

**SIMULACIÓN DE UN EVENTO DISCRETO APLICADA A UNA EMPRESA
MULTINACIONAL XYZ EN EL SECTOR DE ALIMENTOS**

**JULIANA CALVO GARCÍA
CARLOS ANDRÉS MOTTA PARRA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

**SIMULACIÓN DE UN EVENTO DISCRETO APLICADA A UNA EMPRESA
MULTINACIONAL XYZ EN EL SECTOR DE ALIMENTOS**

**JULIANA CALVO GARCÍA
CARLOS ANDRÉS MOTTA PARRA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Tutor
KATHERINE VARGAS
Ingeniera Industrial**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2011

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	21
1. SIMULACIÓN DE EVENTO DISCRETO	22
1.1 TÍTULO DEL TRABAJO.....	22
1.2 PROBLEMA A TRATAR	22
1.2.1 Situación actual	23
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA EN EL CAMPO PROFESIONAL.....	24
1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	25
2. OBJETIVOS	26
2.1 OBJETIVO GENERAL	26
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	26
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
3. METODOLOGÍA.....	27
4. MARCO DE REFERENCIA	30
4.1 ANTECEDENTES.....	30
4.2 MARCO TEÓRICO.....	32
4.2.1 Sistema.....	32

4.2.1.1 ¿Qué es un sistema?	33
4.2.1.2 Elementos de un sistema.....	33
4.2.1.3 Tipos de sistemas	37
4.2.2 Simulación	38
4.2.2.1 ¿Qué es la simulación?.....	38
4.2.2.2 Ventajas de la simulación	39
4.2.2.3 Desventajas de la simulación.....	40
4.2.2.4 Pasos para realizar una simulación	41
4.2.2.5 Tipos de simulación	42
4.2.3 PROMODEL®	43
4.2.3.1 ¿Qué es PROMODEL® ?.....	44
4.2.3.2 Ventajas y aplicaciones de PROMODEL®	44
4.2.3.3 Modelo de Simulación.....	45
4.2.3.3.1 Construcción del modelo.....	45
4.2.3.3.2 Corriendo el modelo.....	45
4.2.3.3.3 Interpretación de Resultados	46
4.2.4 Teoría de restricciones	46
4.2.4.1 ¿Qué es Teoría de Restricciones?.....	46
4.2.5 Metodología para la simulación de Jerry Banks	47
4.3 APORTE CRÍTICO	51
5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	54
5.1 RECURSOS DISPONIBLES: HUMANOS, ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS	54
6. TEORIA DE SIMULACIÓN APLICADA A LOS PROCESOS PRODUCTIVO Y LOGISTICOS DE LA EMPRESA XYZ DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS	56

6.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	56
6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS A MODELAR	58
6.2.1 Líneas de producción.....	58
6.2.2 Almacenamiento de producto terminado.....	58
6.2.3 Cargue, descargue y traslado de producto terminado.....	59
7. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	60
7.1 OBJETIVO 1: CONOCER EL FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA XYZ, SUS PROCESOS Y EL CENTRO DE OPERACIONES LOGÍSTICAS.	60
7.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR EN SU TOTALIDAD EL PROCESO LOGÍSTICO Y LAS SALIDAS DEL PROCESO PRODUCTIVO QUE SE VA A ESTUDIAR.	61
7.2.1 Diagrama sistema.....	62
8. OBJETIVO 3: RECOLECTAR Y VALIDAR DATOS E INFORMACIÓN NECESARIOS PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	65
8.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO.....	65
8.1.1 Levantamiento de datos.....	65
8.1.1.1 Guía para el levantamiento de datos	65
8.1.1.2 Determinación de los requerimientos de datos	66
8.1.1.2.1 Datos estructurales	67
8.1.1.2.2 Datos operacionales	68
8.1.1.2.3 Datos logísticos.....	69
8.1.1.2.4 Datos numéricos	69
8.1.1.3 Identificación de las fuentes de datos	69
8.1.1.4 Recolección de datos.....	70
8.1.1.5 Supuestos en el levantamiento de datos.....	71

8.1.1.5.1	Supuestos referentes a locaciones de soporte del modelo:	71
8.1.1.5.2	Supuestos referentes a los recursos:	72
8.1.1.5.3	Supuestos referentes a la llegada de materias primas al sistema:	72
8.1.1.5.4	Supuestos referentes al estado del sistema	73
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	73

9. OBJETIVO 4: REALIZAR EL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA A TRAVÉS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN PROMODEL®

9.1	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN QUE REPRESENTA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES LOGÍSTICAS DE LA EMPRESA DE ALIMENTOS XYZ.....	75
9.1.1	Locaciones	76
9.1.1.1	De la Línea 1 a la Línea 4	76
9.1.1.2	De la Línea 5 a la Línea 15	76
9.1.1.3	De la Línea 16 a la Línea 19	76
9.1.1.4	Bodega de Producto terminado seco	77
9.1.1.5	Bodega de producto terminado refrigerado	77
9.1.1.6	Muelle de cargue PT Planta Dressings (Cantidad 4)	77
9.1.1.7	Muelle de descargue PT (Cantidad 2) y Muelle de cargue de MP (Cantidad 1)	78
9.1.2	Entidades	79
9.1.2.1	Ordenes de Producción	79
9.1.2.2	Estibas	79
9.1.2.3	Despacho 1 (20 Estibas) y Despacho 2 (40 Estibas)	80
9.1.3	Recursos	81
9.1.3.1	Montacargas (Cantidad 2)	81
9.1.3.2	Camiones de un piso (Cantidad 3) y Camiones de doble piso (Cantidad 2)	81

9.1.4 Variables.....	82
9.1.4.1 Porcentaje Utilización Bodegas.....	82
9.1.4.2 Número de Viajes Camiones	82
9.1.4.3 Cantidad de Producto en Bodega No. 1	82
10. OBJETIVO 5: REALIZAR PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL PROCESO Y EVALUAR LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA ENCONTRAR LAS POSIBLES MEJORAS.	83
10.1 PROPUESTAS DE MEJORA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROCESO	83
10.1.1 Modelo Original.....	83
10.1.2 Propuesta 1	87
10.1.3 Propuesta 2	90
10.1.4 Comparativo entre el modelo original y las propuestas y elección de la mejor propuesta:.....	93
11. CONCLUSIONES	95
12. BIBLIOGRAFÍA.....	97
13. ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Elementos de un sistema.....	34
Figura 2. Metodología para la simulación	51

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Capacidad de plantas	67
Tabla 2. Productos manejados en cada línea	68
Tabla 123. Resumen análisis estadístico	74
Tabla 124. Scoreboard	84
Tabla 125. Resultados Simulación.....	85
Tabla 126. Propuesta 1	88
Tabla 127. Resultados simulación Propuesta 1	88
Tabla 128. Propuesta 2	91
Tabla 129. Resultados simulación Propuesta 2	92
Tabla 130. Tabla de comparación de las propuestas	94
Tabla 11 Datos originales Línea 1	99
Tabla 12 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot línea 1	101
Tabla 13. Pruebas de Independencia Stat-Fit línea 1	101
Tabla 14. Pruebas de Bondad línea 1	101
Tabla 15. Datos originales Línea 2	103
Tabla 16. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 2.....	104
Tabla 17. Datos originales Línea 3	105
Tabla 18. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 3.....	106
Tabla 19. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 3	107
Tabla 20. Pruebas de Bondad línea 3.....	107
Tabla 21. Datos originales Línea 4	109
Tabla 22. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 4.....	111
Tabla 23. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 4	111
Tabla 24 Pruebas de Bondad Línea 4.....	111
Tabla 25. Datos originales Línea 5	113

Tabla 26. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 5.....	118
Tabla 27. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 5	119
Tabla 28. Pruebas de Bondad Línea 5.....	119
Tabla 29. Datos originales Línea 6	120
Tabla 30. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 6.....	122
Tabla 31. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 6	122
Tabla 32. Pruebas de Bondad Línea 6.....	122
Tabla 33. Datos originales Línea 7	124
Tabla 34. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 7.....	126
Tabla 35. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 7	126
Tabla 36. Pruebas de Bondad Línea 7.....	126
Tabla 37. Datos originales Línea 8	128
Tabla 38. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 8.....	129
Tabla 39. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 8	129
Tabla 40. Pruebas de Bondad Línea 8.....	129
Tabla 41. Datos originales Línea 9	131
Tabla 42. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 9.....	132
Tabla 43. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 9	133
Tabla 44. Pruebas de Bondad Línea 9.....	133
Tabla 45. Datos originales Línea 10	135
Tabla 46 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 10....	136
Tabla 47. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 10	137
Tabla 48 Pruebas de Bondad Línea 10.....	137
Tabla 49 Datos originales Línea 11	138
Tabla 50 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 11....	139
Tabla 51 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 11	140
Tabla 52 Pruebas de Bondad Línea 11.....	140
Tabla 53 Datos Originales Línea 12.....	141
Tabla 54 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 12	141

Tabla 55 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 12	142
Tabla 56 Pruebas de Bondad Línea 12.....	142
Tabla 57 Datos Originales Línea 13.....	143
Tabla 58 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 13	145
Tabla 59 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13	145
Tabla 60 Pruebas de Bondad Línea 13.....	145
Tabla 61 Datos Originales Línea 14.....	147
Tabla 62 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 14	149
Tabla 63 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13	149
Tabla 64 Pruebas de Bondad Línea 14.....	149
Tabla 65 Datos Originales Línea 15.....	151
Tabla 66 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 15	153
Tabla 67 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 15	154
Tabla 68 Pruebas de Bondad Línea 15.....	154
Tabla 69 Datos Originales Línea 16.....	155
Tabla 70 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 16	157
Tabla 71 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 16	158
Tabla 72 Pruebas de Bondad Línea 16.....	158
Tabla 73 Datos Originales Línea 17.....	159
Tabla 74 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 17	160
Tabla 75 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 17	160
Tabla 76 Pruebas de Bondad Línea 17.....	161
Tabla 77 Datos Originales Línea 18.....	162
Tabla 78 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 18....	162
Tabla 79 Datos Originales Línea 19.....	163

Tabla 80 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 19	164
Tabla 81 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 19	165
Tabla 82 Pruebas de Bondad Línea 19.....	165
Tabla 83 Datos Originales Transporte Dressings - COL Camiones 20	166
Tabla 84 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20	167
Tabla 85 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20	168
Tabla 86 Pruebas de Bondad Dressings - COL Camiones 20	168
Tabla 87 Datos Originales Transporte COL - Dressings Camiones 20	169
Tabla 88 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20.....	170
Tabla 89 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20	171
Tabla 90 Pruebas de Bondad COL - Dressings Camiones 20	171
Tabla 91 Datos Originales Transporte Dressings - COL Camiones 40	172
Tabla 92 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40	173
Tabla 93 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40	174
Tabla 94 Pruebas de Bondad Dressings - COL Camiones 40	174
Tabla 95 Datos Originales Transporte COL - Dressings Camiones 40	176
Tabla 96 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40.....	176
Tabla 97 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40	177
Tabla 98 Pruebas de Bondad COL - Dressings Camiones 40	177
Tabla 99 Datos Originales Tiempo Cargue Camión 1 piso COL	179
Tabla 100 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL.....	180
Tabla 101 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL.....	181
Tabla 102 Pruebas de Bondad Cargue Camión 1 piso COL.....	181

Tabla 103 Datos Originales Tiempo Descargue Camión 1 piso Planta Dressings	182
Tabla 104 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings	183
Tabla 105 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings	184
Tabla 106 Pruebas de Bondad Descargue Camión 1 piso Planta Dressings	184
Tabla 107 Datos Originales Tiempo Cargue Camión 1 piso Planta Dressings	185
Tabla 108 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings	186
Tabla 109 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings	187
Tabla 110 Pruebas de Bondad Cargue Camión 1 piso Planta Dressings.....	187
Tabla 111 Datos Originales Tiempo Descargue Camión 1 piso COL.....	189
Tabla 112 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL	190
Tabla 113 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL ..	191
Tabla 114 Pruebas de Bondad Descargue Camión 1 piso COL	191
Tabla 115 Datos Originales Tiempo Cargue Camión doble piso COL.....	192
Tabla 116 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL	193
Tabla 117 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL .	193
Tabla 118 Pruebas de Bondad Cargue Camión doble piso COL	193
Tabla 119 Datos Originales Tiempo Descargue Camión doble piso Planta Dressings	195
Tabla 120 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings	197
Tabla 121 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings	198
Tabla 122 Pruebas de Bondad Descargue Camión doble piso Planta Dressings	198

Tabla 123 Datos Originales Tiempo Cargue Camión doble piso Planta Dressings	200
Tabla 124 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings	202
Tabla 125 Pruebas de Independencia Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings	202
Tabla 126 Pruebas de Bondad Camión doble piso Planta Dressings	202
Tabla 127 Datos Originales Tiempo Descargue Camión doble piso COL	204
Tabla 128 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL.....	204
Tabla 129 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL	205
Tabla 130 Pruebas de Bondad Descargue Camión doble piso COL.....	205

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 90. Resultados Simulación	85
Gráfico 91. Cantidad de producto bodega 1	86
Gráfico 92. Resource States	87
Gráfico 93. Resultados simulación Propuesta 1	89
Gráfico 94. Cantidad de Producto Bodega No. 1 Propuesta 1	90
Gráfico 95. Resultados simulación Propuesta 2.....	92
Gráfico 96. Cantidad de Producto Bodega No. 1 Propuesta 2	93
Gráfico 8 Boxplot Minitab línea 1	100
Gráfico 9. Pruebas de Independencia Stat-Fit línea 1	101
Gráfico 10. Distribución elegida Stat-Fit línea 1: Normal.....	102
Gráfico 11. Boxplot Minitab Línea 2	103
Gráfico 12. Boxplot Minitab Línea 3	106
Gráfico 13. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 3.....	107
Gráfico 14.- Distribución elegida Stat-Fit Línea 3: LogLogistic.....	107
Gráfico 15. Boxplot Minitab Línea 4	110
Gráfico 16. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 4.....	111
Gráfico 17. Distribución elegida Stat-Fit Línea 4: Weibull	112
Gráfico 18. Boxplot Minitab Línea 5	118
Gráfico 19. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 5.....	118
Gráfico 20. Distribución elegida Stat-Fit Línea 5: Beta.....	119
Gráfico 21. Boxplot Minitab Línea 6	121
Gráfico 22. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 6.....	122
Gráfico 23. Distribución elegida Stat-Fit Línea 6: Lognormal	123
Gráfico 24 Boxplot Minitab Línea 7	125
Gráfico 25. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 7.....	126
Gráfico 26. Distribución elegida Stat-Fit Línea 7: Beta.....	127

Gráfico 27. Boxplot Minitab Línea 8	128
Gráfico 28. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 8.....	129
Gráfico 29 Distribución elegida Stat-Fit Línea 8: Johnson SB	130
Gráfico 30. Boxplot Minitab Línea 9	132
Gráfico 31. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 9.....	133
Gráfico 32. Distribución elegida Stat-Fit Línea 9: LogLogistic	134
Gráfico 33 Boxplot Minitab Línea 10	136
Gráfico 34 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 10.....	136
Gráfico 35 Distribución elegida Stat-Fit Línea 10: Johnson SB	137
Gráfico 36 Boxplot Minitab Línea 11	139
Gráfico 37 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 11.....	139
Gráfico 38 Distribución elegida Stat-Fit Línea 11: Normal.....	140
Gráfico 39 Boxplot Minitab Línea 12	141
Gráfico 40 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 12.....	142
Gráfico 41 Distribución elegida Stat-Fit Línea 12: Weibull.....	142
Gráfico 42 Boxplot Minitab Línea 13	144
Gráfico 43 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13.....	145
Gráfico 44 Distribución elegida Stat-Fit Línea 13: Weibull.....	146
Gráfico 45 Boxplot Minitab Línea 14	148
Gráfico 46 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 14.....	149
Gráfico 47 Distribución elegida Stat-Fit Línea 14: Lognormal	150
Gráfico 48 Boxplot Minitab Línea 15	153
Gráfico 49 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 15.....	153
Gráfico 50 Distribución elegida Stat-Fit Línea 15: Weibull.....	154
Gráfico 51 Boxplot Minitab Línea 16	157
Gráfico 52 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 16.....	157
Gráfico 53 Distribución elegida Stat-Fit Línea 16: Beta	158
Gráfico 54 Boxplot Minitab Línea 17	159
Gráfico 55 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 17.....	160
Gráfico 56 Distribución elegida Stat-Fit Línea 17: LogLogistic	161

Gráfico 57 Boxplot Minitab Línea 18	162
Gráfico 58 Boxplot Minitab Línea 19	164
Gráfico 59 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 19.....	164
Gráfico 60 Distribución elegida Stat-Fi Línea 19t: Beta	165
Gráfico 61 Boxplot Minitab Dressings - COL Camiones 20	167
Gráfico 62 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20...	167
Gráfico 63 Distribución elegida Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20: Chi Squared.....	168
Gráfico 64 Boxplot Minitab COL - Dressings Camiones 20	170
Gráfico 65 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20...	170
Gráfico 66 Distribución elegida Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20: Erlang..	171
Gráfico 67 Boxplot Minitab Dressings - COL Camiones 40	173
Gráfico 68 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40...	174
Gráfico 69 Distribución elegida Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40: Beta.....	175
Gráfico 70 Boxplot Minitab COL - Dressings Camiones 40	176
Gráfico 71 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40...	177
Gráfico 72 Distribución elegida Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40: Weibull	178
Gráfico 73 Boxplot Minitab Cargue Camión 1 piso COL	180
Gráfico 74 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL	180
Gráfico 75 Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL: Pearson ...	181
Gráfico 76 Boxplot Minitab Descargue Camión 1 piso Planta Dressings.....	183
Gráfico 77 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings	183
Gráfico 78 Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings: Extreme Value	184
Gráfico 79 Boxplot Minitab Cargue Camión 1 piso Planta Dressings	186
Gráfico 80 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings	187
Gráfico 81 Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings: Beta.....	188

Gráfico 82	Boxplot Minitab Descargue Camión 1 piso COL	190
Gráfico 83	Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL..	190
Gráfico 84	Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL: Weibull	191
Gráfico 85	Boxplot Minitab Cargue Camión doble piso COL.....	192
Gráfico 86	Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL	193
Gráfico 87	Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL: Extreme Value	194
Gráfico 88	Boxplot Minitab Descargue Camión doble piso Planta Dressings	197
Gráfico 89	Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings	198
Gráfico 90	Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings: Beta	199
Gráfico 91	Boxplot Minitab Cargue Camión doble piso Planta Dressings	201
Gráfico 92	Pruebas de Independencia Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings	202
Gráfico 93	Distribución elegida Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings: Pearson	203
Gráfico 94	Boxplot Minitab Descargue Camión doble piso COL	204
Gráfico 95	Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL	205
Gráfico 96	Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL: LogLogistic	206

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Línea 1	99
Anexo B. Línea 2	103
Anexo C. Línea 3	105
Anexo D. Línea 4	109
Anexo E. Línea 5	113
Anexo F. Línea 6	120
Anexo G. Línea 7	124
Anexo H. Línea 8	128
Anexo I. Línea 9	131
Anexo J. Línea 10	135
Anexo K. Línea 11	138
Anexo L. Línea 12	141
Anexo M. Línea 13	143
Anexo N. Línea 14	147
Anexo O. Línea 15	151
Anexo P. Línea 16	155
Anexo Q. Línea 17	159
Anexo R. Línea 18	162
Anexo S. Línea 19	163
Anexo T. Transporte Dressings - COL Camiones 20	166
Anexo U. Transporte COL - Dressings Camiones 20	169
Anexo V. Transporte Dressings - COL Camiones 40	172
Anexo W. Transporte COL - Dressings Camiones 40	176
Anexo X. Cargue camiones de un piso COL	179
Anexo Y. Descargue camiones de un piso planta Dressings	182

Anexo Z. Cargue camiones de un piso Planta Dressings.....	185
Anexo AA. Descargue camiones de un piso COL.....	189
Anexo BB. Cargue camiones de doble piso COL.....	192
Anexo CC. Descargue camiones de doble piso planta Dressings.....	195
Anexo DD. Cargue camiones de doble piso Planta Dressings.....	200
Anexo EE. Descargue camiones de doble piso COL.....	204
Anexo FF. Hoja de vida Juliana Calvo Garcia.....	207
Anexo GG. Hoja de vida Carlos Andrés Motta.....	211

INTRODUCCIÓN

El presente estudio trata sobre el análisis de un sistema logístico, en una compañía multinacional perteneciente al sector de alimentos. En éste, se evaluó la efectividad del proceso implementado por la misma, mediante la elaboración de un modelo de simulación. Finalmente, se desarrollaron propuestas, con el fin de encontrar mejoras significativas ante la situación actual.

El modelo del sistema real se realizó utilizando el software de simulación **PROMODEL®**, debido a que permite evaluar las variables críticas del proceso y realizar los cambios necesarios, para plantear mejoras sin afectar el sistema real.

Por razones de competitividad, tiempo y costo, es importante el diseño de propuestas de mejoramiento, con el fin de que los procesos logísticos brinden un apoyo al objeto de las empresas. Por esto, el estudio servirá como material de consulta para los estudiantes que deseen aprender más sobre el uso de la simulación en diferentes procesos, así como para el desarrollo de futuros proyectos de grado relacionados con este tema. Adicionalmente, a empresas interesadas en aplicar la simulación a sus procesos y los planes correspondientes con el fin de mejorar, les será de utilidad.

1. SIMULACIÓN DE EVENTO DISCRETO

1.1 TÍTULO DEL TRABAJO

Simulación de evento discreto aplicada a una empresa multinacional en el sector de alimentos.

1.2 PROBLEMA A TRATAR

En la actualidad la empresa XYZ cuenta con dos plantas en la ciudad de Cali, una de alimentos y otra de jabones. Éste proyecto de grado se llevó a cabo en la planta de alimentos, la cual cuenta con tres líneas de productos como son:

- Dressings (Salsas)
- Spreads (Margarinas)
- NVP (Natural Vitality Products, productos a base de Maíz y Soya).

Para el almacenamiento de los productos fabricados, la empresa cuenta con una bodega de producto terminado seco y una para almacenamiento refrigerado de margarinas. En el proceso de transporte de producto terminado, se estaban presentando algunos inconvenientes cuando la compañía se encontraba en temporada alta y en el turno de la noche, donde seguían produciendo.

Lo anterior, debido a que el producto terminado se almacenaba temporalmente en la bodega de la planta, ya que en las noches no había operación logística y era transportado posteriormente al COL (Centro de Operaciones Logísticas), generando paradas en las líneas de producción debido a la falta de espacio disponible para almacenar el producto terminado.

La compañía tenía presupuestado que para el transporte de producto de la planta al COL utilizarían tres camiones, pero estaban utilizando cinco debido a que no se alcanzaba a cubrir toda la carga logística, pero aun así, se presentaban problemas en la operación.

