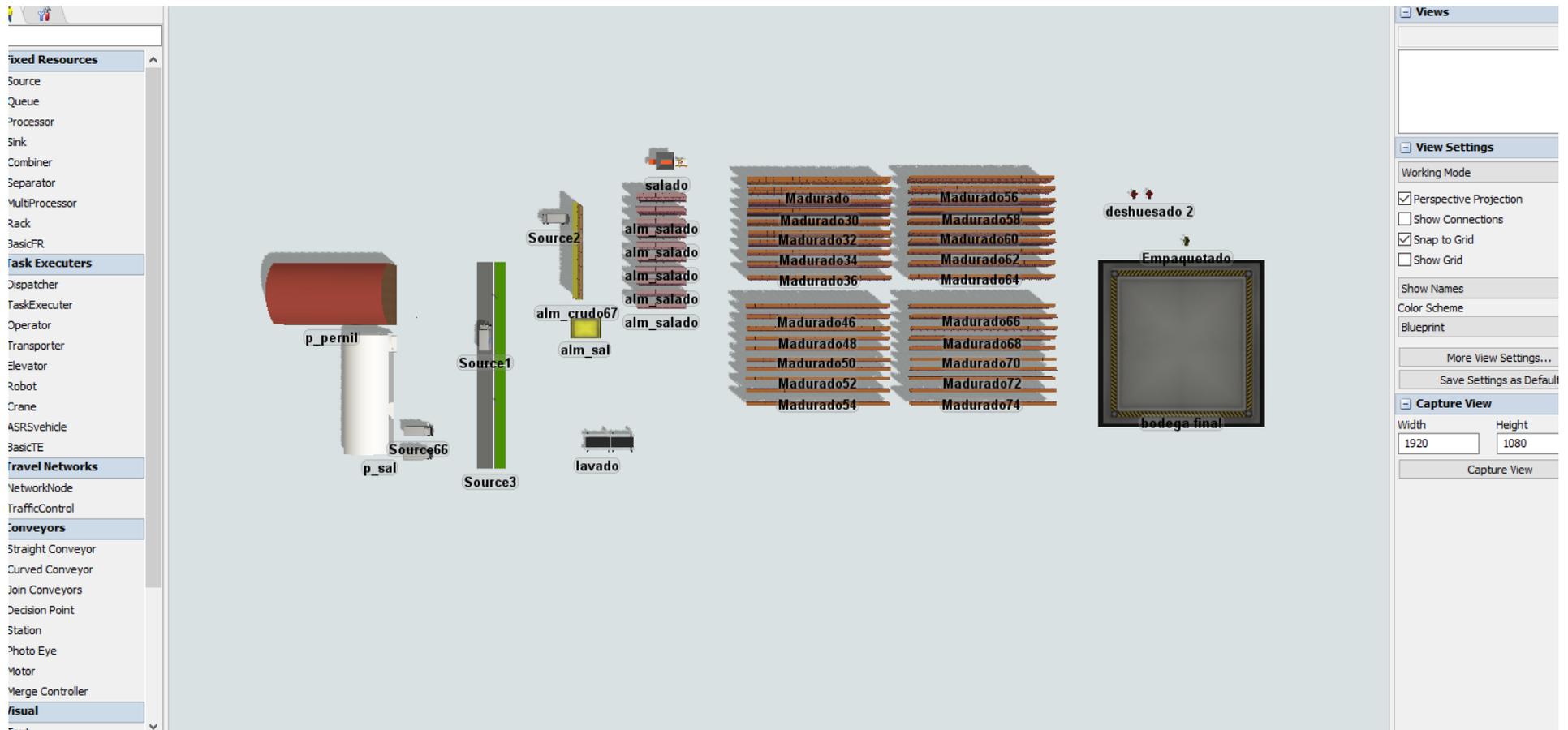
Experimentación de la Simulación



The screenshot displays a simulation software interface. At the top, there are controls for 'Stop', 'Step', 'Run Time: 0.00 to 3880.00', and 'Run Speed: 4.00'. The main area shows a 3D model of a production process with various components labeled, including 'Source2', 'p_sal', 'Source67', 'Source3', and 'lavadapos_lavado'. A large red cylindrical component is prominent on the left. A 'Simulation Experiment Control' dialog box is open in the center, featuring several tabs: 'Scenarios', 'Performance Measures', 'Experiment Run', 'Optimizer Design', 'Optimizer Run', 'Optimizer Results', and 'Advanced'. The 'Experiment Run' tab is active, showing a 'Reset Experiment' button, 'Replications per Scenario' set to 50.00, and fields for 'End Time' (12:00:00 a. m), 'Run Time' (3880.00), and 'Warmup' (0.00). There are also dropdown menus for dates and units. Checkboxes include 'Save dashboard data for each replication', 'Save state after each replication', 'Restore original state after each replication', and 'Export results after each replication'. An 'Experiment Status' section shows a progress bar for the 'Current Scenario'. The right side of the interface has a 'Quick Properties' panel with 'Views' and 'View Set' sections, including options like 'Working Mode', 'Perspective', 'Show Contours', 'Snap to Grid', 'Show Grid', 'Show Names', 'Color Scheme', and 'Blueprint'. There are also buttons for 'More', 'Save', and 'Capture', along with a 'Width' field set to 1920.