Normalmente cada camión debía hacer diariamente tres viajes completos, es decir, desde la planta hasta el COL, regresando al finalizar el día para ser cargados y estar listos para iniciar el proceso al siguiente día. Lo anterior, no se ha logrado debido a pérdidas de tiempo generadas por diferentes causas:

- Las dificultades que se mencionaron anteriormente, han generado que en repetidas ocasiones los camiones solo realizarán dos viajes, lo cual generaba acumulación de inventario de producto terminado en la bodega de la planta, así como tiempo ocioso para empleados y máquinas.
- En la planta de Dressings existen cuatro muelles, de los cuales dos cuentan con plataforma para cargue y descargue de materia prima. Esto generaba poca utilización de los otros dos muelles, pues recurren a ellos solo para descargar en algunos casos.
- El Centro de Operaciones Logísticas tiene en la actualidad capacidad extra para el almacenamiento de producto terminado, así como 53 muelles para el recibo y despacho de materia prima y producto terminado, de los cuales 4 son destinados para las actividades relacionadas con el descargue que proviene desde la planta Dressings. Es necesario aclarar que en el COL cuentan con un montacargas para el descargue de un camión de doble piso y un montacargas para el descarga de un camión de un piso.

1.2.1 Situación actual

La planta Dressings está recurriendo a paradas innecesarias por acumulación de producto terminado en el área de almacenamiento, ya que hay ausencia de una

buena logística para el cargue, transporte y descargue de los camiones. Esto ha causado varios inconvenientes, entre los cuales se encuentran el incremento de costos, recursos, paradas y esperas innecesarias, además de tiempo ocioso tanto para los empleados como para las máquinas.

Para los responsables de dichos procesos, la solución de los inconvenientes presentados en la actualidad, está en manos de la otra operación, es decir, la planta de Dressings considera que los problemas que se están presentando, son consecuencia de la ineficiencia del COL, mientras que el COL, a su vez, considera que las soluciones deben generarse por parte de la planta de Dressings.

Es por esto que a través de la herramienta de simulación, se modeló la situación actual y se generaron propuestas de mejoramiento viables para ambas plantas, es decir, tanto para el COL como para Dressings, las cuales se modelaron con el fin de identificar la más adecuada, para las necesidades existentes.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA EN EL CAMPO PROFESIONAL

Debido a los constantes cambios que presentan las empresas a nivel global, es importante que las organizaciones tengan buenas prácticas de logística y de producción, ya que de esta manera se vuelven más competitivas y flexibles ante las diferentes exigencias, tanto a nivel externo como interno.

Actualmente las empresas presentan varios problemas que solucionan por medio de métodos poco eficientes. Lo anterior se debe a que desconocen o no implementan varias herramientas que evalúan las diferentes variables y puntos críticos de los procesos, como son las plataformas de simulación y distintos software.

Por lo anterior es importante para nuestro campo profesional impulsar y fomentar el desarrollo y uso de estos sistemas en las compañías, logrando identificar diferentes soluciones para los problemas que se presentan en las industrias.

Finalmente, la simulación es una herramienta muy ventajosa, pues no es necesario implementar las soluciones en físico o en el piso para saber si van a tener resultados positivos o se van a comportar como se visualizaba, lo cual es una gran ventaja para las empresas por costos y tiempo.

1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto se realizó durante un periodo de dos semestres académicos, es decir, el segundo semestre del 2010 y el primer semestre del 2011, además es de tipo industrial aplicado, puesto que permitió reforzar e implementar los diferentes conceptos teóricos adquiridos a través de la carrera.

Adicionalmente el desarrollo de este proyecto se hizo dentro de las instalaciones de la empresa XYZ.

El proyecto abarcó desde el conocimiento del proceso a evaluar, realizando la simulación de éste, lo cual logró identificar las oportunidades de mejora para seleccionar la propuesta más eficiente, validándola por medio de la simulación.

En último lugar se documentó la propuesta final de mejoramiento que se obtuvo a través del proceso anterior.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Utilizar la herramienta de simulación de evento discreto para contribuir al mejoramiento de los procesos industriales.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Mejoramiento del proceso logístico de la empresa XYZ de la industria de alimentos.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el funcionamiento de la empresa XYZ, sus procesos y el Centro de Operaciones Logísticas.
- Identificar en su totalidad el proceso logístico y las salidas del proceso productivo que se va a estudiar.
- Recolectar y validar datos e información necesaria para la simulación del sistema actual.
- Realizar el modelo de simulación de la situación actual de la planta, a través del software de simulación **PROMODEL®**.
- Realizar propuestas de mejora para el proceso y evaluar los resultados de las simulaciones para encontrar las posibles mejoras.

3. METODOLOGÍA

Este proyecto inicio con el reconocimiento de la empresa, su proceso productivo y logístico, terminando con la creación de un modelo realizado en la plataforma de simulación **PROMODEL®**, en el cual se simulo el proceso productivo y logístico de la compañía. Este modelo sirvió como apoyo y ayuda, para plantear propuestas de mejora que se consideran viables con respecto a la situación actual, pues de esta manera no se recurre a efectuarlas en el sistema real (las plantas), sino que a través de esta herramienta de simulación se logro identificar y verificar cuales son las propuestas más viables y acordes con las necesidades de la empresa XYZ.

Este proceso comenzó con la búsqueda de un problema en una organización. Dicho problema debía cumplir ciertos requisitos como son la viabilidad de encontrar propuestas de mejoramiento y su validación mediante el uso de la plataforma de simulación **PROMODEL®**.

Para llevar a cabo este proyecto fue necesario que tanto la empresa como nosotros llegáramos a un acuerdo de limitación y alcance, pues es de esta manera que el desarrollo del proyecto de grado no se convirtiera en una auditoria, sino que se logrará una solución para un problema específico, lo cual logra la satisfacción de los interesados.

Lo anterior se realizó por medio de una primera visita a las instalaciones y entrevistas con el personal en el área de producción y logística de la empresa, logrando entender desde varios puntos de vista la situación actual de los procesos y acercarse más a los escenarios que se viven dentro de la planta. Se realizó reuniones con las personas involucradas durante el desarrollo de este proyecto, las cuales sirvieron como apoyo para conocer sus pensamientos, problemas y posibles soluciones.

Se iniciaron visitas a las dos plantas involucradas en el problema, en este caso, se debían realizar varias visitas tanto a la planta de Dressings como al COL, pues de esta manera se conocería el proceso en su totalidad y se podrían observar las diferentes causas que podían estar generando el problema a tratar. Durante estas visitas se tomaron tiempos y se levantó la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Al finalizar las visitas, se documentó y organizó la información adquirida, tanto la obtenida por nosotros, estudiantes, como la brindada por los empleados de la empresa. Esto ayudó en la creación de nuestro modelo. Durante éste mismo periodo, fue indispensable ir desarrollando el documento escrito simultáneo al desarrollo del modelo de simulación, de esta manera se iban documentando las decisiones y la evolución del proyecto de grado.

La información y datos ordenados, ayudaron a crear el modelo de la situación real en **PROMODEL®** y así mismo se fue analizando que mejoras se podían realizar y cuáles no. Éste paso para el proyecto de grado fue el que tomó más tiempo, ya que no solo se debía modelar sino que también fue indispensable validar que lo que se estaba transmitiendo a través de éste, fuera lo que realmente estaba sucediendo en la situación actual de la empresa. La forma de realizar ésta validación, fue haciendo varias corridas del modelo, las cuales arrojaron diferentes resultados que se analizaron en detalle para ver la aproximación entre el modelo y el sistema real, si esto no se hacía las propuestas de mejoramiento no aplicarían para la solución de los problemas de la organización, por lo cual fue necesario que luego de tener la información requerida para la realización del modelo, se validara con el fin de encontrar posibles inconsistencias en los mismos. Éste paso de validación se realizó para tener la seguridad de que se tenían datos confiables para el desarrollo de un buen modelo de simulación. De igual forma se debía contar con la aprobación del tutor temático y metodológico sobre los datos validados.

Para lograr lo anterior se utilizó el software Stat: Fit, el cual arroja de una manera muy sencilla el tipo de distribución probabilística de los datos adquiridos. Cuando se tenían los comportamientos probabilísticos se continuo con el desarrollo del modelo en **PROMODEL®**, para esto, se realizó un diagrama de flujo que contiene los datos finales con los que se hizo el modelo.

Posteriormente fue indispensable para nosotros como Ingenieros Industriales, además de conocer los procesos involucrados en este proyecto de grado, buscar y encontrar diferentes posibilidades de mejora para el problema a tratar, ya que de esta forma se puede identificar cual es la mejor propuesta de mejora, tanto para la compañía como para el proyecto. Esto fue posible teniendo un modelo confiable con el cual se podía simular el proceso productivo de la empresa, ya que de esta manera se lograría proponer diferentes escenarios para correrlos en **PROMODEL®** y evaluar la sensibilidad del modelo. Dentro de estos escenarios podían existir mejoras aplicables a los procesos de producción y logística.

Finalmente se documentaron los resultados y se realizó un reporte de esto a la empresa, el lector, y los tutores temático y metodológico.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

Los beneficios que ofrece la simulación, para las empresas y las universidades, cómo organizaciones que buscan el desarrollo y mejoramiento, ha causado el incremento de los proyectos de simulación con el objetivo de encontrar alternativas de mejoramiento y solución de problemas que se presentan en las empresas de producción y servicios del país.

El primer proyecto de simulación en la Universidad ICESI se realizó en el segundo semestre del año 2003 y consistió en el modelado del proceso de trefilado de SIDELPA S.A. y permitió validar la metodología de análisis, desarrollo e implementación de Jerry Banks en este entorno productivo

En el mismo año, un proyecto de grado realizado en la Pontificia Universidad Javeriana consistió en el desarrollo de un estudio sobre el proceso de transporte en contenedores de mercancías secas de exportación que cubren la ruta Cali – Buenaventura, con el fin de buscar una solución práctica a las ineficiencias logísticas y de seguridad del sector.

Después de estos proyectos se empezó a ver con más frecuencia las oportunidades de que ingenieros industriales apliquen esta herramienta para crear proyectos de grado y encontrar soluciones o mejoras de diversos procesos productivos y logísticos. La razón por la cual se ha dado este incremento en el interés de generar proyectos de simulación se debe a las grandes ventajas que tiene esta metodología además de sus resultados.

En el año 2004 se realizó un proyecto de grado a nivel departamental con el uso de la plataforma MedModel, que se especializa en el área de la salud. El proyecto

tenía el objetivo de modelar las unidades de cirugía de la Clínica Valle del Lili la ciudad de Santiago de Cali, y fue el proyecto pionero en el desarrollo de modelos de simulación en el área de servicios realizado en la Universidad ICESI.

En el año 2005 se realizó un proyecto de grado utilizando la plataforma de simulación **PROMODEL®** para modelar el proceso de pre-impresión y troquelado de la empresa Etiquetas Naranja. El propósito principal de este proyecto fue el análisis de aspectos como la planeación de la producción, inventario y productividad de la planta.

En el 2007 se realizó un proyecto de simulación que modeló el proceso de producción de los chicles en pastilla de CONFITECOL, usando del mismo modo la plataforma **PROMODEL®** y fue el primer proyecto de grado de la Universidad Icesi en el área de distribución de planta usando las metodologías de Jerry Banks y Javier Aracil. Este proyecto tenía como fin mejorar la distribución de la planta y la producción, entre otros aspectos.

En el mismo año hubo otros tres proyectos de grado relacionados con simulación. Uno consistió en el modelado de dos sublíneas de la línea de cremas y líquidos en la empresa TECNOQUÍMICAS; y el otro proyecto, también realizado en la misma empresa, consistió en el modelado y reconocimiento de los problemas tanto en capacidad física como de productividad, estos dos proyectos usaron **PROMODEL®**. El tercer proyecto fue realizado en RONAL S.A. en el que se modeló el sistema de transporte implementado por la empresa, llamado Hook & Co., y se comparó con el modelo de transporte convencional.

Además de los proyectos mencionados anteriormente también se han realizado investigaciones utilizando la herramienta de simulación. Un ejemplo de esto se sitúa en el año 2008 donde se realizó un estudio de tiempo y teoría de restricciones en el proceso logístico de transporte en una compañía de consumo masivo.

En el año 2009 se realizaron dos proyectos de simulación basada en agentes. El primero consistía en su aplicación a operaciones productivas, de logística y posiblemente otro tipo de operaciones, el segundo proyecto con el objetivo de migrar de los modelos de simulación de evento discreto a modelos basados en agentes.

El año pasado se realizó dos proyectos de grado relacionados con simulación. Uno de ellos enfocado al mejoramiento del sistema productivo de una empresa dedicada a la producción de confitería. El otro proyecto consiste en un modelo del proceso de ofertas en una empresa manufacturera y busca mejorar la eficiencia de los empleados y aumentar la eficiencia de las máquinas.

Este proyecto de grado consiste en elaborar una propuesta de mejoramiento de los procesos productivos y logísticos de una empresa manufacturera del sector alimenticio utilizando la plataforma de simulación **PROMODEL®**.

4.2 MARCO TEÓRICO.

4.2.1 Sistema

En muchos casos la dificultad del desarrollo de una mejora en un proceso o la solución de un problema está dada en entender cómo funciona el sistema. En el caso de la simulación esto es un aspecto fundamental, ya que la utilidad del modelo depende así mismo del entendimiento que se tenga del sistema; es importante entender esto debido a que el sistema es un concepto que permite entender los fenómenos que suceden en la realidad y el comportamiento futuro del mismo.

Para el uso de la herramienta de simulación se debe saber qué es un sistema, cuáles son sus elementos, sus fronteras y restricciones para construir un modelo que se asemeje lo mejor posible a la realidad.

4.2.1.1 ¿Qué es un sistema?

Un sistema es un conjunto o agregado de elementos que tienen algún tipo de interdependencia o interactúan entre sí para alcanzar un objetivo común. Para cualquier tipo de contexto, el término sistema se usa libremente y los estudios que se realizan sobre los diferentes sistemas parten del análisis de un todo a partir del comportamiento de sus partes. Para este proyecto, un sistema de producción y logístico es un conjunto de personas, herramientas, insumos, máquinas, capital, conocimiento, entre otros, que interactúan entre sí para la fabricación de un producto.

Es importante tener en cuenta características fundamentales del sistema tales como que es sinérgico debido a que ninguna de sus partes o subsistemas puede alcanzar el objetivo por sí solo, sino que debe interactuar con las otras partes del sistema. Esta es una característica importante de la simulación, ya que tiene la capacidad de analizar el conjunto de elementos que conforman el sistema teniendo en cuenta el comportamiento individual de cada parte o subsistema.

4.2.1.2 Elementos de un sistema

En la definición general de un sistema se pueden identificar cuatro características:

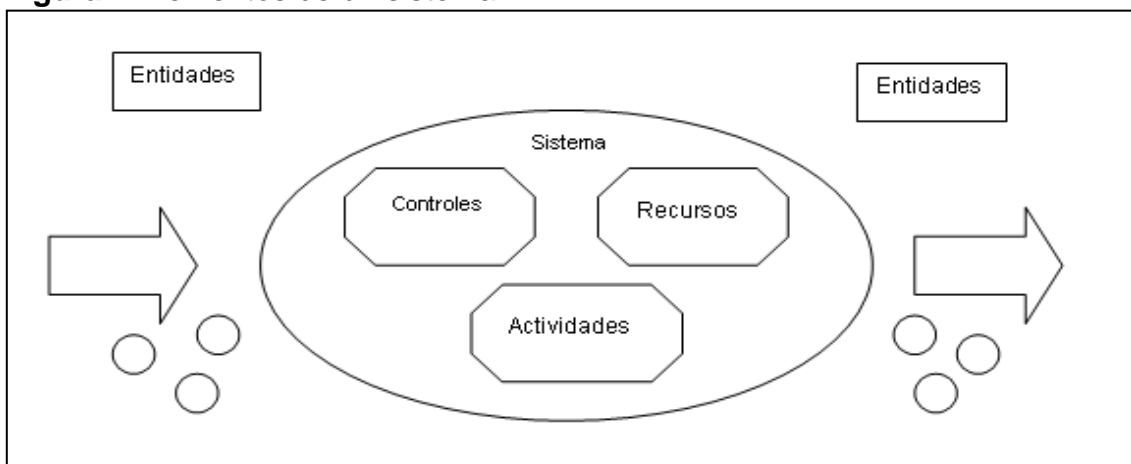
Entradas: Es el conjunto de recursos que provienen del medio, tales como insumos o energía, que permiten el funcionamiento y mantenimiento. También puede fluir la información dentro de esta corriente de entradas.

Proceso de conversión: Como un sistema tiene un propósito u objetivo, la energía o insumos que importan los sistemas sirve para mover y hacer actuar sus mecanismos con el fin de alcanzar sus objetivos, en este caso la elaboración de un producto.

Salidas: Después del proceso de conversión vienen las salidas que son los elementos (productos o servicios) que exporta el sistema al medio. Estas salidas pueden representar entradas para otros sistemas.

Retroalimentación: Es la información que indica cómo el sistema se está desempeñando, si está haciendo bien o no su trabajo en la búsqueda de su objetivo. Esta información es introducida nuevamente al sistema para realizar correcciones o mejoras.

Figura 1 Elementos de un sistema.



Adaptado de: HARRELL Charles, GHOSH Biman, BOWDEN Royce. Simulation using **PROMODEL®**; capítulo 2. McGraw-Hill, 2000. pp. 26

Cuando se habla de la simulación o modelamiento de un sistema, se puede identificar otros elementos:

Locaciones: Representa el lugar donde la entidad realizara un proceso o algún tipo de actividad. La decisión de meter una locación dentro del modelo de simulación depende de varios criterios:

- Lugar donde una entidad se detiene para ser objeto de alguna actividad.
- Lugar donde una entidad se detiene hasta que se cumpla cierta condición.
- Lugar donde se lleva a cabo cierta actividad lógica.
- Lugar donde se toma una decisión respecto a la ruta que falta por recorrer.

Entidades: Son productos o servicios que se van a procesar en por lo menos una locación, por lo tanto van a sufrir algún tipo de transformación para alcanzar el producto final, esta transformación sucede durante la simulación. Estas entidades constituyen los elementos de interés del sistema y se pueden dividir en varios tipos:

- Humanas o animadas
- Inanimadas
- Intangibles

Cada una de estas entidades se diferencia de otras porque posee características que las hacen únicas, estas características se les conoce como atributos, un ejemplo de atributos son el costo, calidad, tamaño, etc.

Actividades: Son el conjunto de tareas que se realizan en el sistema para la elaboración o transformación de las entidades. Normalmente las locaciones consumen tiempo e involucra el uso de recursos, las actividades se pueden clasificar como:

- Procesos de entidad: son los procesos de transformación realizadas en las locaciones.

- Movimiento de entidades y recursos: son los movimientos o transporte que se hacen entre locaciones.
- Ajustes, mantenimiento y reparación de recursos: son las actividades que están planeadas dentro del proceso para el funcionamiento correcto del recurso. Por ejemplo, mantenimientos programados o reparación de una falla.

Atributos: Son las características propias de las entidades, que las hace únicas diferenciadas de otras entidades. La descripción o caracterización entidades del sistema junto con sus atributos en un instante dado se conoce como “estado del sistema”.

Recursos: Persona, equipo o vehículo que puede desempeñar una operación con el objetivo de transformar la entidad. Es importante que un proceso disponga de buenos recursos debido a que estos facilitan el procesamiento de la entidad, de modo contrario crearía restricciones en el sistema limitando la tasa de producción. En la realidad, la cantidad de recursos en un sistema son limitados y los procesos participantes dentro del sistema pueden competir por los recursos. Estos se pueden dividir en:

- Humanas o animadas
- Inanimadas
- Intangibles

Controles: Indican cómo, cuando y donde las actividades deben ser realizadas. Los controles son los que imponen el orden en el sistema, son las reglas de operación de un proceso.

Variables: Son unos de los elementos de enfoque más importante al momento del diseño de un modelo, debido a que miden la variabilidad del sistema y permite el

estudio de muchas características de interés a lo largo del tiempo en el sistema o proceso dado. Los tipos de variables que existen son:

- Variables de decisión: Son conocidas también como variables independientes. Son aquellas que al cambiar su valor se modifica el comportamiento del sistema. Este tipo de variable se divide en controlable y no controlable, las primeras son las que el experimentador puede manipular y las segundas son las que están fuera del alcance del experimentador.
- Variables de respuesta: Conocidas también como variables de desempeño o salida. Son aquellas que muestran el desempeño del sistema de acuerdo al ajuste que se dé a las variables de decisión. Lo que se busca es determinar correctamente las variables de decisión para obtener las variables de respuesta.
- Variables de estado: Son aquellas que describen el estado del sistema en un momento dado y que, a largo plazo, son consolidadas por los cambios en las variables de resultado.

4.2.1.3 Tipos de sistemas

Para un modelador es más fácil definir el tipo de sistema de acuerdo a su comportamiento en el tiempo, esto delimita mejor el estudio del sistema y agregar o eliminar ciertas características. En un sistema en que los cambios son predominantemente suaves se denominan sistemas continuos. En el caso contrario, los sistemas que tienen cambios discontinuos se les conocen como discretos. Por otro lado, de acuerdo a la realidad existen muy pocos sistemas totalmente continuos o totalmente discretos, por lo que hay sistemas híbridos donde el comportamiento de las variables fluctúa entre los dos tipos de sistemas.

De acuerdo con esto, un modelador puede aproximar el comportamiento de ciertas variables a otro tipo de comportamiento para simplificar el estudio y de acuerdo a

la exigencia del mismo. Por ejemplo, se podría aproximar el comportamiento discreto de una variable a un comportamiento continuo.

4.2.2 Simulación

Actualmente la operación de los sistemas de producción y servicios es compleja, por lo cual es necesario realizar una modelación del sistema real, ya que esto permite un análisis detallado y profundo de este, por esto se hacen necesarias las diferentes herramientas que ayudan a modelar las complejidades de las operaciones de los distintos escenarios.

La simulación es una de las herramientas que nos permiten conocer mejor el sistema a estudiar, ya que brinda la posibilidad de evaluar diversas situaciones teniendo en cuenta las diferentes variables de decisión y observar el comportamiento de estas a través del tiempo.

Por otro lado es importante destacar que para la realización de este proyecto de grado, fue indispensable dar a entender qué es la simulación, en qué consiste y que herramientas son necesarias para poder realizarla de forma correcta, ya que lo que se quería lograr era ofrecer a la empresa XYZ del sector alimenticio, una propuesta de mejoramiento para el proceso productivo y logístico, por esto fue primordial describir los modelos de simulación y entender los pasos, las herramientas y los métodos que se manejaban de manera frecuentemente.

4.2.2.1 ¿Qué es la simulación?

La simulación es la imitación de un sistema real en el tiempo a través de un modelo de computador, el cual tiene como objetivo evaluar los distintos escenarios para mejorar el desempeño del sistema. Así mismo esta herramienta es útil para

visualizar, analizar y mejorar el desempeño de un sistema tanto de producción de bienes como de servicios.

Es necesario tener en cuenta que el modelo artificial que se quiere generar debe ser simple y al mismo tiempo es imprescindible que incluya las diferentes variables y parámetros que ayuden al objetivo de la simulación, pues de esta forma se puede describir y analizar el comportamiento de las diferentes situaciones, logrando conseguir soluciones a los problemas que se presentan en este.

Por último para el buen desarrollo de una simulación es obligatorio tener conocimiento del sistema real, ya que así es más fácil analizar y encontrar las diferentes fallas que pueda presentar el sistema, las variables y los parámetros que son necesarios para poder realizar una buena simulación, ya que de esta manera el modelo a computador entiende correctamente el funcionamiento, las variables, las relaciones, los parámetros y el objetivo del sistema

4.2.2.2 Ventajas de la simulación

Como se observo anteriormente, la simulación es una herramienta que ayuda para la toma de decisiones y el mejoramiento de los procesos, sin embargo es necesario tener en cuenta que la simulación presenta ventajas y desventajas, por lo cual se deben tener presente para determinar si es útil para resolver el problema que se tiene.

Adicionalmente la simulación tiene otras características que al mismo tiempo son ventajas para la elaboración de una propuesta de mejoramiento en un sistema, además esta permite realizar pruebas piloto para poder aplicar cambios en el proceso sin afectar el sistema real.

A continuación se destacaran las ventajas más comunes que ofrece la simulación:

- Permite conocer el impacto de los cambios en los procesos sin la necesidad de realizarlos en el sistema real, logrando reducir los efectos de técnicas de ensayo – error.
- Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer varios cambios en el sistema real.
- Captura las interdependencias del sistema relacionando los diferentes subsistemas y variables, lo cual logra un buen acercamiento al proceso real, consiguiendo que cualquier cambio que se aplique en el sistema afecte las demás variables.
- Muestra el comportamiento del sistema a través del tiempo y puede correr en tiempo comprimido, real o en tiempo retrasado.
- Es lo suficientemente versátil para modelar cualquier tipo de sistema.
- Es una ayuda visual del sistema real.
- Provee resultados fáciles de entender y comunicar.
- Proporciona información de múltiples medidas de desempeño.
- Permite por medio del análisis detallado del sistema entender la incertidumbre del proceso real.
- Una vez modelado y validado el sistema se pueden explorar nuevas posibilidades en procedimientos y métodos que ayuden a mejorar el proceso real.
- La simulación es una herramienta que ayuda a identificar aspectos importantes en un proceso como: análisis de cuello de botella, reducción de costos, balanceo de línea, reducción de inventario, priorización de trabajos, entre otros.
- Permite desarrollar análisis integrales que ayudan a establecer los diferentes requerimientos específicos para el buen funcionamiento del sistema.

4.2.2.3 Desventajas de la simulación

Es necesario también nombrar las desventajas de la herramienta de simulación, ya que es cierto que la simulación de un modelo estocástico produce solo

estimaciones de las características reales del modelo, lo cual obliga al modelador tanto a diseñar adecuadamente el modelo como a diseñar adecuadamente los experimentos para que genere resultados confiables.

Otra desventaja de esta herramienta es el tiempo, ya que para poder llevar a cabo la simulación de un sistema real, es necesario invertir tiempo en la toma de datos, en la capacitación para el buen manejo del software, en el diseño del modelo y en la validación e interpretación de los resultados para elaborar una buena propuesta de mejora adecuada con el sistema real.

4.2.2.4 Pasos para realizar una simulación

Para elaborar un buen modelo de simulación es necesario tener en cuenta los pasos básicos que este requiere para la ejecución de diferentes actividades y análisis que permitan obtener el mejor beneficio.

A continuación se nombrarán los pasos básicos a seguir, teniendo en cuenta que dependiendo del tipo de estudio se pueden agregar o eliminar algunos de estos.

1. Definición del sistema: Es necesario tener conocimiento del sistema a modelar ya que de esta manera se logra definir con claridad las variables de decisión del modelo e interrelaciones entre estas. Así mismo, se debe contar con la información suficiente para conseguir un modelo conceptual del sistema real.
2. Recolección y análisis de datos: Se debe comenzar la recopilación de la información estadística de las variables aleatorias del modelo, es necesario determinar qué información es útil para el establecimiento de las distribuciones de probabilidad y la asociación de estas a las variables aleatorias.

3. Generación de un modelo preliminar: En esta etapa se logra la integración de la información recolectada para tener un modelo lo más cercano posible a la realidad, teniendo en cuenta el problema bajo estudio. En la mayoría de los casos no se cuenta con toda la información requerida, por lo que es indispensable establecer un rango de comportamiento para las variables y en muchos casos aproximarlas a distribuciones de probabilidad.
4. Verificación del modelo: En este punto se debe realizar un proceso de verificación de datos para comprobar que las distribuciones de probabilidad de las variables y los parámetros utilizados en la simulación funcionen correctamente. Con lo anterior se asegura que el modelo que se va a ejecutar sea lo más cercano al sistema real.
5. Validación del modelo: Se deben realizar pruebas al modelo, manejando información de entrada real para poder observar el comportamiento y analizar los resultados de este.
6. Determinación de los escenarios para el análisis: Después de la validación del modelo, es necesario acordar con la empresa los diferentes escenarios que se quieren analizar o que son factibles para la propuesta de mejoramiento.
7. Análisis de sensibilidad: Es importante realizar pruebas estadísticas que permitan comparar los resultados finales de los diferentes escenarios.
8. Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones: Es imprescindible efectuar toda la documentación del modelo, pues de esta manera se pueden realizar cambios o ajustes futuros. En esta se deben incluir: los supuestos del modelo, las distribuciones asociadas a las variables, su alcance y limitación, sugerencias y conclusiones.

4.2.2.5 Tipos de simulación

Existen distintos modelos de simulación que permiten representar sistemas reales de diferentes tipos.

- Modelo continuo: Se define a través de ecuaciones diferenciales, ya que estas permiten conocer el comportamiento de las variables en un lapso de tiempo continuo, es decir, que las variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo.
- Modelo discreto: En este tipo de simulación los cambios de estado del sistema pueden representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.
- Modelos dinámicos: El estado del sistema que se está estudiando varía a través del tiempo. Este tipo de simulación permite observar los cambios que ocurren en el estado del sistema durante cierto tiempo específico.
- Modelos estáticos: Este tipo de simulación representa un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinadas y el efecto del tiempo no se tiene en cuenta.
- Modelo determinístico: Son relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo, es decir que tanto las variables de entrada como de salida son constantes.
- Modelo probabilístico: Tiene por lo menos una variable de entrada, la cual es independiente, y las variables de salida, que son dependientes. Ambas variables son aleatorias.

4.2.3 PROMODEL®

Para este proyecto de grado se eligió este software tanto por la accesibilidad que se tiene a este dentro de la universidad como por su fácil manejo y utilidad en el modelado. Además cuenta con herramientas de análisis y diseño, que ayudan a conocer mejor el problema del sistema modelado y se enfoca en procesos de fabricación de uno a varios productos, líneas de ensamble y de transformación, entre otros.

4.2.3.1 ¿Qué es PROMODEL®?

PROMODEL® es un software de simulación que permite evaluar, planificar y rediseñar diferentes procesos. Igualmente es el área de trabajo donde se define el modelo, sus componentes y las relaciones entre las variables. Este software cuenta con ayudas visuales que ofrecen una mejor presentación visual de los modelos que se realizan. Así mismo **PROMODEL®** permite que los resultados sean fáciles de analizar e interpretar y que los turnos de trabajo se puedan asignar.

Por último la programación en **PROMODEL®** para la simulación compone sólo una parte del proceso de construcción del modelo del sistema real, ya que como se dijo anteriormente, este software ofrece muchas herramientas que se deben aprender a manejar para que los resultados que se obtengan de la simulación sean los mejores.

4.2.3.2 Ventajas y aplicaciones de PROMODEL®

La simulación ha sido utilizada para ayudar a planear y hacer mejoramientos en diferentes sistemas, ya sean logísticos, de producción o servicios, estos mejoramientos pueden estar enfocados hacia:

- Reducción de ciclos de tiempo.
- Análisis de cuellos de botella.
- Reducción de costos.
- Reducción de inventarios.
- Balanceo de línea.
- Planeación de capacidad.
- Mejoramiento de la calidad.
- Programación de mantenimiento.
- Programación de recursos.

- Secuenciación de trabajos u órdenes de producción.
- Reducción del tiempo de respuesta a los clientes.
- Análisis de rendimiento.

4.2.3.3 Modelo de Simulación

4.2.3.3.1 Construcción del modelo

En **PROMODEL®**, un modelo está compuesto por entidades, locaciones, recursos, datos e información y trayectorias, que están representadas usando barras de herramientas de dibujo, tablas para la entrada de datos y espacios en blanco para rellenarlos con los datos que se requieran. Estos datos y entradas definen el comportamiento del sistema, por ejemplo el movimiento de las entidades a través del sistema y su transformación en cada locación. Todos los elementos de la simulación pueden ser definidos en **PROMODEL®** incluyendo los atributos de las entidades; por otro lado, para las locaciones, entidades y otros elementos existe una representación gráfica.

4.2.3.3.2 Corriendo el modelo

Cuando ya se tiene definido todo el modelo de simulación, se puede iniciar con el siguiente paso que es correr el modelo. Cuando se corre el modelo la base de datos creada es compilada visualizándose en la pantalla el esquema general del sistema, esto muestra el funcionamiento del sistema en cuanto a la materia prima, maquinas, capacidades, transporte, etc. Además, **PROMODEL®** nos muestra información estadística del modelo que permitirá o será útil a la hora de realizar el análisis de los datos y del comportamiento del sistema.

4.2.3.3.3 Interpretación de Resultados

Al finalizar la corrida del modelo, **PROMODEL®** brinda la información estadística recolectada durante la simulación. Estos resultados son presentados en forma de reportes, diagramas, histogramas, cuadros, entre otros; al mismo tiempo, este resumen de datos puede ser comparable con otras corridas del modelo con el fin de observar las diferencias presentadas al cambiar características, valores de las variables o elementos del modelo. Gracias a este resumen de datos, se puede realizar un promedio del funcionamiento del modelo en los diferentes escenarios, haciendo que los datos se puedan interpretar fácilmente y se pueda hacer un análisis más preciso de lo que se está estudiando.

4.2.4 Teoría de restricciones

4.2.4.1 ¿Qué es Teoría de Restricciones?

La Teoría de Restricciones es una metodología que permite a la empresa enfocarse en la búsqueda de soluciones para los problemas críticos que existen no solo en Producción sino que también en el área de Ventas, Recursos Humanos, Finanzas, Distribución, entre otras. Lo anterior busca que día a día la compañía a través de un proceso de mejoramiento continuo se acerque a su meta.

Es necesario tener en cuenta que la TOC (Teoría de Restricciones), utiliza el método de causa y efecto para entender lo que sucede en la empresa, es decir, que restricciones o “Cuellos de botella” existen en la compañía que eviten ganar el dinero suficiente para ser sostenible, para encontrar diferentes maneras de mejorar.

Igualmente se debe aclarar que en cada organización debe existir al menos una restricción, ya que si esto no fuera así las ganancias que esta generaría serían ilimitadas. Por esto a través de la TOC se buscan soluciones a las diferentes restricciones que existen, pues de esta manera los obstáculos que se le presentan a la empresa para obtener más ganancias se van desapareciendo algunas restricciones al mismo tiempo que aparecen otras.

Por lo anterior se puede decir que la meta de cada organización es ganar dinero de forma sostenida, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Por esto la única manera de mejorar es identificando y eliminando las restricciones, para lo cual la TOC propone la siguiente metodología en busca de enfocar correctamente los esfuerzos de mejora.

El sistema DBR (Tambor, Amortiguador y Cuerda): El cual consiste en reconocer la restricción que establece la velocidad de producción, el cual se conoce como “El Tambor”. Además es necesario tener un “Amortiguador” de inventario, ya que con este se establecen límites en los niveles tanto mínimos como máximos para los inventarios y por último se debe tener una “Cuerda”, ya que así se ayudaría a indicar la velocidad a la cual se liberaran materiales a la planta, para esto es indispensable que la “Cuerda” este desde el cuello de botella hasta la primera operación.

Finalmente la Teoría de Restricciones busca lograr un flujo adecuado de bienes o servicios a través de una cadena de valor bien estructurada, es decir, que este balanceada, coordinada y sincronizada en las estaciones de trabajo, ya que de esta manera se logra disminuir los costos de operación, reducir inventarios e incrementar ventas.

4.2.5 Metodología para la simulación de Jerry Banks

Para desarrollar esta metodología es necesario realizar los siguientes pasos:

- 1. Formulación del problema:** Toda simulación comienza con el enunciado de un problema. Si este enunciado es dado por quienes tienen el problema (Cliente), es indispensable tener un claro entendimiento de este. Por otro lado si el problema es preparado por los investigadores es importante que el cliente entienda y este de acuerdo con la formulación de este mismo. Igualmente todos los supuestos deben ser preparados, analizados y acordados con el cliente. Aunque se tengan todas estas precauciones es posible que el problema necesite ser reformulado a lo largo del proceso de simulación.
- 2. Establecimiento de objetivos y el plan general del proyecto:** Los objetivos indican las preguntas que deben ser respondidas a través del estudio de la simulación. El plan general del proyecto debe incluir el establecimiento de varios escenarios que deben ser investigados. Este plan debe indicar el tiempo requerido, personal que será utilizado, requerimientos de hardware y software si el cliente desea correr el modelo y analizar su comportamiento, etapas de la investigación, resultados de cada etapa y costos de la investigación.
- 3. Conceptualización del modelo:** El sistema real que está bajo investigación y análisis debe ser llevado a un modelo conceptual, una serie de relaciones lógicas y matemáticas que representan los diferentes componentes y estructura del sistema. Es recomendable que para el desarrollo de este modelo se empiece haciéndolo lo más sencillo posible y que a partir de este se incluya cada uno de los diferentes aspectos hasta tener un modelo con la complejidad adecuada. No es necesario realizar el modelo lo más complejo posible, ya que esto incrementa los costos de la investigación y el tiempo necesario sin agregar ningún valor ni diferencia a los resultados obtenidos. En esta etapa debe estar muy

involucrado el cliente ya que esto aumentara la calidad del modelo resultante incrementando la confianza y satisfacción del cliente.

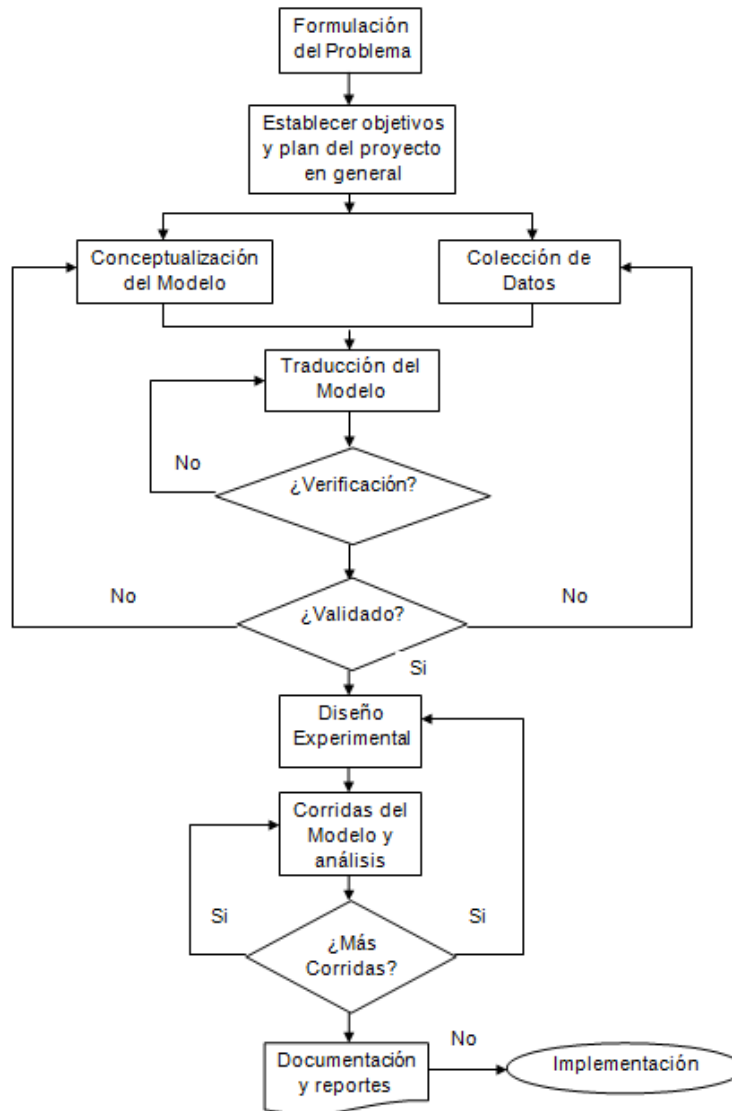
4. **Recolección de datos:** Cuando el plan del proyecto es aceptado, se debe enviar una programación con los requerimientos de datos necesarios al cliente. En el mejor de los casos el cliente ha recolectado la información necesaria en el formato requerido y puede enviar esta información en formato digital para comenzar el análisis. En este caso es importante aclarar que los datos necesarios son individuales y no resúmenes ni promedios de estos. Según el esquema es posible que la recolección de datos y conceptualización del modelo se pueden estar realizando en paralelo.
5. **Traducción del modelo:** El modelo anteriormente descrito en el paso 3 debe ser codificado en un formato que sea reconocido por el software de modelación utilizado.
6. **Verificación:** En esta etapa se evalúa si el modelo está funcionando apropiadamente. La verificación es un proceso continuo a lo largo de todo el proceso de simulación. Es necesario esperar hasta que el modelo este totalmente terminado para poder comenzar la verificación. Este proceso es uno de los principales para la confiabilidad de los resultados y el éxito del proyecto.
7. **Validación:** La validación es el proceso en el cual se evalúa si el modelo conceptual es una acertada aproximación del sistema real analizado. La pregunta principal en esta etapa es si el modelo realizado puede ser utilizado para el análisis del sistema real. Para poder responder a la anterior pregunta es necesario comparar los resultados del modelo con los resultados reales del sistema real.

8. **Diseño de experimentos:** Para cada escenario que se vaya a simular, se deben tomar decisiones como el tiempo de simulación, el número de corridas o replicas y las maneras de inicializar el modelo.

9. **Realizar corridas y análisis:** Las diferentes corridas y su posterior análisis son utilizadas para estimar medidas de desempeño de los diferentes escenarios que han sido simulados. Según estos resultados se debe tomar la decisión si son necesarias más corridas para aumentar el nivel de confianza de los resultados.

10. **Documentación y reporte:** En esta etapa se deben reunir todos los diferentes análisis y resultados obtenidos en todo el proyecto de simulación para ser presentados a los clientes de este proyecto y las diferentes partes interesadas. Así mismo se debe indicar claramente, si se requiere, las recomendaciones o planes de implementación de los diferentes escenarios solución al problema que resultaron más eficientes y eficaces según el proyecto.

Figura 2. Metodología para la simulación



Adaptado de: BANKS Jerry. Handbook of Simulation; capítulo 1. EMP Books, 1998. pp. 16

4.3 APORTE CRÍTICO

A lo largo de la historia del ser humano y así mismo del desarrollo y evolución socio-económica que esta ha tenido, se ha identificado claramente la búsqueda

ansiosa de encontrar la mejor forma de realizar cualquier actividad, producto, empresa, etc. Todo lo anterior no solo es una característica del hombre para hacer su vida más cómoda, sino que es la parte de su esencia que lo diferencia de los demás seres vivos, al querer siempre evolucionar y tener una mejor calidad de vida y un mayor control sobre su existencia.

Específicamente, en el aspecto económico el hombre ha desarrollado infinidad de productos y servicios basados en grandes sistemas productivos y logísticos, como respuesta a las diferentes exigencias y necesidades del mercado que el mismo ha creado, un mercado que cada vez es más consumista e imponente, buscando no solo productos con la mayor calidad, sino también con los precios más bajos. Estas condiciones impuestas por el mercado son la razón y motivación para que estos sistemas productivo-logísticos estén siempre bajo constante análisis, control y rediseño, buscando siempre la llamada mejora continua que permita tener una organización competitiva y adaptable a los cambios que exigen sus clientes.

Para poder lograr llevar a cabo estos ciclos de “mejoramiento continuo” se han diseñado un alto número de filosofías, herramientas, teorías y metodologías, que han sido la mano derecha del hombre para lograr los objetivos anteriormente nombrados.

Entre las herramientas que están teniendo mayor tendencia de uso y de credibilidad por parte de las empresas y los altos directivos, es la simulación en computador. El éxito de esta metodología está basado en el gran número de ventajas que esta posee para analizar, no solo los diferentes niveles de variabilidad que presentan los diferentes sistemas y procesos, y que causan la mayor parte de incertidumbre en los resultados arrojados por estos, sino también los diferentes escenarios deseados para desarrollar un proceso, esto sería de un alto costo monetario y de tiempo por los métodos de ensayo y error, pero gracias a la simulación no solo se realizan a un costo mínimo sino también en poco tiempo.

Este proyecto de grado surge con la iniciativa de aplicar y validar la eficiencia y efectividad de la simulación, como una herramienta para la toma de decisiones en el mejoramiento de los procesos industriales. Todo el anterior marco de referencia incluye los elementos y conceptos esenciales para el desarrollo de este proyecto, desde los métodos para el reconocimiento y caracterización de los procesos a analizar, la recolección de los diferentes datos necesarios para el modelado y así mismo todos los pasos y requisitos para la construcción de los modelos. Igualmente, cabe aclarar que este marco de referencia se desarrolló desde lo más general, concepto de sistema, hasta lo más específico para lograr el desarrollo del proyecto, simulación con **PROMODEL®**, esto para dar facilidad y claridad a los procesos y actividades que fueron necesarias para el cumplimiento de los objetivos.

En conclusión, el marco de referencia es el pilar teórico que soporta el desarrollo de este proyecto, dando como punto de partida los diferentes proyectos o investigaciones realizadas anteriormente con temas afines a simulación y por otro lado de todo el soporte conceptual y metodológico que se necesitó para la implementación y desarrollo de las diferentes actividades que se ejecutaron para el cumplimiento de los objetivos específicos y finalmente el objetivo del proyecto.

5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

5.1 RECURSOS DISPONIBLES: HUMANOS, ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS

Para el desarrollo de este proyecto de grado fue necesario contar con Recursos disponibles Humanos, Económicos y Tecnológicos, ya que de esta manera se llevaron a cabo todas las tareas y responsabilidades que permitieron alcanzar de forma adecuada tanto el objetivo del proyecto como los objetivos específicos de este.

Para lograr lo anterior se conto con dos recursos humanos indispensables para la evolución del proyecto, los cuales fueron: El tutor metodológico, que dirigió la organización, presentación y estructura del contenido y el tutor temático que sirve como apoyo en la parte académica, es decir, en la profundidad de contenido y alcance o delimitación del proyecto, además de colaborar con la comunicación de especialistas y profesionales que trabajan y tienen conocimiento sobre el área que se estudio.

Igualmente se tuvo compromiso académico, responsabilidad, capacidad y trabajo en equipo como recurso humano, ya que fuimos los encargados de redactar, realizar visitas, investigar, entre otras, todas las inquietudes y soluciones que fueron pertinentes para el desarrollo de nuestro proyecto. Por esto el principal recurso humano de esta investigación fuimos nosotros, como estudiantes de la Universidad Icesi.

Fue necesario contar con recursos económicos para la realización de este proyecto, dentro de los cuales se tuvieron en cuenta el transporte y papelería obligatoria para la adquisición e investigación de información.