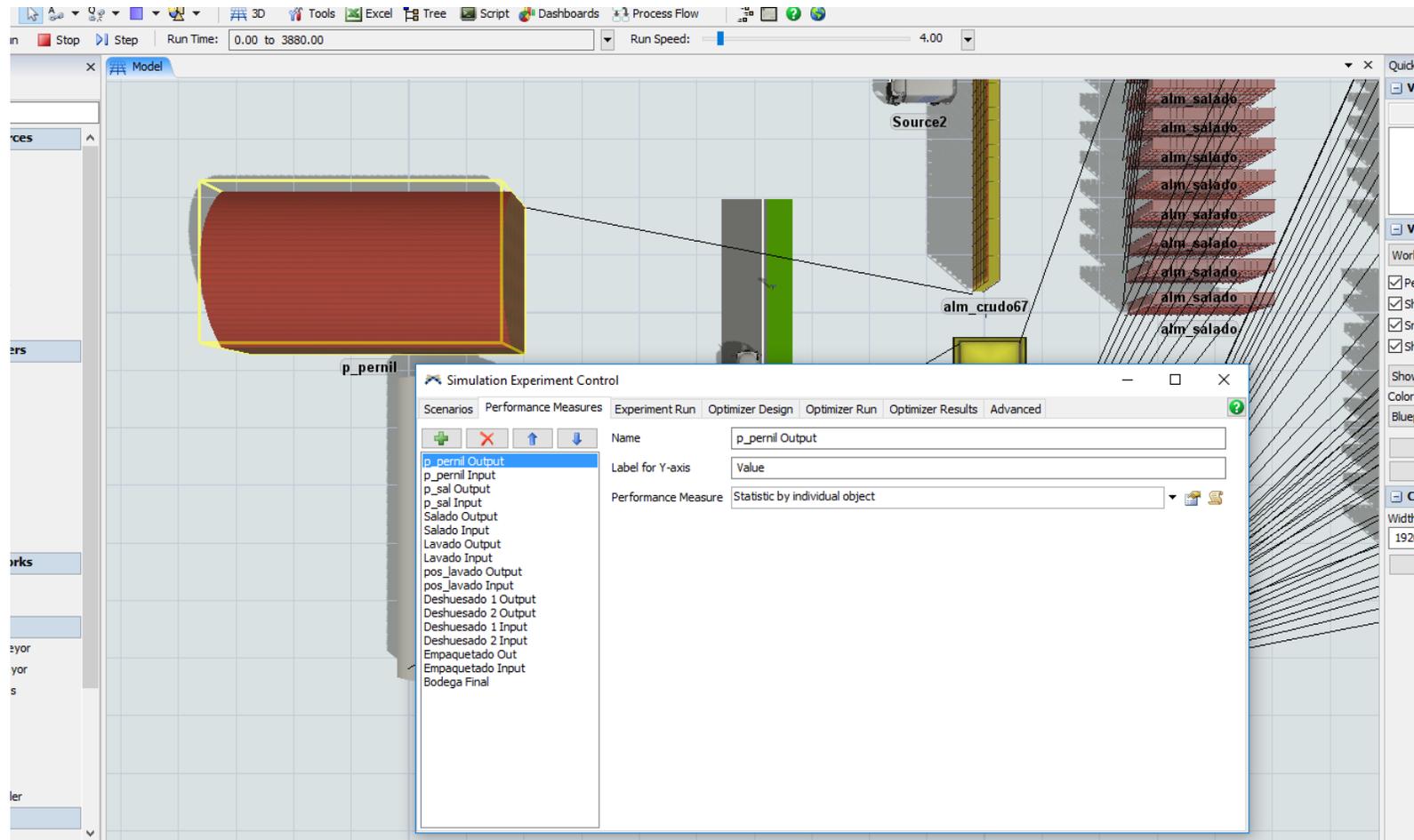
Anexo 8

Vista Superior Simulación en Flexsim



Anexo 9

Variables a analizar en la experimentación de escenarios de la simulación.



The screenshot displays a simulation software interface with a 3D model of a production process. The model includes a large red cylindrical tank labeled 'p_pernil', a vertical green pipe, a yellow rectangular component labeled 'alm_crudo67', and a stack of red rectangular components labeled 'alm_salado'. The interface also shows a 'Simulation Experiment Control' dialog box with the following details:

- Name:** p_pernil Output
- Label for Y-axis:** Value
- Performance Measure:** Statistic by individual object

The dialog box also lists various performance measures in a list on the left, including:

- p_pernil Output
- p_pernil Input
- p_sal Output
- p_sal Input
- Salado Output
- Salado Input
- Lavado Output
- Lavado Input
- pos_lavado Output
- pos_lavado Input
- Deshuesado 1 Output
- Deshuesado 2 Output
- Deshuesado 1 Input
- Deshuesado 2 Input
- Empaquetado Out
- Empaquetado Input
- Bodega Final