Además uno de los más grandes recursos que fue necesario para el desarrollo del proyecto de grado, es la empresa XYZ, la cual brindó de manera confidencial, información y datos de los procesos productivos y logísticos que desarrollan tanto en la planta como el Centro de Operaciones Logísticas. Este apoyo fue indispensable, pues desde los aportes humanos y tecnológicos que ofrecieron, la investigación pudo adquirir una mayor profundización de estudio por parte de los estudiantes. La organización ayudo con la comunicación no solo de gerentes sino también de personal o empleados que trabajan en el piso de ambas zonas, esto genero un incremento en conocimiento del problema a tratar y de las posibles soluciones que se podían ir desarrollando en la evolución del modelo y el proyecto de grado.

La universidad Icesi también fue un apoyo para poder llevar a cabo este proyecto de grado, no solo por haber brindado a los tutores encargados de realizar seguimiento al trabajo sino también por ofrecer el soporte tecnológico, en este caso, con la plataforma para simulación **PROMODEL®**, pues para el desarrollo del modelo fue necesario la versión full de **PROMODEL®** y esta se adquirió a través de las salas de la universidad y sus computadores.

Finalmente la información y los datos adquiridos se organizaron con programas instalados en la universidad y otros en los computadores personales, esta organización y validación de los datos fue indispensable para poder evolucionar el modelo, pues de no ser así no se hubiera podido validar la información obtenida y aun menos, proponer mejoras a un proceso donde los datos e información estrían errados o no cumplirían con las mínimas especificaciones.

6. TEORIA DE SIMULACIÓN APLICADA A LOS PROCESOS PRODUCTIVO Y LOGISTICOS DE LA EMPRESA XYZ DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

6.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa XYZ cuenta con dos plantas en la ciudad de Cali, una está encargada de la fabricación de jabones y la otra a la producción de alimentos. Este proyecto de grado se llevó a cabo en la segunda planta, es decir, la de alimentos, la cual cuenta con dos subplantas, una dedicada a la elaboración de condimentos y la segunda realiza margarinas, salsas y productos con base en fécula de maíz. La segunda subplanta, Dressings, cuenta con una sola bodega de almacenamiento de producto terminado, la cual es compartida por los productos de fécula de maíz y salsas, la margarina al ser un producto refrigerado, no es un problema para éste espacio, ya que la planta tiene un cuarto frio para su almacenamiento. La subplanta Dressings cuenta con 19 líneas, de las cuales 11 pertenecen a la familia de Dressings, 4 a la producción de Natural Vitality Products (NVP) y Margarinas que fabrica a partir de 4 líneas de producción. La capacidad de la bodega de Dressings para producto terminado es de 150 estibas, que se almacenan en arrume. La bodega de cuarto frio, para producto terminado, cuenta con 850 estibas que son ubicadas en estanterías. Esta zona de almacenamiento de la planta cuenta con 4 muelles de los cuales solo 2 son adecuados para el cargue y descargue de camiones que llegan del COL (Centro de Operaciones Logísticas), debido a que cada uno de estos dos muelles tiene una rampa.

El estudio no solo se realizó en la planta anteriormente descrita sino que también se estudió el COL, ya que para el desarrollo del proyecto de grado fue necesario entender las interrelaciones que hay entre la subplanta y éste.

El COL cuenta con 53 muelles adecuados para cargue y descargue, es decir, con rampas para los camiones, de los cuales uno tiene un sistema de descargue automatizado para reducción de tiempo.

Todo éste análisis fue indispensable para realizar este proyecto, pues el problema que se estaba presentando es que en repetidas ocasiones la planta debía parar sus operaciones, debido a que la bodega de producto terminado se encontraba llena y no había espacio disponible para almacenar el producto que salía de las líneas. Esto era generado por varias razones:

- El tiempo de cargue y descargue de los camiones estaba tomando más tiempo del esperado.
- Estaban recurriendo a utilizar 2 camiones más, debido a la lenta operación de los 3 antes. Esto generó un aumento en los costos logísticos.
- La falta de rampas en 2 muelles de la subplanta, lo que creó una cola con tiempos largos de espera para el cargue y descargue de las camiones en Dressings.
- La falta de montacargas para realizar el cargue y descargue de los camiones en la planta.

Por otro lado el COL contaba con pocos montacargas para atender la cantidad de muelles que tienen. Además de tener un solo montacargas para el descargue y cargue de un camión de doble piso y uno para esta misma actividad en camiones de un piso.

Es necesario aclarar que de los camiones que se estaban utilizando en este proceso, 2 son doble piso (capacidad de 20 estibas) y 3 de un solo piso (capacidad de 40 estibas).

Finalmente éste proyecto de grado buscaba a través de la simulación, considerar todas las variables posibles para la creación de un modelo que ayudará a evaluar

el impacto que podían llegar a generar las posibles propuestas de mejora para el sistema actual.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS A MODELAR

6.2.1 Líneas de producción

Para el modelo de simulación, básicamente se tenía en cuenta solo las entradas y salidas en las líneas de producción, ya que este se concentra en el transporte y manejo de producto terminado, por esta razón lo que sucede dentro de las líneas de producción no fue modelado con detalle. Las entradas para las líneas fueron las órdenes de producción y se asumió una cantidad de materias primas siempre disponible debido a que la planta no posee problemas de abastecimiento.

6.2.2 Almacenamiento de producto terminado

Este es uno de los puntos más importantes para el modelo de simulación ya que se presentan paradas en la planta precisamente porque la bodega de producto terminado se utiliza en su totalidad, lo que significa que no hay espacio suficiente para seguir almacenando el producto terminado que sale de las líneas de producción.

Para este proceso se tuvo como entrada el producto terminado que sale de las líneas de producción y la operación de almacenamiento en la bodega de la planta Dressings.

Igualmente fue necesario analizar el almacenamiento de producto en el COL, ya que es otro aspecto que se modelo, aunque en menos detalle debido a que la capacidad de almacenamiento del COL es más que suficiente en la actualidad, lo

que significa que no tienen problemas de espacio; para este proceso se tuvo como entrada el producto terminado que llega en los camiones que vienen de la planta de producción Dressings.

6.2.3 Cargue, descargue y traslado de producto terminado

Este proceso es crítico debido a que simulando varios escenarios en el modelo se podían proponer mejoras para el sistema actual. Por esta razón, se modeló este proceso con detalle, logrando abarcar la mayor cantidad de variables que afecten la operación. Las entradas para este proceso fueron las distribuciones probabilísticas de los tiempos en cada etapa, que están compuestas de la siguiente forma:

- Tiempo entre llegada del camión e inicio de descargue, es decir, tiempo en cola tras la llegada de un camión.
- Tiempo de cargue o descargue del camión.
- Tiempo entre cargue o descargue, y salida del camión, es decir, el tiempo que se demora el camión en salir hacia su destino tras haber sido cargado o descargado.
- Tiempo de traslado o de transporte del producto terminado desde su origen hasta su destino, es decir, tiempo desde la salida del camión de su origen hasta la llegada a su destino.

7. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO 1: CONOCER EL FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA XYZ, SUS PROCESOS Y EL CENTRO DE OPERACIONES LOGÍSTICAS.

Para poder llevar a cabo este primer objetivo se realizaron diferentes actividades, primero se estableció relación entre la empresa y los estudiantes, esto se pudo lograr en dos visitas que se hicieron en la planta de alimentos, la primera se realizó con el gerente de producción y el ingeniero de proyectos, los cuales están encargados de los procesos a estudiar y a modelar, pues de esta manera ambas partes estarían informadas sobre el proyecto de grado que se quería desarrollar, su alcance y restricciones. Además esta actividad fue de gran ayuda, pues logramos conocer a nivel global sobre los procesos de la empresa.

Durante esta visita se acordaron próximas citas con las personas que están a cargo tanto de la subplanta de Dressings como de la logística de transporte y el manejo de bodega en la sede alimentos.

En la segunda visita se realizó una reunión con las dos personas anteriormente mencionadas, es decir, tanto con el jefe de producción de la subplanta Dressings como con el jefe encargado del manejo de la bodega y la logística del transporte. En esta ocasión se logró conocer más a fondo sobre los procesos que se querían modelar y el problema a tratar, pues ambas personas contaron sobre los inconvenientes que se estaban generando a causa de este. Además de esto, se conoció sobre los productos que se fabrican en ambas plantas, la cantidad de líneas, camiones, muelles, capacidad de bodega, entre otras.

Finalmente durante esta cita se definió el alcance del proyecto, las posibles personas involucradas para la recolección de datos e información y se hizo contacto con el COL para informarlos sobre el proyecto que se quería realizar y la

colaboración que se necesitaba por parte de ellos para llevarlo a cabo. Por último se concretó una fecha, con las personas involucradas en el COL, para realizar una primera visita al COL.

7.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR EN SU TOTALIDAD EL PROCESO LOGÍSTICO Y LAS SALIDAS DEL PROCESO PRODUCTIVO QUE SE VA A ESTUDIAR.

Para cumplir con este objetivo fue indispensable realizar dos visitas más, una a la planta de alimentos y otra al COL.

Antes de realizar el recorrido por las subplantas se recibieron capacitaciones de seguridad, pues esto brindo el conocimiento sobre las medidas de seguridad que tiene la planta, lo que se debe o no hacer y a disminuir las posibilidades de riesgo o accidentes posibles durante este trayecto.

Luego se llevo a cabo la visita en la cual se logro conocer físicamente todos los procesos que se llevan a cabo en la subplanta Dressings, ya que se realizó el recorrido a través de estos y se hablo con personas claves para la adquisición de datos e información adicional requerida. Se identificaron las entradas y las salidas del proceso, en este punto es indispensable tener claro que el proyecto de grado no simulo las cantidades de materia prima, pues en las visitas que se realizaron anteriormente se aclaro que la producción nunca se detiene por falta de alguna materia prima, ya que la empresa trabaja bajo la filosofía JIT, por lo cual pueden saber si van a tener o no las materias primas a tiempo de lo contrario reprograman la producción.

También se observo cuales eran las salidas de estos procesos, de estas se pudo concluir que cada producto fabricado se almacena en cajas, las cuales se van acomodando en estibas hasta que este con la capacidad asignada. Después las

estibas se completan con los productos que resultan de las líneas de producción y son trasladadas a la zona de almacenamiento.

Para el modelo se decidió que las salidas son las estibas, pues es por pallets que se realiza el almacenamiento, el cargue y descargue, y el traslado de los productos terminados.

Después de haber conocido todo el proceso operativo y logístico de la subplanta Dressings, con sus interrelaciones, entradas y salidas, se hizo una visita al COL, donde además de conocer sus procesos operativos y logísticos, se aprendió sobre el funcionamiento de los muelles y el manejo de los productos terminados. Igualmente se adquirió datos e información sobre la capacidad de la bodega y los recursos que existen actualmente para poder desarrollar las diferentes actividades que se llevan a cabo en el COL.

En el COL el proceso se lleva a cabo desde el momento que se reporta el camión que viene desde la planta Dressings. Al llegar al centro de operaciones logísticas este es descargado en alguno de los dos muelles que se tienen habilitados para realizar este proceso, luego de descargar el producto terminado los camiones se disponen a cargar materia prima si algún requerimiento por parte de la planta, en promedio se carga materia prima en solo 1 de los 3 viajes que realiza cada camión por día.

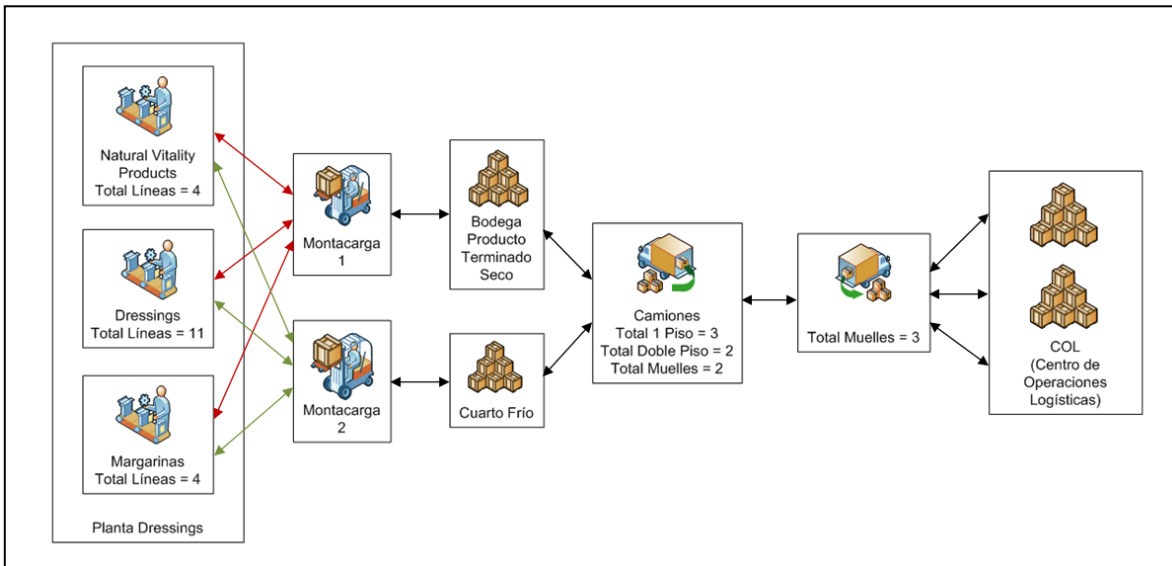
7.2.1 Diagrama sistema

En el

Diagrama 1 se puede visualizar de mejor manera lo que se explico anteriormente. Es necesario aclarar que ambos montacargas recogen estibas de producto terminado de cualquiera de las 19 líneas, es decir, que ninguno tiene asignado

alguna línea, los dos pueden recoger estibas de acuerdo a su disponibilidad. Al realizar esta operación cada montacargas lleva la estiba a la bodega que corresponde, ya sea a la bodega de producto terminado seco o al cuarto frío, el cual está destinado a almacenar margarinas.

Diagrama 1. Representación del proceso



Fuente: Los autores.

Las estibas son retenidas en la bodega hasta que llegan los camiones en los que son transportadas hasta el COL, en la planta de Dressings existen 4 muelles, de los cuales solo se utilizan 2 porque están adecuados con plataformas niveladoras.

La cantidad de camiones en total son 3 de un piso y 2 de doble piso, ninguno tiene preferencia para el traslado de las estibas, es decir, que se utilizan de acuerdo a la disponibilidad que estos tengan en el momento de ser requeridos.

Cuando los camiones llegan al COL tienen a su disposición 3 muelles con plataformas niveladoras, de los cuales 2 son para descargar producto terminado seco y/o frío y uno para el cargue de materia prima en caso que la requieran en la Planta de Dressings.

Por último durante la identificación total del proceso, tanto logístico como productivo, se consiguió comunicar con diferentes personas de ambas plantas, lo que brindo más conocimiento sobre los procesos que se modelaron en este proyecto de grado y a identificar posibles causas del problema que se estaba presentando, esto fue de gran ayuda, ya que se pudieron visualizar posibles propuestas de mejoramiento que fueron evaluadas en modelo que se creó en la Plataforma **PROMODEL®**, lo cual permitió ver los impactos que estas decisiones podían generar a corto o largo plazo en los procesos y las interrelaciones de ambas plantas.

8. OBJETIVO 3: RECOLECTAR Y VALIDAR DATOS E INFORMACIÓN NECESARIOS PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.

8.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO

8.1.1 Levantamiento de datos

El levantamiento de datos es uno de los factores más importantes en la construcción de un modelo de simulación debido que su fin es alimentar el modelo con la información necesaria para que, después de haber sido analizada, el modelo refleje el sistema real que se quiera simular.

Estos datos se pueden conseguir por medio de la toma directa de datos (yendo al sistema o proceso que se quiera evaluar y midiendo los datos) u obteniendo registros de la empresa (un ejemplo de esto es consiguiendo los registros de tiempos directamente del sistema de información que maneje la empresa); de cualquier modo, el objetivo es obtener datos confiables y cercanos a la realidad de tal modo que los cambios que se deseen hacer en el modelo se comporten del mismo modo como si se hiciera en el sistema real. Para este proyecto, la información recolectada se consiguió principalmente por medio del sistema de información de la empresa, algunos otros datos complementarios se tomaron de mediciones en el sistema.

8.1.1.1 Guía para el levantamiento de datos

Para empezar con el proceso de levantamiento de datos, se realizó la primera reunión en la planta donde asistieron el Gerente de Producción, el Líder de Producción y el Jefe de Bodega, donde se presentó la propuesta del proyecto y se

definieron algunos objetivos y elementos de alcance. Luego se programaron reuniones con el Gerente del Centro de Operaciones Logísticas, el Jefe de Recibos y Despachos y el Ingeniero TPM y Mantenimiento del COL, para el conocimiento del Centro de Distribución de la empresa y se conocieron varios detalles de importancia para el modelo de simulación. El recorrido de reconocimiento de la empresa y específicamente del sistema que se modela se realizó en compañía del Jefe de Bodega, lo que permitió hablar con personas que explicaron y aclararon elementos de tipo cualitativo que se debían tener en cuenta para el modelo.

Luego de conocer y recolectar la información cualitativa, se procedió al análisis de datos cuantitativos que fueron suministrados por la empresa, de donde se obtuvo la información necesaria para la construcción del modelo: datos de producción, tiempos de transporte y transferencia, recursos, etc. Algo importante para resaltar es que a medida que se fue realizando el levantamiento y análisis de datos fue necesario contactar continuamente a funcionarios de la compañía para que colaboraran en el suministro y explicación de cierta información.

8.1.1.2 Determinación de los requerimientos de datos

Para poder llevar a cabo el desarrollo del modelo de simulación fue necesario realizar varias visitas a la planta de Dressings, ya que en esta es donde se encuentra la información más relevante para el análisis de tiempos y datos del proyecto, la cual es las líneas de producción, las bodegas de producto seco y margarina, los muelles, los montacargas, entre otras.

Los tipos de datos que se requirieron para poder realizar el modelo de simulación fueron cuatro: estructurales, operacionales, logísticos y numéricos.

A continuación se explicará cada tipo de datos:

8.1.1.2.1 Datos estructurales

Este tipo de datos se refieren principalmente a las locaciones que se analizaron en el modelo, los recursos, operarios y operaciones aunque son importantes en la planta no es un punto a estudiar en este proyecto, ya que el principal problema que se quería investigar y analizar era la logística de transporte. La mayoría de los datos que se utilizaron en el modelo fueron suministrados por la empresa, pues ellos realizan seguimiento a todas sus operaciones.

Tabla 1. Capacidad de plantas

LOCACIÓN	CAPACIDAD
Planta Dressings	
Bodega Producto Terminado Seco	150
Bodega Producto Terminado Margarina	850
COL	
Bodega Producto Terminado Seco	10.320
Bodega Producto Terminado Margarina	2.277

Es indispensable aclarar que el aporte para la solución de este problema se da desde el reconocimiento de la empresa, análisis de datos, diseño y elaboración del modelo y propuestas de mejora.

En las Tabla 1 y 2 se puede observar la capacidad de las bodegas de las dos plantas evaluadas y las locaciones que representan las líneas de producción con su respectiva familia.

Tabla 2. Productos manejados en cada línea

LOCACIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS
Línea 1	Natural Vitality Products
Línea 2	
Línea 3	
Línea 4	
Línea 5	Dressings
Línea 6	
Línea 7	
Línea 8	
Línea 9	
Línea 10	
Línea 11	
Línea 12	
Línea 13	
Línea 14	
Línea 15	Margarinas
Línea 16	
Línea 17	
Línea 18	
Línea 19	

8.1.1.2.2 Datos operacionales

Son aquellos que reflejan los tiempos de producción, las esperas, movimientos de material y producto. Es necesario tener presente que para el modelo de simulación se tuvo como supuesto una producción continua, ya que la planta de Dressings trabaja bajo la filosofía JIT (Just In Time), por lo cual si tienen algún imprevisto pueden recurrir a la toma de decisiones en busca de una solución inmediata al plan de producción.

Como se menciono anteriormente, los tiempos de producción fueron tomados por la empresa, nosotros nos encargamos de filtrar y analizar los datos de los meses de Enero, Febrero y Marzo del presente año.

8.1.1.2.3 Datos logísticos

Estos datos están relacionados con el traslado de material y producto, es decir, tiempos de cargue y descargue, tiempos de traslado, esperas de los camiones, entre otros, como se ha mencionado en el transcurso de este proyecto de grado, la logística y tiempos de transporte eran un problema para la planta de Dressings, ya que al no existir un flujo adecuado de los camiones la planta se veía obligada a parar la producción pues la bodega de producto terminado seco se quedaba sin espacio para continuar recibiendo estibas de producto terminado.

8.1.1.2.4 Datos numéricos

Es la información con la cual se alimentó el modelo, es decir, inventarios, capacidad de las bodegas, tiempos de procesamiento por líneas, tiempos de cargue y descargue, tiempos de transporte, entre otros.

8.1.1.3 Identificación de las fuentes de datos

Claramente, la información necesaria para la construcción del modelo de simulación fue obtenida directamente de la empresa. Por el lado de la información cualitativa, se obtuvo de las diversas entrevistas y reuniones que se realizaron con el Gerente de Producción, Gerente del Centro de Operaciones Logísticas, Jefe de Bodega, Jefe de Recibos y Despachos, Líder de Producción e Ingeniero TPM y de Mantenimiento del COL, así como del recorrido de reconocimiento de la planta, la

bodega y el COL. Los datos cuantitativos fueron obtenidos del sistema de información de la empresa y de otro tipo de registros que maneja la compañía.

Los datos complementarios o requerimientos imprevistos se consiguieron por medio del Jefe de Bodega quien colaboró continuamente con cualquier tipo de información necesaria para el modelo.

8.1.1.4 Recolección de datos

Como se mencionaba anteriormente los datos cualitativos y cuantitativos se consiguieron directamente por la compañía, esta información incluye:

- Descripción general de la empresa: información de productos y mercado, información de la planta y del COL, políticas de seguridad y otros procesos que se llevan a cabo en la empresa.
- Descripción detallada de los procesos a modelar: información sobre las líneas de producción y su clasificación (Margarina y Dressings).
- Descripción detallada del almacenamiento y transporte de los productos.
- Diagramas de flujo de los procesos seleccionados, que van desde que el producto terminado sale de las líneas de producción hasta cuando se almacena en el COL.
- Registro de tiempos y cantidades de procesamiento de la planta.
- Registro de tiempos y capacidades de almacenamiento de producto terminado.
- Registro de tiempos de transporte de producto de la planta al COL y viceversa, esto incluye tiempos de cargue y descargue, tiempos de espera, pérdidas de tiempo y tiempos de traslados de producto terminado.
- Información sobre los recursos utilizados en el modelo, camiones para transporte de material y montacargas.

- Información general sobre las instalaciones (locaciones) que se modelaron: planta, COL y muelles de cargue y descargue de producto.

8.1.1.5 Supuestos en el levantamiento de datos

Los supuestos utilizados para la construcción del modelo de simulación se hicieron con el fin de que la plataforma de simulación generará un comportamiento del modelo lo más aproximado a la realidad. Estos supuestos fueron evaluados y aprobados con el tutor temático, gerentes y jefes de la empresa que colaboraron con el proyecto, para asegurar de que el modelo refleje el comportamiento real del sistema. A continuación se encuentran los supuestos realizados:

8.1.1.5.1 Supuestos referentes a locaciones de soporte del modelo:

Dentro del modelo de simulación se conto con una bodega adicional que no existe en el sistema real “Bodega Despacho” con el fin de acumular el producto terminado y ser distribuido a los muelles dependiendo del tipo de recurso que se va a utilizar, es decir, camión de transporte de 20 estibas o de 40 estibas. Esta locación acumula el producto terminado en grupos de 20 y 40 estibas y las reparte en los dos muelles de despacho que se tienen en la planta de producción.

Para simplificar el modelo, la locación correspondiente al COL no almacena productos debido a que de acuerdo a las descripciones y datos suministrados por la empresa, el COL no tiene dificultades en el almacenamiento de producto terminado referente a capacidad y operación del mismo. Por esta razón, el COL es el punto final donde los productos salen del sistema en nuestro modelo.

8.1.1.5.2 Supuestos referentes a los recursos:

Los recursos utilizados en el modelo fueron un montacarga, tres camiones con capacidad de transporte de 20 estibas y dos camiones con capacidad de transporte de 40 estibas. No se incluyó en el modelo la utilización de montacargas para el cargue, descargue y almacenamiento de productos con el fin de simplificar la visualización en el momento de correr la simulación, sin embargo, se tuvo en cuenta estos tiempos de traslado de productos con los montacargas.

8.1.1.5.3 Supuestos referentes a la llegada de materias primas al sistema:

Debido a que el objeto de la simulación es modelar un proceso logístico, se asumió que en un 100% de los casos la materia prima iba a estar disponible para la producción; además, al evaluar este tema con el Gerente de Producción y funcionarios encargados del almacenamiento de materia prima en la planta, expresaron que la empresa prácticamente no tiene problemas en el suministro de materia prima y que además maneja un colchón de seguridad en el almacenamiento de material en caso de que se presente algún inconveniente.

Se decidió por otro lado, que la entrada principal del modelo no sería materia prima sino ordenes de producción debido a que este elemento es el que inicia la producción en la compañía; estas órdenes de producción tienen la misma distribución de llegada que el tiempo de procesamiento de cada línea, esto para asegurar de que las líneas de producción siempre estén en funcionamiento y lograr evaluar el objetivo real del modelo que era el almacenamiento y transporte del producto terminado en condiciones normales de la planta.

8.1.1.5.4 Supuestos referentes al estado del sistema

Se asumió que la planta ya ha sido abastecida debido a que el fin del proyecto era evaluar el proceso logístico de la empresa y no el proceso productivo.

8.1.1.5.5 Supuestos referentes a los horarios de trabajo y tiempos muertos

Debido a que la empresa programa su producción semanalmente y trabaja 24 horas de manera continua distribuida en 3 turnos de 8 horas, se realizaron corridas de 168 horas (1 semana) de simulación para poder analizar el comportamiento del almacenamiento y la transporte de producto en un ciclo completo de producción.

8.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para llevar a cabo el modelo fue necesario realizar el análisis estadístico de los datos que la empresa nos suministró, para lo cual utilizamos la herramienta Stat – Fit, ya que esta suministra varia información respecto al comportamiento de los datos.

En la siguiente tabla se puede encontrar en resumen todo el análisis estadístico de los elementos a incluir en el modelo.

Tabla 3. Resumen análisis estadístico

LOCACIÓN	DISTRIBUCIÓN ELEGIDA
Línea 1	Normal(92.5, 15.7)
Línea 2	13,2
Línea 3	LogLogistic(6.94, 0.3)
Línea 4	Weibull(69.6, 4.33, 0.411)
Línea 5	Beta(-34, 133, 12.6, 14.1)
Línea 6	Lognormal(-276, 5.75, 1.74e-002)
Línea 7	Beta(-4.91, 109, 7.03, 8.29)
Línea 8	Johnson SB(9.51, 15.1, -0.199, 1.5)
Línea 9	LogLogistic(-116, 61.3, 152)
Línea 10	Jhonson SB(-3.77, 38.3, 1.02, 3.45)
Línea 11	Normal(10.2, 0.792)
Línea 12	Weibull(0.609, 5.21, 22.6)
Línea 13	Weibull(173, 4.14, 11.6)
Línea 14	Lognormal(-3.05e+003, 8.04, 1.8e-003)
Línea 15	Weibull(5.6, 3.38, 19.1)
Línea 16	Beta(39.1, 117, 36, 27.8)
Línea 17	LogLogistic(-39, 162, 69.5)
Línea 18	23.1
Línea 19	Beta(-67.5, 42.8, 52.9, 13.7)
Transporte Dressings - COL Camiones 20	Chi Squared(12.4, 31.4)
Transporte COL - Dressings Camiones 20	Erlang(2.36, 18, 3)
Transporte Dressings - COL Camiones 40	Beta(22, 104, 5.17, 12.2)
Transporte COL - Dressings Camiones 40	Weibull(6.55, 6.76, 48.3)
Cargue Camiones 1 Piso COL	Pearson(0.46, 3.17e+004, 2.45, 8.43e+004)
Descargue Camiones 1 Piso Planta Dressings	Extreme Value(1.11, 0.472)
Cargue Camiones 1 Piso Planta Dressings	Beta(-0.278, 1.74, 5.41, 3.71)
Descargue Camiones 1 Piso COL	Weibull(-0.299, 4.13, 1.25)
Cargue Camiones Doble Piso COL	Extreme Value(1.09, 0.411)
Descargue Camiones Doble Piso Planta Dressings	Beta(0.14, 2.17, 3.8, 8.49)
Cargue Camiones Doble Piso Planta Dressings	Pearson(-2.03, 120, 363)
Descargue Camiones Doble Piso COL	LogLogistic(-164, 735, 165)

9. OBJETIVO 4: REALIZAR EL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA A TRAVÉS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN PROMODEL®

9.1 ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN QUE REPRESENTA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES LOGÍSTICAS DE LA EMPRESA DE ALIMENTOS XYZ

Para llevar a cabo el desarrollo del modelo que represento el funcionamiento de la empresa XYZ del sector de alimentos fue necesario realizar varias visitas a la planta, ya que a través de estas se podían observar los diferentes problemas o inconvenientes que se presentaban en día a día, lo cual brindo la oportunidad de conocer cuáles serían las posibles propuestas de mejora que se podían tener en cuenta, pues se escucharon diferentes opiniones respecto al funcionamiento de transporte, capacidades de la bodega, entre otras.

Durante las visitas se explicó cómo funcionaba la producción en la planta de Dressings, lo cual ayudo a entender la logística del transporte, para esto fue indispensable conocer y visitar el COL, pues es en ese sitio donde realiza el cargue de la materia prima que necesita la planta de alimentos y el descargue de producto terminado proveniente de esa misma planta.

Se debe aclarar que aunque se conoció todas las instalaciones de la empresa y el COL, este proyecto de grado se enfoco solamente en la planta de Dressings y el COL, ya que el problema logístico y de capacidad de bodega de PT (Producto terminado), solo involucraba estos sitios.

Igualmente la obtención de los datos no fue muy difícil, ya que al tratarse de una empresa multinacional, el seguimiento a sus operaciones es estricto y

disciplinado, pues todo este control lo llevan día a día los empleados. Por lo anterior los datos para el desarrollo del modelo fueron brindados por la compañía, en total se adquirió toda la información de 3 meses, en donde se encontraron tiempos de llegada, esperas, cargues, descargues, traslados, tiempos por estiba, de producción, etc. Los cuales fueron de gran apoyo para poder simular el proceso real.

A continuación se explican los componentes del modelo:

9.1.1 Locaciones

9.1.1.1 De la Línea 1 a la Línea 4

Se representan los productos que corresponden a la categoría de Natural Vitality Products (NVP).

9.1.1.2 De la Línea 5 a la Línea 15

Se ubicaron los productos que pertenecen a la familia de Dressings.

9.1.1.3 De la Línea 16 a la Línea 19

Se encuentran los productos que necesitan de un cuarto frío, los cuales corresponden a la categoría Margarinas.

9.1.1.4 Bodega de Producto terminado seco

En esta bodega se localizan los productos de la línea 1 a la línea 15 en estibas, es decir, productos pertenecientes a la familia de Dressings y NVP. Por ser producto en seco no tiene ningún problema con su almacenaje, ya que las fechas de vencimiento no son tan cortas y su rotación es muy alta. Esta bodega tiene capacidad para 150 estibas, lo que en este momento está presentando un inconveniente para la organización, pues al no tener suficiente espacio las líneas de producción se deben detener.

9.1.1.5 Bodega de producto terminado refrigerado

Este espacio tiene una capacidad de 850 estibas. En la actualidad tiene espacio de sobra, es decir, que hasta el momento no ha presentado ningún inconveniente en cuanto a la cantidad de estibas que se pueden ubicar en el cuarto frío. Los productos que se almacenan en este espacio no tienen un nivel de rotación tan alto como el de producto terminado seco, pues el tipo de alimento requiere que sea almacenado por lo menos 3 días.

9.1.1.6 Muelle de cargue PT Planta Dressings (Cantidad 4)

En la planta de Dressings existen 4 muelles en total pero en la actualidad solo dos tienen las adaptaciones que algunos camiones requieren, es decir, rampas de altura graduable, esto ha generado que solo 2 de las 4 se utilicen, las 2 que no cumplen con los requerimientos en la mayor parte del tiempo están sin manipular, solo se manejan cuando llega materia prima en arrume pues al no tener estibas no es necesario alinear el camión con la zona de descargue, ya que el montacargas no es obligatorio para llevar a cabo esta operación.

En el modelo solo se representaron 2 de los 4 muelles, esto se debe al problema que se está presentando en la actualidad, el cual es la falta de espacio en la bodega de producto terminado seco y como se menciono anteriormente solo 2 muelles se utilizan para el cargue de los camiones que trasladan el producto terminado en estibas de la planta de Dressings al COL

9.1.1.7 Muelle de descargue PT (Cantidad 2) y Muelle de cargue de MP (Cantidad 1)

Estos muelles se encuentran ubicados en el COL (Centro de Operaciones Logísticas), el cual cuenta con más de 10 muelles, esto hace que la disponibilidad de este lugar para recibir camiones con producto terminado sea muy flexible. En este momento tienen 2 muelles disponibles para recibir el producto terminado proveniente de la planta de Dressings y un muelle para el despacho de la materia prima hacia esa misma planta. Es indispensable aclarar que el COL fue construido y remodelado hace poco, por lo cual cuenta con los requerimientos para cada tipo de camión, es decir, todos los muelles tienen rampas de altura graduable, existe un muelle que esta adecuado para realizar un descargue automático, el cual es reconocido por el nombre Slip Sheet.

La capacidad del COL en estibas es la siguiente:

- Producto Terminado Seco: 10.320 posiciones, de las cuales 3.102 están actualmente ocupadas por la categoría Dressings y 6.033 por la división Foods.
- Producto Terminado Cuarto Frío: Tiene un espacio total de 2.277 estibas, de las cuales 1.070 están ocupadas en este momento.

Se debe tener presente que el espacio que tiene el COL tanto para producto terminado como materia prima es hasta el momento suficiente, en caso de que necesitarán más espacios para almacenar estibas tienen zonas para ampliar las capacidades.

9.1.2 Entidades

9.1.2.1 Ordenes de Producción

Este tipo de identidad llega diariamente a la planta y es la que activa la producción en las líneas. Es necesario tener en cuenta que la producción de las líneas no se para por ausencia de materia prima, ya que la División Foods trabaja tanto con un colchón de 3 días respecto a las ordenes de producción como con la metodología JIT (Just In Time), lo cual permite a los empleados tomar decisiones ágiles y eficaces en caso de algún problema o inconveniente con la producción.

9.1.2.2 Estibas

Esta entidad aparece justo después de que las 19 líneas producen, se decidió manejar el producto terminado por estibas porque el despacho y traslado de este se realiza a través de estibas. En la planta no se realizan movimientos de cajas sueltas o arrume, pues cuando se están fabricando los productos los empleados encargados de cada línea van armando paquetes del producto que tienen como destino una caja de cartón, la cual finalmente unida a otras cajas del mismo tamaño se reúnen en un estiba, la cual es llevada a la bodega, ya sea de producto terminado seco o frío.

Los tiempos de producción se ven reflejados en el modelo en ecuaciones, las cuales representan el tiempo de producción por estibas de cada línea, esta

información se llevo a cabo con los datos históricos de todo el año pasado, es decir, todos los días y tres veces al día (3 Turnos) durante el año 2010, se realizó la toma de datos como:

- Velocidad Especificada (Unidades/Minuto)
- Velocidad Real (Unidades/Minuto)
- Producción Real (Cajas)
- Estibas Producidas
- Producción Programa Día (Cajas)
- Producción Programa Semana (Cajas)

Esta información fue de gran utilidad para el desarrollo del proyecto de grado, ya que permitió perfeccionar más el modelo, lo cual brindó la posibilidad de que este representará mucho mejor la situación real de la planta.

9.1.2.3 Despacho 1 (20 Estibas) y Despacho 2 (40 Estibas)

Ambas entidades se realizan después de almacenar las estibas en ambas bodegas y antes del cargue, esto se debe a la necesidad de crear grupos de 20 estibas y 40 estibas para el cargue en los camiones de un piso y de doble piso.

Realizar ambos grupos era indispensable, pues se tenía que asegurar la utilización completa de los camiones, ya que ninguno de ellos se traslada hacia al COL con espacio disponible, por lo cual si llega un camión doble piso siempre lo

cargan con 40 estibas y si es un camión de un piso hacen lo mismo pero con 20 estibas.

Lo anterior (Agrupación de las estibas), se ejecuta en una bodega invisible en el modelo, por lo cual no se visualiza cuando está corriendo.

9.1.3 . Recursos

9.1.3.1 Montacargas (Cantidad 2)

Ambos se utilizan en la planta de Dressings para realizar tanto el cargue de las estibas en los camiones como el traslado de las estibas cuando se completan en las líneas de producción hasta la bodega de producto terminado seco o al cuarto frío.

Nuevamente se aclara que para el descargue de la materia prima no es necesario el uso de los montacargas, ya que esta es transportada en arrume.

9.1.3.2 Camiones de un piso (Cantidad 3) y Camiones de doble piso (Cantidad 2)

En la actualidad la empresa cuenta con 5 camiones en total, los cuales realizan cada uno 3 viajes en el día de lunes a sábado, es decir, que en total realizan 90 viajes para trasladar producto terminado de la planta de Dressings hacia el COL, de los cuales 30 se devuelven con Materia Prima.

9.1.4 Variables

9.1.4.1 Porcentaje Utilización Bodegas

Esta variable representa del tiempo total simulado, el porcentaje en que la bodega estuvo desocupada, una parte ocupada y totalmente llena.

9.1.4.2 Número de Viajes Camiones

Representa la cantidad de viajes que hacen los camiones en total durante el tiempo simulado, el cual corresponde a una semana (Lunes a Sábado), esto se debe a que todas las actividades de la planta de Dressings se planean semanalmente.

9.1.4.3 Cantidad de Producto en Bodega No. 1

Otro punto de vista importante a parte de observar el porcentaje de tiempo simulado en que la bodega estuvo llena, ocupada o vacía, es la cantidad de producto en bodega cada cierto periodo. Para estos casos, se mostraron gráficas representando la cantidad promedio de producto en la Bodega No. 1 de todas las réplicas simuladas; además de los puntos máximos de producto durante toda la simulación.

10. OBJETIVO 5: REALIZAR PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL PROCESO Y EVALUAR LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA ENCONTRAR LAS POSIBLES MEJORAS.

10.1 PROPUESTAS DE MEJORA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROCESO

En este objetivo se busco realizar diferentes propuestas con el fin de encontrar una solución al problema de que la bodega de almacenamiento de productos NVP y Dressings esté llena en ciertas horas de producción que generalmente son en las noches. Como se ha mencionado en varias ocasiones, el impacto que esto tiene en el sistema es que las líneas de producción tengan paradas cada vez que las bodegas estén llenas.

En total se realizaron 2 propuestas para la solución de este problema, las cuales se mostrarán a continuación junto su explicación y resultados de simulación, adicionalmente presentaremos el modelo original realizar comparaciones entre propuestas. Es importante resaltar que para cada una de las propuestas y el modelo original se realizó una simulación con 100 réplicas con el fin de obtener un promedio de estos resultados y poder hacer un análisis más confiable.

Se debe tener en cuenta que para encontrar una solución a las paradas de las líneas de producción, se planteó en todas las propuestas el supuesto de que todas las líneas trabajan constantemente, es decir, semanalmente las líneas producen día y noche sin importar la hora.

10.1.1 Modelo Original

Como primer paso para la realización de las propuestas de mejoramiento para el proceso logístico de la compañía, se analizo el estado original del modelo de

simulación con el fin de tener parámetros de comparación y al realizar las propuestas definir qué tan efectivas fueron. Estos parámetros de comparación son los siguientes:

- **Número de viajes:** Actualmente los camiones realizan aproximadamente 90 viajes semanales, como resultado del modelo original se obtuvieron 86 viajes con el mismo número de camiones y de muelles, por lo que el modelo refleja resultados concordantes con la realidad. Los resultados se presentan a continuación, centrando la importancia en los ítems Despacho 1 y Despacho 2 que corresponden al número de viajes realizados por los camiones:

Tabla 4. Scoreboard

Scoreboard	
Name	Total Exits
Despacho1	59
Despacho2	33
Estiba	2,580.00
Materia Prima	25

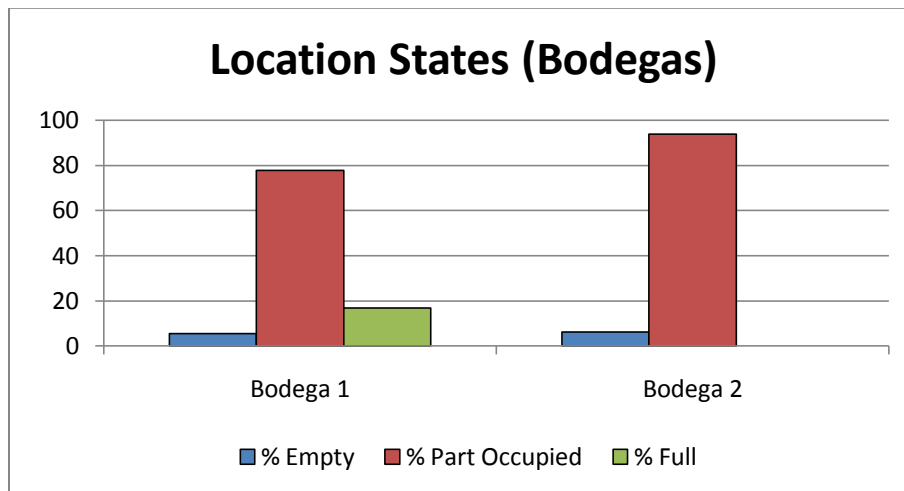
- **Estados de la Bodega No. 1 (productos NVP y Dressings):** Los estados que se analizaron para esta bodega de almacenamiento son: Empty (Vacio), Part Occupied (Ocupado en parte) y Full (Lleno). Uno de los objetivos principales del modelo fue validar que la bodega no estuviera llena con el fin de que haya siempre espacio para la producción de las líneas. Para este caso, del tiempo total simulado (1 semana) el 16.86% la bodega estuvo ocupada generando así paradas en las líneas de producción correspondientes a NVP y Dressings (Líneas de la 1 a la 15), generalmente esto ocurre en las noches debido a que las líneas siguen produciendo pero el transporte de producto se suspende, lo que ocasiona que al día siguiente

haya mucho producto acumulado y sea difícil desocupar la bodega. Los resultados de la simulación se presentan a continuación:

Tabla 5. Resultados Simulación

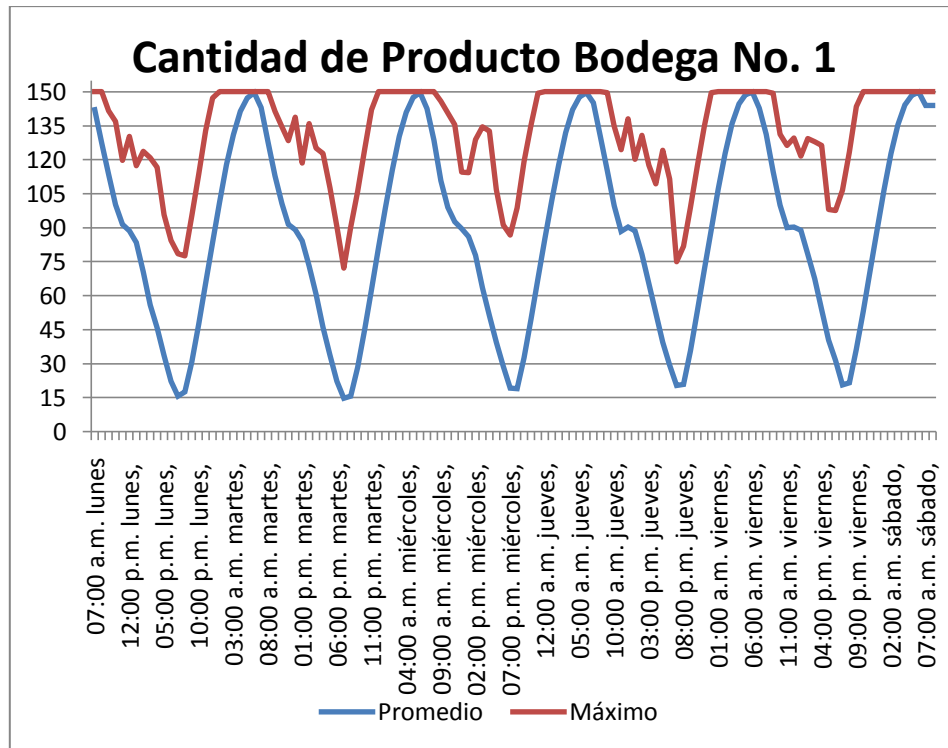
Multiple Capacity Location States – Baseline			
Location	% Empty	% Part Occupied	% Full
Bodega 1	5.45	77.7	16.86
Bodega 2	6.2	93.8	

Gráfico 1. Resultados Simulación



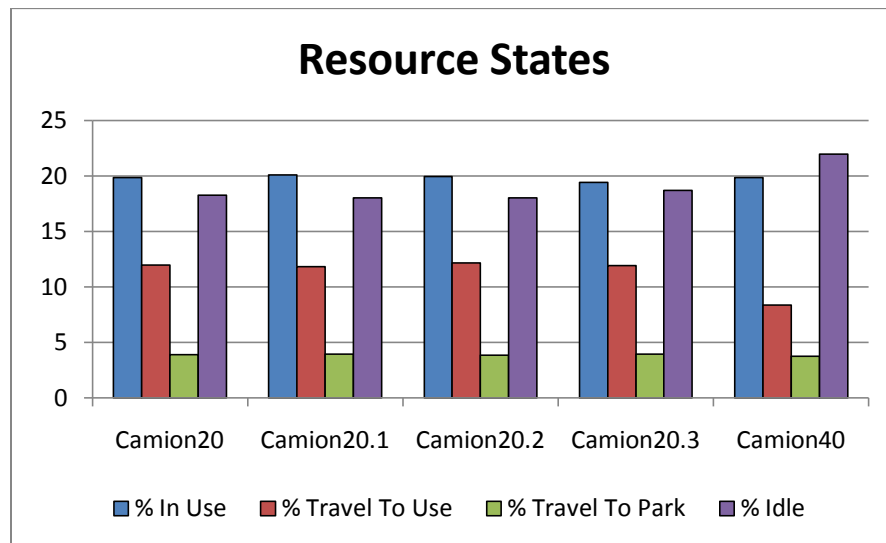
- **Cantidad de Producto en Bodega No. 1:** El Gráfico 2 muestra que diariamente la Bodega No. 1 se llena al máximo de su capacidad causando así paradas en las líneas de producción, es aquí donde se puede identificar una gran oportunidad de mejora partiendo desde el objetivo de que la bodega de almacenamiento de estibas no puede llenarse para que no cause paradas de producción.

Gráfico 2. Cantidad de producto bodega 1



Como se observa en el Gráfico 2, en horario nocturno donde las líneas de producción siguen fabricando estibas, la Bodega No. 1 alcanza su capacidad máxima (línea color rojo) por lo que se identifica una oportunidad de mejora con el fin de que la bodega no se llene y no existan paradas en las líneas.

Gráfico 3. Resource States



10.1.2 Propuesta 1

La propuesta consiste en aumentar el tiempo de operación de los camiones. Actualmente los camiones trabajan de 7:00 am a 8:00 pm lo que alcanza en promedio para realizar 3 viajes al día por camión. Se modificó el modelo de tal forma que el horario de transporte de producto terminado sea de 6:00 am a 10:00 pm, esto descongestiona la Bodega 1 que es la locación mayormente afectada debido a que mantiene totalmente llena en horas de producción nocturna. Además, la extensión del horario de operación de los camiones permitió que se eliminara del modelo un camión de capacidad de 20 estibas, quedando únicamente 2 camiones de capacidad de 20 estibas y 2 camiones de capacidad de 40 estibas, lo que disminuyó costos logísticos.

Al analizar las variables consideradas en el modelo original se tenían los siguientes resultados:

- **Número de viajes:** Como es de esperarse el número de viajes semanales aumentó a 117 debido a que el horario de transporte de producto es más

amplio ocasionando que la bodega de producto VNP y Dressings no se encontrara llena como en el modelo original.

Tabla 6. Propuesta 1

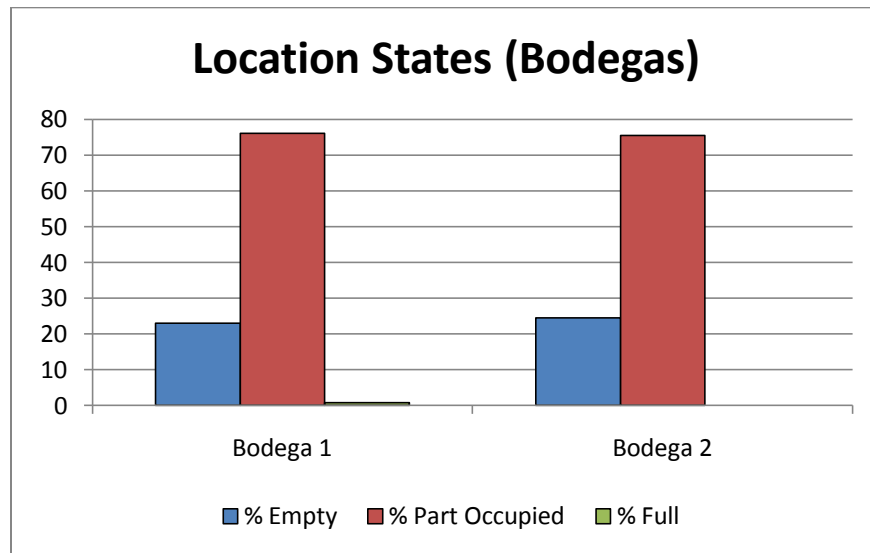
Scoreboard	
Name	Total Exits
Despacho1	74.45
Despacho2	42.63
Estiba	3194.20
Materia Prima	34.88

- Estados de la Bodega No. 1 (productos NVP y Dressings):** De acuerdo a los resultados de esta simulación se logró ver que el porcentaje en que la Bodega No. 1 está llena es del 0.88% lo que significa que la ampliación del horario de transporte de producto es una buena medida para el mejoramiento de la utilización de la bodega. Por otro lado, se pudo observar que el tiempo en que las bodegas mantienen vacías aumentó lo que permitió visualizar una idea, la cual fue que ante un aumento de la producción o de la capacidad, se puede tener un respaldo de que las bodegas aguantarán tal aumento. Se muestran a continuación los resultados:

Tabla 7. Resultados simulación Propuesta 1

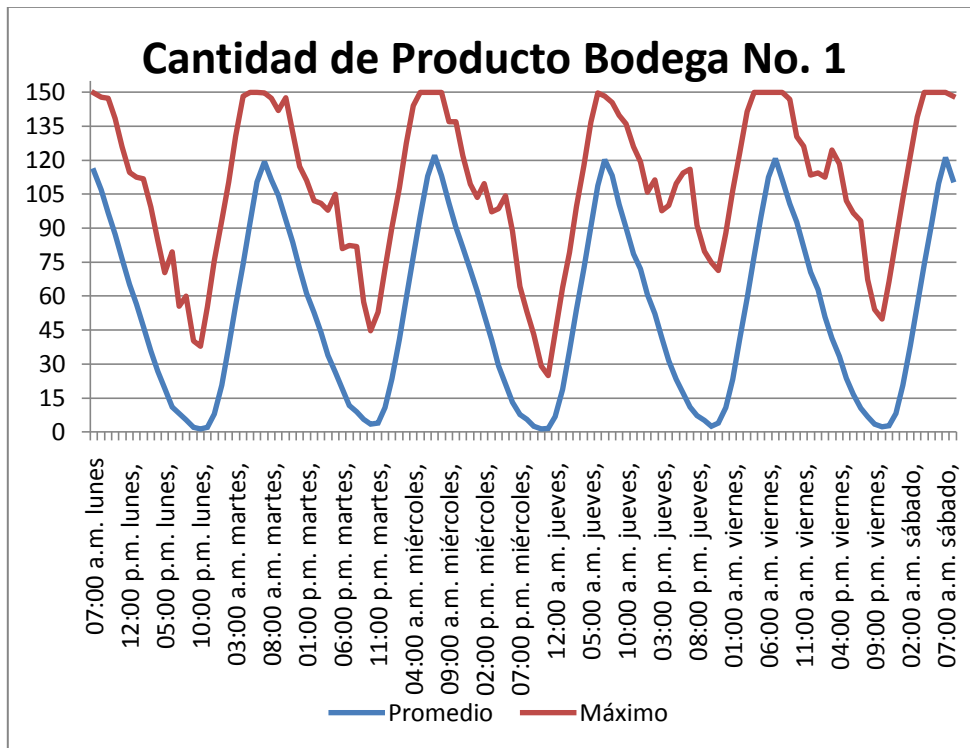
Multiple Capacity Location States – Baseline			
Location	% Empty	% Part Occupied	% Full
Bodega 1	22.98	76.14	0.88
Bodega 2	24.46	75.54	0

Gráfico 4. Resultados simulación Propuesta 1



- **Cantidad de Producto en Bodega No. 1:** Correspondiente a lo anterior, dentro del gráfico de cantidad de producto en bodega se muestra que la bodega llegó a su límite superior el mismo número de veces que el modelo original pero en un menor tiempo, lo cual se observó a través de los valores máximos de las 100 réplicas. En promedio la cantidad de producto en bodega es menor que el máximo de la capacidad de la bodega, es decir, la línea color roja del gráfico, lo que transmite es que la propuesta trae una mejora para el proceso logístico, evitando que las líneas de producción tengan paradas.

Gráfico 5. Cantidad de Producto Bodega No. 1 Propuesta 1



10.1.3 Propuesta 2

Esta propuesta consistió en aumentar el tiempo de operación de todo el proceso logístico a 24 horas de lunes a viernes y 12 horas los sábados. Esto permitió la utilización de 3 camiones para transporte de producto terminado (2 camiones capacidad 20, 1 camión capacidad 40). La parte más importante de esta propuesta fue que la bodega de Producto terminado generalmente tendría espacio libre semanal para almacenamiento de más del 50% del tiempo simulado. Este modelo se corrió durante 2 semanas debido a que se requería analizar el comportamiento del sistema incluyendo los sábados al final del día, con el fin de saber si el lunes a primera hora la Bodega No. 1 estaría en sin capacidad, lo cual dificultaba la operación logística y la producción. Es importante resaltar que la compañía no opera los días domingos.

Analizando las variables en esta propuesta se obtuvo:

- **Número de viajes:** Como se espero, el número de viajes aumentó considerablemente, a 118 viajes, debido a que en esta propuesta los camiones operan durante 24 horas en semana y 12 horas los sábados. Durante la corrida del modelo se pudo ver que la bodega nunca va a estar llena debido a que constantemente los camiones transportan producto y éste nunca se acumula exceptuando los sábados que solo se trabaja 12 horas. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 8. Propuesta 2

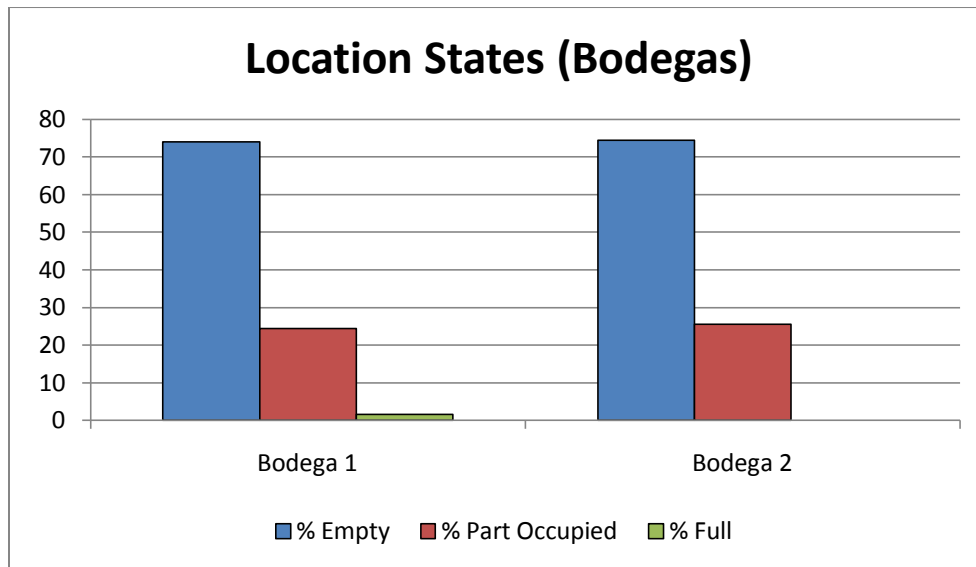
Scoreboard		
Name	Total Exits (2 semanas)	Semanal
Despacho1	150	75
Despacho2	85.8	42.9
Estiba	6439.20	3219.6
Materia Prima	94.10	47

- **Estados de la Bodega No. 1 (productos NVP y Dressing):** Como lo muestran las estadísticas del tiempo simulado, aproximadamente el 74% corresponde a que la bodega se encuentra vacía por lo que se puede concluir que las medidas que se tomaron en esta propuesta fueron muy efectivas y generaron oportunidad de crecimiento de la compañía en el futuro.

Tabla 9. Resultados simulación Propuesta 2

Multiple Capacity Location States – Baseline			
Location	% Empty	% Part Occupied	% Full
Bodega 1	74.04	24.36	1.6
Bodega 2	74.47	25.53	0

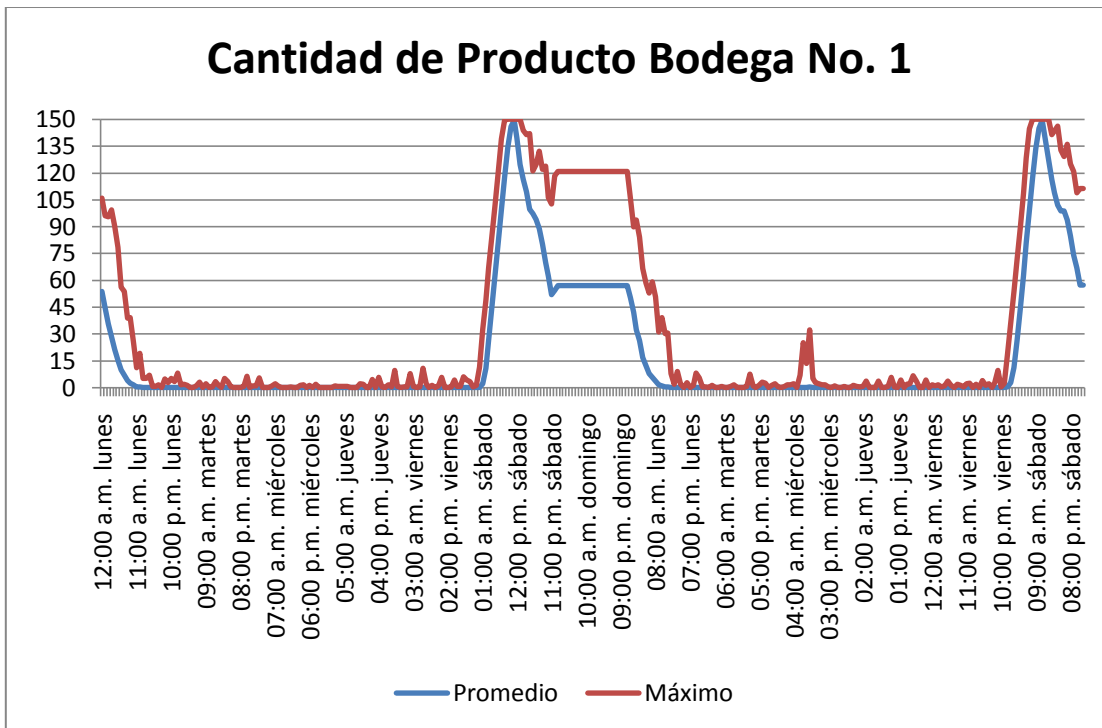
Gráfico 6. Resultados simulación Propuesta 2



- Cantidad de Producto en Bodega No. 1:** Como se logró observar en la siguiente gráfica, durante la semana (lunes a viernes), la bodega se mantuvo vacía por lo que la compañía no tendría ningún problema de producción, es decir, las líneas de producción no recurrirían a paradas. Al analizar la gráfica, los días sábado la bodega se llenaba casi al máximo debido a que estos días los camiones trabajan únicamente 12 horas a diferencia del resto de la semana. En el horario de 12:00 pm a 12:00 am del día sábado, los camiones volvían a trabajar, por lo cual el inventario en la bodega empezaba a disminuir y las líneas podían seguir produciendo normalmente. La idea con el día sábado es que los camiones operarán 12 horas para que el domingo la Bodega No. 1 no estuviera llena y causará

problemas al empezar de nuevo la semana. Se propuso que los camiones trabajaran el sábado durante este horario porque fue lo más conveniente para las líneas de producción, es decir, en caso de que se llenará la bodega en las 12 horas del sábado en las cuales los camiones no operaban, cuando los camiones volvieran a operar desocuparían la bodega y luego al final del turno, la líneas de producción pararían debido a que es domingo.

Gráfico 7. Cantidad de Producto Bodega No. 1 Propuesta 2



10.1.4 Comparativo entre el modelo original y las propuestas y elección de la mejor propuesta:

A continuación se muestra una tabla comparativa donde se evaluaron variables críticas que se deben tener en cuenta para la toma de la decisión de la propuesta

seleccionada, esto con el fin de mejorar el proceso logístico de la compañía bajo estudio:

Tabla 10. Tabla de comparación de las propuestas

Tabla de Comparación			
	Modelo Original	Propuesta 1	Propuesta 2
Número de Viajes	94	117	118
% Tiempo vacía (Bodega No. 1)	5,45	22,98	74,04
% tiempo ocupado (Bodega 1)	77,7	76,14	24,36
% Tiempo llena (Bodega 1)	16,86	0,88	1,6
Cantidad promedio de Producto (Bodega 1)	87,32	50,66	18,88

11. CONCLUSIONES

De acuerdo al total de resultados, se puede concluir que la propuesta a tener en cuenta es la número 1 por las siguientes razones:

- A corto plazo es la propuesta más fácil y económica de implementar debido a que únicamente se extendería el horario de operación de los camiones por 3 horas permitiendo que se utilice un camión menos, lo que disminuiría los costos.
- A pesar de que en promedio en la propuesta 2 la cantidad promedio de producto en la Bodega No. 1 es menor, con la propuesta 1 es suficiente para cumplir el objetivo de que las líneas de producción no tengan paradas. Se debe tener en cuenta que la propuesta 2 es más costosa de implementar y desarrollar.
- En cuanto al número de viajes, las cantidades entre la propuesta 1 y 2 son casi iguales, lo cual no afecta mucho este resultado para la toma de decisiones. Los costos por número de viajes son muy similares entre las propuestas.
- La propuesta 2 plantea un escenario donde casi nunca la Bodega No. 1 va a estar llena por lo que se desperdiciaría el espacio de la Bodega en planta y a pesar de que el COL tiene capacidad de sobra, se congestionaría un poco más.
- La propuesta 1 representa una carga operativa mucho menor en cuanto al tiempo de operación logístico, a diferencia de la propuesta 2 que trabaja semanalmente 24 horas al día.

RECOMENDACIONES

- Es importante reducir las pérdidas de tiempo en cuanto a la operación logística que comprende: impuntualidad o no disponibilidad de los conductores en su horario, uso de los camiones en otras tareas, producto no listo, montacargas no disponibles, entre otros.
- Respecto a impuntualidad o no disponibilidad de los conductores es indispensable tener personal capacitado en la importancia de utilizar el tiempo disponible para actividades que agreguen valor tales como traslado de producto, cargue y descargues.
- De igual manera, tanto los camiones, montacargas y productos deben estar disponibles en el momento necesario para no tener tiempos de espera que al final se traducen en mayor costo logístico.
- A largo plazo, se puede complementar la propuesta con la construcción de un muelle aprovechando que la planta tiene 2 muelles que no se utilizan debido a que no están adecuados para el tipo de camiones que maneja la compañía. La construcción de un muelle aumentaría considerablemente la productividad logística asegurando la solución al problema planteado y con la posibilidad de crecimiento de producción de la compañía.

12. BIBLIOGRAFÍA

CHAVEZ REBELLÓN, Claudia Lorena, DELGADO PALAU, Viviana y MONTES RAMÍREZ, Sonia Lorena. Desarrollo de un modelo de simulación usando el software **PROMODEL**® al proceso de pre-impresión y troquelado de etiquetas Naranja. Cali, 2005. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería.

ACOSTA MALDONADO, Mauricio, CASAS DÍAS, Jorge Alberto y DUARTE LONDOÑO Fernando Andrés. Implementación de la teoría de simulación en el modelamiento de una unidad quirúrgica .Cali, 2004. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería.

QUINTERO HENRÍQUEZ, Diana Carolina, HUERTAS CAICEDO, David Andrés. Simulación de evento discreto aplicada al mejoramiento del proceso de producción de chicles en pastilla. Cali, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería.

QUINTERO MOLINA, Lilian Vanessa, PÉREZ LAMUS, Carlos Andrés. Análisis de mejoramiento para las operaciones de envase y empaque de una línea de líquidos en una empresa farmacéutica del cauca, mediante simulación de evento discreto. Cali, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería.

VARGAS FRANCO, Katherine, PÁEZ JIMÉNEZ, Jimmy Alejandro. Simulación de proceso logístico para operaciones de transporte terrestre de carga en Ronal S.A. Cali, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería.

BANKS, Jerry. Discrete-Event System Simulation. 4 Ed. New Jersey. Pearson Prentice Hall. 2005.

Elementos del Sistema [online]. Disponible en internet en:
<http://www.ii.iteso.mx/tgs/elemesist.pp>

GARCÍA DUNNA, Eduardo, GARCÍA REYES, Heriberto, CÁRDENAS BARRÓN, Leopoldo Eduardo. Simulación y análisis de sistemas con **PROMODEL®**. 1 ed. México. Pearson Prentice Hall. 2006.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto, DE LA VARA SALAZAR, Román. Análisis y diseño de experimentos. 1 ed. México. McGraw – Hill Interamericana. 2004.

13. ANEXOS

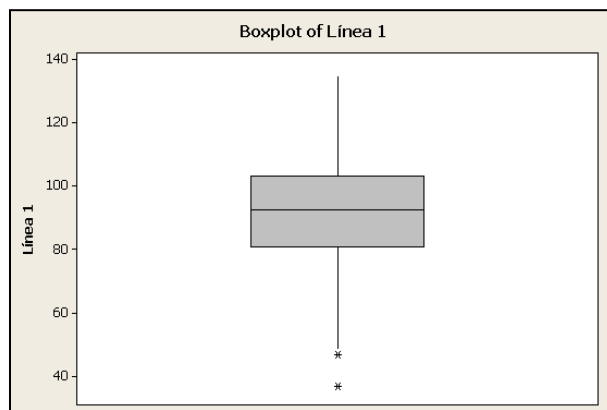
Anexo A. Línea 1

Tabla 11 Datos originales Línea 1

53.76	112.78	107.25	105.19	106.26	53.48	65.57	81.80	96.03	92.10
88.73	94.09	107.08	90.17	116.86	106.65	120.24	86.68	89.84	104.78
106.69	120.92	47.03	111.98	95.78	105.12	85.94	76.77	116.21	93.08
98.16	96.77	90.50	84.20	95.00	110.11	127.99	81.03	84.37	61.58
80.04	90.85	87.22	77.45	67.03	118.38	106.52	91.21	77.67	81.51
87.51	93.59	80.75	91.18	93.87	37.04	71.00	74.89	76.19	99.78
134.25	103.81	97.94	74.53	68.18	81.90	102.08	94.44	100.80	90.06
104.55	81.34	86.75	83.65	90.45	89.65	92.47	75.41	91.80	103.67
100.08	89.13	89.59	94.01	82.99	86.33	76.68	72.86	81.17	90.14
99.88	107.51	124.57	92.57	92.07	78.00	105.40	102.44	80.24	94.17
104.38	100.46	116.78	97.44	87.64	98.76	93.97	84.90	107.79	73.23
127.14	76.01	91.82	95.93	105.56	94.52	99.98	130.84	109.11	128.14
77.88	81.82	96.84	80.21	126.66	70.42	71.55	123.95	103.41	88.72
90.91	93.20	77.26	103.25	107.90	68.97	97.19	93.73	100.67	
117.54	71.96	78.70	68.59	103.63	99.80	78.27	96.58	103.71	
76.10	100.16	100.76	83.06	111.33	94.51	71.48	109.73	106.54	
95.25	77.59	96.09	70.42	92.27	94.79	118.70	73.03	100.92	
93.79	106.18	82.34	96.48	67.33	84.02	97.33	95.14	73.99	
80.14	103.51	83.75	72.29	81.41	73.94	124.84	117.63	77.13	
92.24	94.09	108.68	97.74	105.70	103.08	90.64	107.09	81.84	
100.70	106.01	80.48	126.29	58.55	78.54	103.52	93.01	114.77	
89.79	114.65	119.83	93.24	122.09	113.03	114.63	65.43	73.33	
107.48	74.39	105.56	106.90	84.20	85.48	68.84	64.35	126.23	
91.77	96.97	100.08	95.04	118.03	100.26	112.48	65.35	92.57	
95.04	92.64	87.18	113.07	122.57	89.71	76.37	73.90	88.89	
69.93	64.14	117.62	82.53	112.74	108.32	103.14	115.52	93.06	
101.53	107.96	88.97	59.15	90.20	76.70	100.34	53.65	83.45	
84.86	92.51	97.20	93.12	80.70	95.02	97.78	85.30	90.77	
86.11	83.43	80.84	60.78	94.51	98.80	103.91	81.19	102.88	
79.42	84.07	103.13	90.08	102.66	96.19	76.30	78.96	80.97	
92.41	122.19	91.89	63.89	108.71	105.42	52.62	95.41	83.17	
86.50	106.95	108.76	71.58	78.14	106.86	84.75	78.01	77.29	
74.26	100.56	97.88	98.71	103.50	92.26	73.76	89.73	98.95	

105.11	106.23	87.68	89.10	101.74	117.32	74.75	77.57	98.97	
83.41	103.64	81.05	99.35	116.22	79.54	77.84	95.52	86.84	
117.01	134.52	70.81	91.86	96.90	103.04	69.26	105.74	102.41	
92.08	97.43	79.29	76.69	78.29	62.21	120.28	99.00	99.39	
106.26	75.58	92.46	102.61	79.48	71.19	84.18	75.07	105.00	
80.40	85.97	83.67	88.19	69.10	94.98	63.31	62.33	86.33	
86.90	101.97	102.04	84.35	81.72	114.10	107.00	105.72	82.55	
95.47	75.86	77.31	90.53	84.66	116.20	54.40	78.57	101.67	
103.69	94.44	98.63	112.59	75.38	119.80	81.32	102.97	102.94	
95.11	99.54	75.67	59.31	100.17	90.34	86.70	114.68	92.17	
92.06	98.95	49.17	109.78	85.72	77.45	109.40	80.02	106.18	
111.37	98.72	94.90	94.96	78.51	107.74	90.25	106.85	88.95	
117.12	87.69	86.56	98.11	108.87	80.33	93.89	107.01	101.54	
96.53	101.13	106.09	125.64	91.73	57.54	60.82	65.00	99.43	
81.19	93.29	103.11	81.32	109.53	73.39	90.59	102.22	116.80	
82.52	79.84	88.31	61.38	91.67	84.21	89.65	96.47	89.34	

Gráfico 8 Boxplot Minitab línea 1



Datos atípicos: 47.03 y 37.04

Tabla 12 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot línea 1

Número de datos:	451	Máximo:	134.52
Moda:	93.6	Mínimo:	49.17
Mediana:	92.605	Desviación Estándar:	15.721
Media:	92.4953	Varianza:	247.15

Gráfico 9. Pruebas de Independencia Stat-Fit línea 1

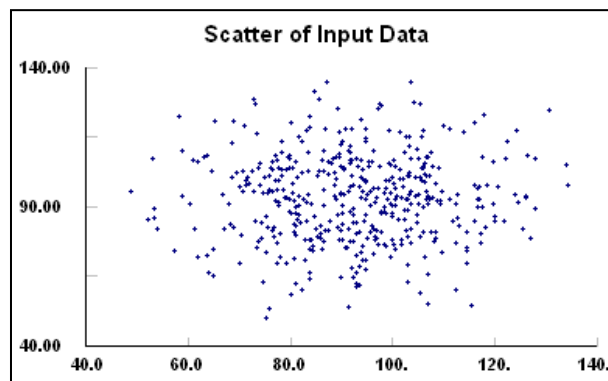


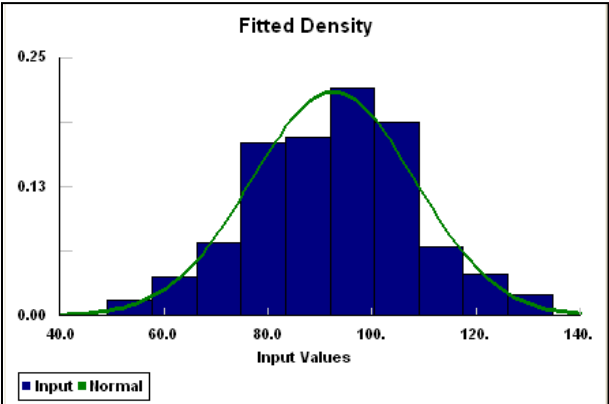
Tabla 13. Pruebas de Independencia Stat-Fit línea 1

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.478452	Aprueba
Puntos de giro	0.232616	Aprueba

Tabla 14. Pruebas de Bondad línea 1

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Normal	0.885	0.901
Beta	0.846	0.913
Lognormal	0.859	0.89

Gráfico 10. Distribución elegida Stat-Fit línea 1: Normal



Datos atípicos: 14.6, 14.2, 14.0, 13.8, 13.2, 13.1 y 13.0

Tabla 16. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 2

Número de datos:	452	Máximo:	14.6
Moda:	13.2	Mínimo:	13.0
Mediana:	13.2	Desviación Estándar:	0.21615
Media:	13.2402	Varianza:	4.67206e-002

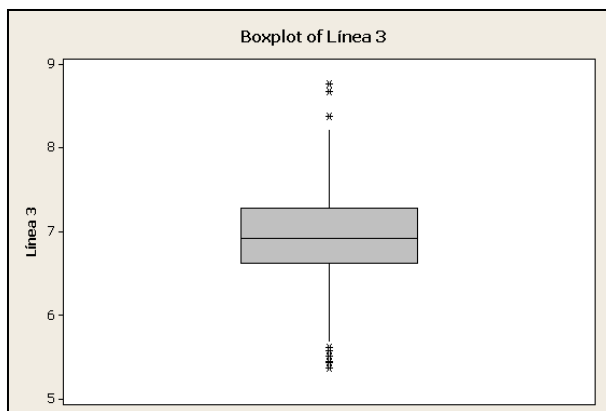
Anexo C. Línea 3

Tabla 17. Datos originales Línea 3

5.45	6.70	6.45	6.50	6.46	6.97	6.26	6.40	6.59	6.25	7.03	6.31
6.94	6.13	7.04	6.78	7.01	6.43	5.99	6.79	6.54	6.60	6.64	6.96
6.86	6.93	6.78	6.93	7.15	7.78	6.92	6.01	7.01	7.05	6.80	7.26
6.51	7.21	6.59	5.91	6.36	5.99	7.83	7.06	6.87	7.21	8.01	6.79
6.87	6.93	5.69	6.98	8.77	7.58	6.32	6.17	6.68	6.25	6.72	7.09
6.48	7.35	8.07	6.82	7.52	6.49	5.71	7.33	7.12	7.56	6.09	7.07
7.60	7.04	6.79	7.53	6.08	6.71	6.57	7.32	7.78	6.49	7.84	6.82
6.72	7.03	7.11	6.26	7.27	7.61	6.83	6.86	7.08	6.72	6.82	7.50
7.41	7.26	6.02	7.43	6.80	6.85	7.03	6.73	7.74	6.93	6.58	5.85
7.05	6.84	5.99	7.11	6.65	7.18	7.59	7.64	6.78	6.64	7.80	6.83
6.38	7.08	7.04	5.86	7.26	7.76	6.65	6.12	5.85	6.27	6.55	6.77
7.46	7.00	7.37	6.38	7.12	7.54	6.93	7.45	6.80	7.50	7.89	6.44
7.26	6.12	7.65	6.29	7.43	7.02	7.53	6.67	6.97	7.25	6.75	6.74
6.95	7.34	6.26	7.20	7.92	7.40	7.08	6.79	6.81	7.16	7.68	6.71
6.73	6.46	6.85	6.43	7.58	7.52	7.10	7.52	7.08	6.29	7.20	7.21
6.46	6.25	6.66	6.08	6.98	6.88	7.77	6.54	6.36	7.72	6.23	6.17
5.45	7.52	7.34	8.20	7.08	7.08	6.56	6.69	7.14	6.72	7.71	7.36
7.22	6.87	7.72	6.61	7.07	6.79	6.89	7.30	7.83	6.87	7.17	6.45
6.88	7.34	7.21	6.08	6.89	7.16	7.21	6.62	7.45	6.65	6.87	7.77
6.87	6.23	6.25	6.80	6.84	6.89	7.17	6.81	7.80	6.32	6.82	6.84
6.19	6.64	6.82	6.27	6.77	6.69	6.74	7.46	7.03	7.02	5.91	7.36
6.61	6.61	7.59	7.11	6.63	6.46	6.13	5.73	6.90	6.63	6.82	7.23
7.46	7.11	6.45	7.16	6.73	7.20	6.26	7.06	6.17	7.27	6.68	7.09
6.62	6.95	6.48	6.72	6.72	6.90	7.14	7.79	7.44	6.85	7.35	6.39
7.14	6.75	6.65	7.50	7.08	6.96	6.69	7.75	6.90	5.81	7.26	7.28
6.78	6.79	6.33	7.33	7.60	6.63	6.47	7.29	7.06	5.61	7.07	7.05
6.82	6.72	7.64	8.68	7.00	7.68	6.99	7.71	6.82	8.21	6.91	6.35
7.01	7.17	6.47	7.12	5.97	6.21	7.44	7.30	7.71	7.34	5.52	6.78
6.81	7.07	6.83	6.14	6.07	7.11	6.75	7.76	7.04	6.90	7.60	7.31
6.69	7.62	7.53	6.99	6.71	7.10	6.38	7.37	6.79	6.24	6.40	6.96
7.19	6.85	6.89	7.29	6.89	7.25	7.49	6.50	7.74	7.16	6.87	6.92
6.94	6.36	7.17	6.38	6.36	7.50	5.80	6.45	5.76	6.20	7.45	6.85
5.43	6.31	7.56	8.09	7.37	7.00	7.41	6.18	7.27	7.17	7.25	7.96
6.13	7.94	7.18	6.65	7.29	7.13	6.89	7.77	6.63	7.65	6.42	6.37
6.64	7.77	7.48	6.58	7.04	6.38	6.38	6.44	5.37	6.35	6.82	7.04
6.73	7.79	7.33	7.41	6.81	7.82	7.44	7.20	6.84	7.41	6.75	
6.40	7.26	7.28	7.40	6.85	7.14	7.36	6.92	7.14	6.71	6.12	

6.65	6.96	7.70	7.64	6.34	7.80	7.16	6.57	7.63	7.09	7.20	
6.72	6.60	7.01	7.71	6.94	7.01	6.38	6.16	7.34	7.10	6.85	
7.75	6.80	6.93	5.78	6.90	7.02	7.57	7.65	6.87	6.75	7.66	
7.20	7.20	7.21	5.81	6.85	7.15	7.22	7.14	6.87	6.37	6.64	
7.37	7.44	7.27	6.58	6.84	6.72	6.16	6.07	6.33	7.50	7.45	
6.93	5.78	6.11	7.14	7.57	5.85	7.23	7.10	7.30	6.94	6.99	
6.49	6.68	6.62	7.03	6.95	7.46	7.33	7.03	7.34	7.22	7.18	
8.06	6.64	7.43	7.20	6.58	7.33	6.89	6.72	7.24	7.43	7.26	
6.53	6.81	6.64	5.58	7.34	6.28	7.64	6.23	6.78	6.50	7.60	
8.39	6.05	6.63	7.82	7.39	7.00	6.77	7.88	6.05	7.47	7.20	
7.73	6.68	6.97	7.68	7.37	6.69	6.79	6.66	7.10	7.14	6.65	
7.09	6.38	7.51	6.21	7.76	6.30	6.67	6.50	7.17	6.79	7.06	
6.72	7.42	6.92	8.08	7.30	6.75	7.11	7.01	6.30	6.89	7.41	

Gráfico 12. Boxplot Minitab Línea 3



Datos atípicos: 8.77, 8.68, 8.39, 5.61, 5.58, 5.52, 5.45, 5.43 y 5.37

Tabla 18. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 3

Número de datos:	574	Máximo:	8.21
Moda:	6.83	Mínimo:	5.69
Mediana:	6.93	Desviación Estándar:	0.497403
Media:	6.93936	Varianza:	0.24741

Gráfico 13. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 3

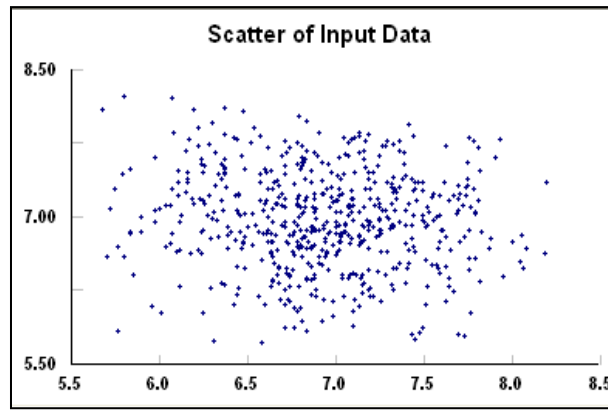


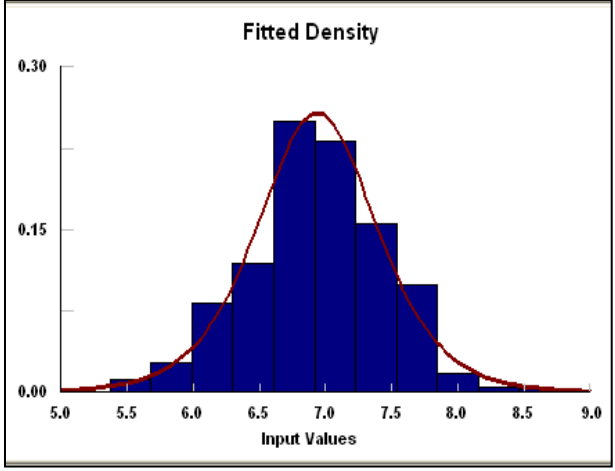
Tabla 19. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 3

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.768064	Aprueba
Puntos de giro	0.868634	Aprueba

Tabla 20. Pruebas de Bondad línea 3

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
LogLogistic	0.44	0.435
Normal	0.41	0.732
Lognormal	0.408	0.729

Gráfico 14.- Distribución elegida Stat-Fit Línea 3: LogLogistic



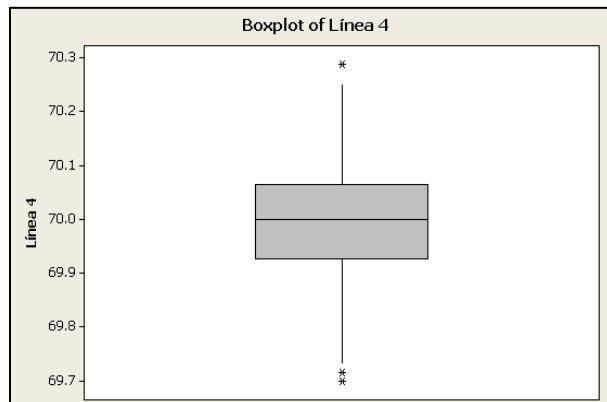
Anexo D. Línea 4

Tabla 21. Datos originales Línea 4

69.76	70.00	69.95	70.17	70.03	69.91	70.04	69.98	69.98	69.91	70.01	69.73
69.91	69.89	69.98	69.87	69.91	70.08	70.00	69.90	69.82	70.04	70.02	70.11
70.09	70.14	70.05	69.78	70.00	69.92	69.98	69.90	69.97	69.98	70.05	70.12
69.99	70.01	69.88	69.99	69.79	70.03	70.12	69.86	70.15	70.15	69.96	70.07
69.95	69.99	70.02	69.96	69.98	69.86	69.92	70.11	70.15	69.90	70.01	70.08
70.07	70.16	70.03	70.07	70.04	70.10	69.93	69.87	69.92	70.05	70.00	70.04
70.13	70.05	69.82	69.99	70.13	70.08	70.02	70.10	69.85	70.15	70.04	70.02
70.06	70.05	69.88	69.96	69.86	70.04	70.01	69.98	69.98	69.85	69.92	69.90
70.02	70.13	70.06	69.98	70.07	69.94	70.02	69.91	69.93	69.97	70.04	69.92
70.08	69.87	69.93	70.02	70.06	69.90	70.04	70.13	70.09	70.00	70.01	70.13
70.11	70.06	70.11	69.91	69.86	70.12	69.81	70.00	69.93	70.19	70.03	69.95
70.17	70.06	69.97	69.89	70.04	69.94	69.97	70.05	70.10	70.01	70.16	69.89
69.96	70.05	69.75	69.93	69.95	69.97	69.79	70.05	69.82	70.01	69.99	69.96
69.96	70.03	69.76	70.00	70.12	69.83	69.97	69.92	69.87	70.06	69.94	69.98
69.82	69.80	70.05	70.14	69.82	69.95	70.09	69.98	69.85	69.90	70.02	70.00
70.01	70.03	69.89	70.05	69.91	70.01	69.97	70.11	70.03	69.89	69.96	70.05
70.02	69.85	70.20	69.97	69.98	69.88	69.97	70.13	69.92	69.91	70.14	70.08
69.90	69.99	69.96	69.97	70.06	70.19	69.98	69.88	69.87	69.83	69.80	69.89
69.72	69.97	70.17	70.08	69.88	70.01	69.87	69.96	69.96	69.93	70.07	70.08
70.05	69.92	70.00	70.04	70.05	69.98	70.08	70.15	70.12	70.00	70.02	70.04
69.81	70.16	70.05	70.13	69.98	70.02	70.08	69.85	70.10	69.92	70.10	69.99
69.83	69.81	69.96	69.94	70.03	70.01	70.21	69.93	69.96	69.99	69.90	70.10
70.06	69.86	70.11	69.90	70.06	70.07	70.01	69.93	69.83	69.96	70.02	70.08
70.08	69.92	70.12	69.87	70.07	69.94	69.99	70.01	70.07	69.99	69.94	69.98
70.07	70.15	69.83	69.90	69.95	70.20	70.06	69.97	69.98	70.04	70.04	70.05
70.04	69.92	69.95	69.94	70.05	69.94	70.04	70.08	70.13	70.00	70.02	70.10
69.98	69.94	69.94	70.08	69.87	70.12	69.90	69.93	70.10	70.07	70.05	69.88
69.94	70.08	70.04	70.19	70.01	69.89	69.96	69.89	69.91	70.16	70.11	69.83
70.04	69.95	70.03	70.08	69.98	70.08	69.96	70.01	70.00	70.14	70.05	69.94
70.01	70.04	69.74	70.07	69.98	70.09	69.89	69.96	70.06	69.95	70.00	69.89
70.00	70.09	70.10	70.03	70.08	70.03	70.21	69.99	69.99	69.97	69.98	69.97
69.90	69.96	70.11	69.83	69.97	69.99	69.95	70.02	69.99	70.14	69.92	69.97
70.08	70.02	69.84	69.97	70.03	70.17	69.81	69.92	69.96	69.89	69.89	70.11
70.00	69.89	70.06	69.83	69.91	69.78	70.04	69.94	70.07	70.07	70.06	69.81
69.97	70.02	69.87	69.96	69.95	69.87	69.99	70.05	69.96	70.17	69.95	70.17
70.09	69.99	70.08	69.93	70.19	70.06	70.02	70.01	69.78	69.93	69.94	69.80

69.88	70.05	70.10	70.05	70.03	70.02	69.92	70.07	69.98	69.98	70.01	69.98
70.03	70.09	69.97	70.00	69.99	70.20	70.21	70.15	70.03	69.87	70.03	69.95
69.90	69.97	69.86	69.91	70.01	70.09	70.03	69.97	70.25	70.09	69.79	69.89
69.95	69.98	70.07	69.96	69.94	69.84	69.87	70.07	70.15	69.89	70.15	70.06
69.89	70.17	70.07	70.00	69.96	69.88	70.01	69.87	70.03	70.15	69.90	69.88
69.97	69.93	70.13	69.96	69.93	70.16	70.14	69.90	69.90	70.00	70.08	70.00
70.00	70.11	70.06	69.88	69.92	69.89	70.08	70.07	70.09	69.79	70.10	70.07
69.89	70.09	69.98	70.01	70.11	70.09	69.95	69.88	69.93	70.08	70.00	70.08
69.92	69.88	70.00	69.88	70.01	70.05	70.06	70.05	70.03	69.83	70.00	69.85
70.03	70.03	70.04	69.96	70.07	69.87	69.97	69.93	69.96	70.12	70.11	70.06
70.03	69.88	70.29	70.10	70.03	69.94	70.02	69.92	70.00	69.89	69.93	70.08
70.18	70.02	69.80	70.07	70.04	70.02	70.03	69.92	70.18	70.05	70.01	69.97
69.97	70.15	70.03	69.96	69.90	69.89	70.19	70.12	70.06	70.01	69.99	70.11
70.06	70.12	70.05	70.02	69.98	70.03	69.92	69.97	70.18	69.98	69.89	69.90
70.01	69.83	69.93	70.12	70.06	69.78	70.08	70.06	70.03	69.87	70.03	70.10
70.07	70.16	69.99	70.13	69.92	70.04	69.93	70.09	69.94	70.09	70.07	69.86
70.07	70.04	69.96	70.13	70.08	70.12	69.97	69.97	69.91	70.06	70.05	70.12
70.15	70.05	69.83	69.90	69.94	69.95	70.16	70.08	70.22	69.92	69.93	69.85
69.70	69.91	70.07	70.05	70.04	70.01	70.00	70.03	69.99	70.05	69.88	70.23

Gráfico 15. Boxplot Minitab Línea 4



Datos atípicos: 70.29, 69.72 y 69.70

Tabla 22. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 4

Número de datos:	647	Máximo:	70.25
Moda:	69.96	Mínimo:	69.7
Mediana:	70	Desviación Estándar:	9.64566e-002
Media:	69.997	Varianza:	9.30387e-003

Gráfico 16. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 4

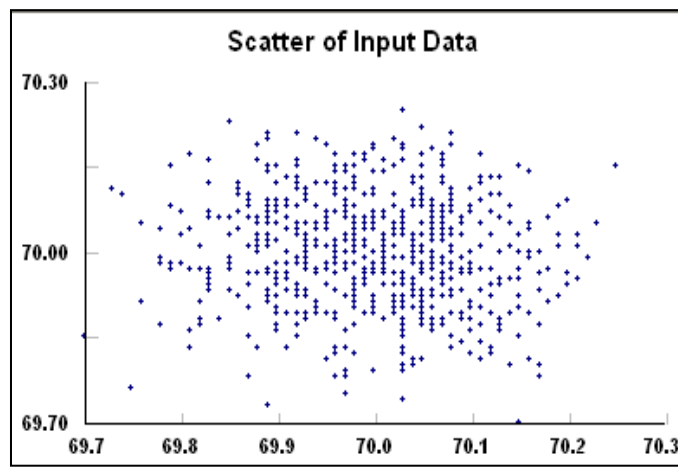


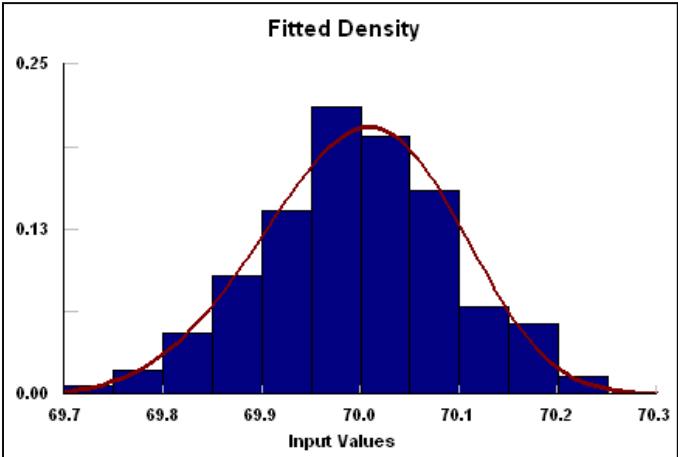
Tabla 23. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 4

Prueba de corrida	P-value	Resultado(Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	3.68908e-002	Rechaza
Puntos de giro	3.41405e-002	Rechaza

Tabla 24 Pruebas de Bondad Línea 4

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	0.519	0.746
Beta	0.49	0.785
Johnson SB	0.329	0.74

Gráfico 17. Distribución elegida Stat-Fit Línea 4: Weibull



Anexo E. Línea 5

Tabla 25. Datos originales Línea 5

5.57	56.09	53.17	54.42	16.15	22.33	35.86	44.80	11.99
10.29	28.34	39.64	79.39	31.02	58.87	31.37	53.71	58.56
47.18	17.93	27.47	54.18	23.38	49.97	65.13	54.13	9.83
67.04	41.67	66.31	40.71	71.40	50.23	70.61	38.38	29.06
45.04	64.75	50.14	-1.11	36.33	38.59	23.68	29.59	47.46
41.17	56.43	57.21	33.19	68.69	42.44	57.19	39.89	18.19
34.61	41.79	46.38	87.50	27.61	56.13	18.69	17.29	46.74
34.04	45.23	66.12	69.13	41.93	49.54	56.87	45.81	44.50
44.71	36.23	45.84	26.68	44.96	15.61	57.46	74.43	80.71
20.33	63.63	8.34	48.98	39.05	62.12	39.26	38.81	25.72
81.17	45.18	41.74	49.65	41.32	45.09	61.77	38.99	37.60
66.71	26.46	49.17	36.06	36.97	43.13	31.63	45.37	19.35
41.90	33.07	32.59	44.48	32.19	62.47	53.76	46.56	34.72
33.18	44.88	40.40	53.39	61.36	58.74	60.88	39.87	44.07
22.53	24.80	58.58	56.35	62.62	59.76	28.57	35.74	51.80
53.98	15.01	42.68	38.27	36.69	41.62	39.90	38.50	27.17
51.27	41.79	31.82	27.07	79.02	57.82	24.14	39.20	38.58
42.19	66.25	37.86	45.21	37.20	50.49	71.73	48.12	34.99
42.96	41.14	29.42	62.16	55.54	44.80	25.21	73.19	38.07
49.37	53.00	34.95	43.81	71.45	34.14	38.13	43.14	52.72
35.93	74.89	67.73	49.83	25.31	29.01	45.77	73.27	34.77
59.43	67.79	22.59	54.04	51.49	19.52	42.10	32.16	23.47
65.94	33.83	42.35	81.74	47.19	47.50	50.88	48.18	12.74
57.52	48.24	49.97	32.25	27.08	47.15	48.12	37.87	36.74
36.33	4.74	67.20	49.26	40.95	28.48	34.19	54.11	47.24
33.08	27.08	12.54	37.05	60.53	65.14	49.49	45.05	22.61
31.90	51.07	33.59	25.40	48.63	56.78	50.38	30.59	48.19
31.47	51.71	87.15	56.37	23.12	67.13	6.41	57.85	43.49
25.86	59.38	37.12	56.93	63.56	25.71	48.35	38.55	40.45
26.54	41.28	51.79	52.49	49.97	40.11	23.15	69.49	37.94
67.44	84.07	68.17	68.94	45.16	41.82	42.13	52.24	50.40
26.25	30.48	26.71	40.16	47.18	41.68	70.73	45.91	81.72
63.86	35.63	67.21	46.49	70.50	52.80	68.90	35.39	43.77
46.67	9.98	62.40	63.10	54.60	51.69	18.80	46.40	47.44

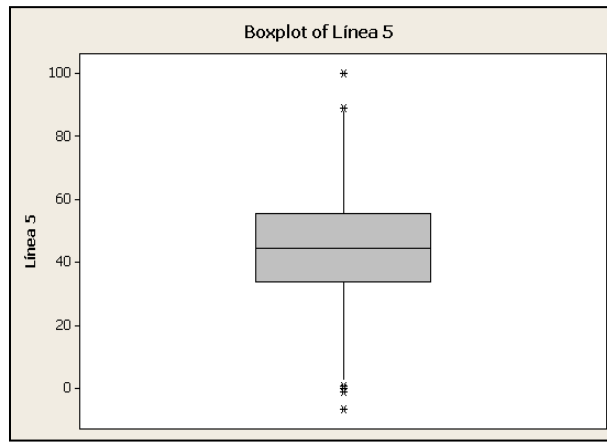
34.45	43.35	26.62	34.80	15.27	10.03	49.16	52.91	54.75
71.14	36.61	31.48	56.95	9.84	47.03	46.78	42.03	44.95
39.62	38.12	56.59	26.99	44.41	40.80	54.57	64.27	65.90
67.40	24.73	37.99	33.24	-6.32	41.67	36.42	28.09	40.17
34.84	23.58	37.52	38.26	52.39	51.75	38.10	73.55	61.07
49.22	67.80	39.71	58.18	41.97	47.60	37.66	48.24	37.92
60.81	37.01	55.02	46.97	65.19	48.33	55.85	45.62	35.33
66.63	85.38	57.51	57.16	65.00	61.19	47.71	56.47	53.26
60.56	41.82	40.19	38.17	39.39	30.73	32.10	39.46	17.27
45.38	36.37	28.37	42.02	55.26	68.63	34.10	43.01	35.95
26.90	62.05	45.37	76.74	47.28	42.84	36.60	37.38	52.77
33.50	43.00	27.38	28.13	18.04	19.35	22.85	54.08	61.57
27.65	49.91	44.95	45.71	56.71	77.50	22.26	61.31	41.28
72.14	36.66	22.78	32.82	46.88	72.79	70.10	58.11	40.87
54.98	36.96	49.40	22.78	32.75	66.37	43.23	27.68	53.17
43.43	59.48	54.28	56.02	33.53	32.78	73.64	41.77	76.96
32.23	34.53	28.64	63.56	50.70	65.43	50.89	57.35	68.07
51.06	50.24	44.45	49.83	68.79	43.88	45.49	38.44	64.47
45.43	25.15	40.82	57.98	36.11	31.62	11.41	38.43	39.57
24.25	48.52	31.13	44.27	46.61	39.01	41.08	87.98	23.28
30.36	52.55	71.82	32.78	40.73	53.04	38.14	50.89	46.34
65.98	43.29	43.91	62.42	23.30	37.68	43.83	37.32	66.44
56.18	40.43	99.80	30.12	42.96	54.87	43.11	43.40	39.02
45.69	26.33	20.12	41.05	67.92	37.19	34.63	40.69	44.43
40.15	27.76	62.58	23.92	46.77	48.09	35.11	48.66	53.79
64.81	46.18	25.95	23.97	52.55	70.07	44.21	28.10	66.40
26.69	28.71	23.52	54.60	36.36	40.72	23.59	21.96	55.64
32.41	84.15	40.00	55.17	21.28	47.35	8.99	62.20	79.50
55.87	44.48	44.58	65.39	41.07	48.28	61.04	29.93	34.66
78.05	61.24	75.36	40.18	47.04	44.72	35.73	39.78	63.52
36.20	5.12	35.74	61.63	54.66	50.81	41.17	46.50	35.00
22.70	22.82	53.35	64.07	49.57	48.33	58.52	7.39	33.85
28.28	52.94	20.43	41.75	31.46	69.93	56.23	36.09	28.87
49.65	45.47	59.30	36.40	55.97	51.44	36.49	62.44	43.26
53.02	36.26	34.28	64.17	52.88	45.26	34.06	65.33	65.47
16.82	34.01	54.18	33.32	61.76	38.43	26.50	76.76	53.01
46.96	27.74	81.02	58.91	40.48	40.71	59.02	68.10	69.25
77.10	60.30	54.38	53.98	41.97	27.10	52.24	57.23	55.15
45.69	22.54	40.90	33.17	65.21	21.91	65.04	64.12	63.14

54.74	35.64	55.94	68.65	66.41	51.21	38.45	61.93	50.17
28.78	47.95	34.16	68.34	32.69	43.80	48.60	56.50	64.26
54.85	49.89	44.75	42.62	49.01	43.90	13.62	72.59	27.96
58.35	39.65	60.24	31.33	36.14	38.28	21.52	9.70	44.93
49.79	57.65	42.36	44.17	34.31	13.20	44.55	34.30	23.66
28.66	21.96	47.52	46.97	33.42	66.24	34.06	71.86	26.80
13.59	42.19	45.61	38.82	41.72	39.01	48.72	44.23	40.24
37.11	48.32	63.06	18.50	54.72	29.66	38.15	61.41	33.72
34.16	46.78	61.49	56.10	59.71	50.83	38.51	53.35	69.90
23.61	52.56	81.67	36.74	62.11	28.64	41.07	44.23	31.82
30.31	56.10	71.04	53.86	61.65	27.68	33.23	67.45	11.50
55.46	58.02	49.56	57.73	59.80	29.89	41.34	47.50	20.31
69.48	20.92	44.60	61.82	56.27	24.37	37.10	35.00	43.18
62.06	23.04	45.46	39.28	59.28	54.67	46.04	32.85	18.65
34.80	31.88	45.48	42.21	39.34	48.04	65.02	28.63	57.01
22.72	69.80	58.02	25.09	35.53	34.96	57.00	46.38	33.20
57.89	22.54	23.89	34.22	47.42	52.40	34.09	48.47	61.24
15.04	17.49	28.16	34.91	37.22	27.72	52.66	26.13	88.95
59.14	27.94	44.19	47.20	49.00	52.28	17.15	17.55	35.84
46.19	31.97	52.54	33.50	44.78	50.09	59.81	42.64	24.69
16.29	45.57	66.65	36.46	63.44	52.10	49.97	0.83	50.79
48.82	72.10	51.47	83.69	63.50	46.00	26.96	52.44	37.49
28.39	38.15	46.01	32.27	52.63	44.81	42.45	22.46	65.87
63.63	74.67	66.58	18.59	39.63	16.61	30.08	41.65	34.32
60.23	48.51	48.53	32.59	25.15	45.35	29.67	19.18	50.48
64.84	34.25	13.92	64.66	87.93	60.93	45.94	18.15	44.77
29.09	61.38	59.46	21.40	25.31	65.17	18.30	34.89	48.20
72.05	50.58	33.45	26.55	40.43	22.68	38.27	53.80	29.41
48.20	61.28	52.55	16.82	39.02	33.69	41.35	49.71	69.72
61.34	58.89	52.77	35.39	68.58	21.94	40.07	16.44	36.69
43.06	53.59	65.94	44.90	48.46	27.43	46.47	19.45	58.25
47.65	41.20	75.32	76.51	34.42	35.87	42.77	48.38	36.57
46.87	48.53	52.68	59.45	40.84	32.69	36.04	43.94	12.37
14.66	47.25	73.68	42.31	33.91	56.40	41.35	36.80	44.12
46.29	49.34	7.82	49.27	38.42	19.89	50.26	29.01	67.01
67.96	44.92	38.10	45.72	34.00	54.72	21.18	51.02	44.04
32.12	43.24	29.09	53.85	29.01	41.01	33.46	33.78	24.05
66.67	68.68	50.02	23.82	40.26	61.62	40.37	82.64	35.75
55.95	33.71	27.18	35.70	54.76	22.23	37.94	42.32	52.01

19.56	22.93	22.09	48.77	36.86	32.65	63.05	48.35	57.11
67.87	60.66	56.79	22.78	21.61	26.48	60.38	44.15	52.16
64.35	50.66	57.96	50.29	55.83	61.19	35.21	30.74	44.40
11.19	46.16	51.45	41.60	73.21	48.34	12.58	22.15	37.08
54.79	82.44	65.84	62.49	33.32	36.94	35.10	39.63	53.78
41.94	58.10	35.44	37.67	28.18	61.15	49.14	22.38	33.95
25.03	40.81	42.99	37.09	52.43	35.17	25.01	33.63	52.58
53.42	31.76	62.07	43.09	52.54	57.63	45.78	36.03	69.10
59.52	59.57	31.00	68.62	63.86	47.59	48.40	62.40	61.36
47.66	65.89	53.76	44.60	66.48	55.01	56.86	47.94	37.55
66.84	65.77	45.72	67.09	46.54	47.79	47.59	47.27	43.79
69.75	27.35	66.65	42.92	26.77	8.69	77.50	39.41	53.65
47.88	38.35	61.60	50.96	61.63	38.69	33.10	26.41	36.98
26.98	26.83	35.39	44.19	33.21	41.51	64.64	47.07	59.20
27.49	26.84	60.20	13.43	55.11	42.69	45.49	68.95	24.83
56.20	58.32	61.06	53.19	62.52	23.10	65.74	54.63	58.17
41.47	59.35	59.09	62.67	40.14	28.07	18.05	66.78	50.49
65.65	59.29	65.10	58.55	63.26	65.30	76.34	59.77	31.92
43.75	45.18	27.24	20.94	52.77	47.21	46.72	53.26	31.27
80.78	41.46	27.37	36.66	50.97	10.05	21.26	53.04	75.86
30.10	41.10	30.85	46.27	18.89	30.74	44.62	33.45	32.63
57.47	27.70	23.11	56.07	33.54	30.55	67.72	46.25	31.39
52.69	57.13	15.44	51.66	37.84	56.35	63.78	18.44	13.31
53.51	58.72	34.75	44.08	33.90	52.59	44.22	39.28	21.04
24.18	53.86	56.69	21.12	32.75	26.45	61.66	71.57	34.73
37.36	61.91	81.49	72.94	54.50	8.58	30.70	53.91	50.11
62.79	61.47	47.24	43.23	43.89	64.65	48.12	59.46	64.59
73.60	10.90	83.79	33.87	21.98	45.39	46.16	50.15	41.42
45.95	31.31	40.49	35.95	37.05	44.88	24.12	48.83	71.53
32.57	63.48	38.66	28.20	40.38	62.02	27.95	55.72	41.07
14.74	25.20	59.98	46.29	50.84	71.61	35.36	8.14	37.64
51.52	37.27	54.61	25.10	44.65	70.69	23.20	55.36	60.99
54.29	36.26	17.59	52.17	32.30	65.38	46.63	36.64	33.39
48.27	46.22	31.13	21.96	38.62	40.41	41.88	19.35	55.90
53.75	71.40	51.95	21.68	42.10	20.10	52.14	31.13	64.23
31.01	50.87	43.90	41.34	31.12	67.50	62.23	28.85	64.70
54.75	58.22	64.13	32.06	77.67	44.57	73.57	61.97	43.76
72.29	55.58	75.58	48.31	40.44	31.65	41.38	38.76	53.16
57.69	73.74	52.42	26.07	23.53	57.68	73.16	36.01	50.73

58.27	49.33	20.50	16.40	72.93	53.95	61.00	30.79	23.81
49.44	57.34	60.20	49.80	60.94	51.10	44.95	36.68	46.49
33.45	47.27	29.92	47.11	49.82	54.31	32.40	25.94	21.95
22.05	30.93	45.04	21.19	51.63	40.85	22.76	61.95	48.16
43.10	41.84	30.74	23.80	32.41	51.44	81.02	43.76	50.33
13.06	18.99	51.37	34.64	57.31	53.85	43.79	32.83	45.27
41.12	47.42	46.10	54.55	29.01	44.29	45.11	42.92	71.34
60.73	19.50	67.99	70.32	13.62	42.34	36.27	38.23	29.29
52.25	34.87	43.71	32.44	30.03	32.34	25.00	42.35	46.69
48.96	61.56	53.43	44.93	59.41	39.57	25.47	80.29	54.97
37.32	24.92	52.88	41.98	12.55	57.27	36.14	58.13	56.77
20.47	56.07	45.16	67.55	34.57	37.51	10.34	25.62	28.82
53.63	46.16	48.26	30.36	49.89	45.57	3.21	59.53	36.07
61.00	55.29	60.93	55.27	33.43	46.05	74.99	57.16	33.85
37.82	59.00	69.51	56.04	30.16	35.28	28.21	84.12	42.35
38.63	25.27	32.22	27.09	57.53	41.94	35.89	40.56	63.47
27.55	31.70	44.33	45.95	61.52	30.47	81.37	51.97	22.83
33.69	26.11	59.88	26.26	49.98	52.32	67.67	37.17	24.84
63.86	18.63	56.25	52.84	54.73	20.99	72.07	85.10	34.81
39.12	62.81	0.07	37.30	54.66	23.21	47.37	40.31	73.57
36.78	66.16	50.42	52.13	48.92	41.01	49.33	46.50	31.77
25.56	46.62	52.97	53.70	40.62	26.76	54.96	51.46	39.75
35.55	21.72	30.33	38.33	42.87	29.48	53.13	50.93	44.70
60.75	62.01	62.31	41.44	54.48	35.96	53.33	54.27	50.80
64.45	10.20	46.02	43.49	59.41	21.46	54.10	47.08	33.30
21.24	38.33	41.79	51.87	35.91	33.86	13.40	62.74	51.97
28.56	42.38	43.56	62.86	41.89	53.07	30.07	16.83	52.28
65.06	40.96	56.56	43.65	56.21	33.11	48.68	69.24	41.57
59.06	25.89	30.62	41.87	22.60	22.44	26.02	20.85	42.30
46.80	43.54	42.55	62.44	51.43	35.37	52.98	48.61	18.92
42.68	41.63	33.31	51.85	25.08	55.40	44.62	54.28	46.88
49.62	48.90	51.22	78.92	42.69	54.29	19.97	49.52	34.80
55.77	39.77	15.92	59.93	35.38	40.30	38.80	39.31	

Gráfico 18. Boxplot Minitab Línea 5



Datos atípicos: 99.80, 88.95, 0.83, 0.07, -1.11 y -6.32

Tabla 26. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 5

Número de datos:	1651	Máximo:	87.98
Moda:	44.88	Mínimo:	3.21
Mediana:	44.62	Desviación Estándar:	15.6269
Media:	44.7071	Varianza:	244.199

Gráfico 19. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 5

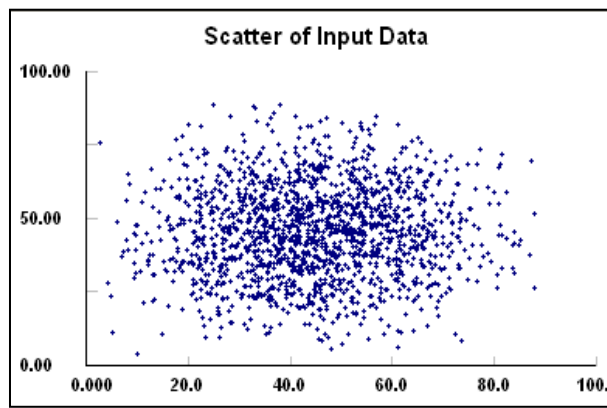


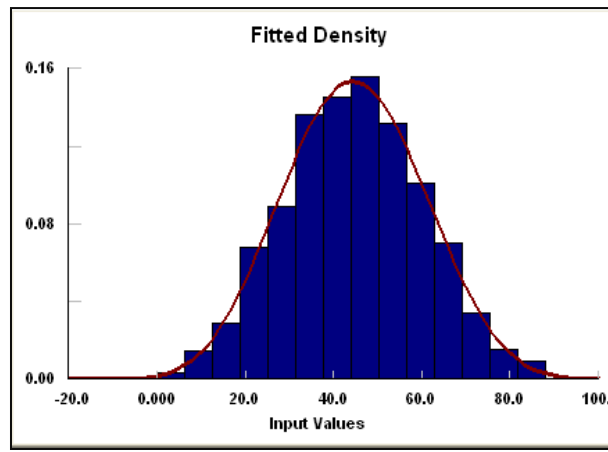
Tabla 27. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 5

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.132939	Aprueba
Puntos de giro	0.436162	Aprueba

Tabla 28. Pruebas de Bondad Línea 5

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	0.991	0.993
Inverse Gaussian	0.772	0.746
Lognormal	0.711	0.782

Gráfico 20. Distribución elegida Stat-Fit Línea 5: Beta



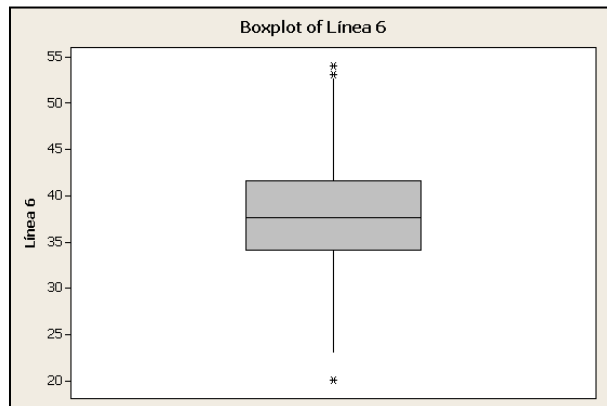
Anexo F. Línea 6

Tabla 29. Datos originales Línea 6

24.39	42.55	42.33	32.60	43.25	34.11	43.79	37.84	37.01
46.57	36.81	43.92	40.69	37.28	35.92	39.11	42.42	39.38
41.51	43.68	31.20	39.10	31.45	37.34	31.34	39.90	32.82
46.57	43.58	33.75	43.01	53.04	43.51	44.28	26.72	35.15
33.73	45.39	40.59	33.45	38.41	34.46	35.79	53.98	36.16
33.30	32.98	33.43	39.11	33.24	43.21	39.20	29.69	31.80
40.65	37.64	42.92	40.29	43.03	35.24	45.63	41.81	39.49
45.17	31.17	35.36	45.66	39.06	43.18	33.78	48.42	36.71
28.45	40.85	39.75	48.02	37.04	37.24	37.38	36.50	36.23
34.24	45.47	37.41	41.12	31.99	36.88	38.34	42.94	45.61
46.12	37.22	39.53	28.96	40.56	38.59	48.48	33.91	40.82
46.64	40.05	26.65	29.29	46.47	45.57	36.57	36.54	36.71
38.84	31.64	30.84	30.74	36.91	36.99	47.50	41.51	45.10
42.73	39.33	36.60	40.15	30.80	44.39	41.55	37.43	41.84
34.06	35.59	41.83	30.96	35.32	36.26	40.68	45.83	44.87
40.29	38.17	31.72	42.28	38.36	37.67	37.98	38.62	41.92
46.18	24.51	41.19	29.92	51.17	37.15	34.27	35.76	41.03
44.07	32.00	31.04	35.63	44.93	31.94	37.32	35.83	39.01
34.87	47.38	29.45	35.38	42.81	39.99	42.47	38.31	36.75
36.33	47.06	39.04	46.31	26.93	39.80	37.92	41.25	37.37
38.16	29.55	47.52	37.42	41.85	43.94	33.24	40.67	38.67
45.45	40.37	38.52	20.17	29.65	34.48	32.78	37.94	35.88
42.51	43.49	42.43	42.64	30.11	31.01	42.49	34.98	46.38
51.83	40.17	23.12	33.65	36.20	41.03	34.15	40.34	44.54
48.36	32.62	33.90	40.92	35.84	28.33	40.89	35.52	34.10
34.89	35.49	42.60	34.91	27.40	38.67	35.18	35.35	31.91
47.29	37.59	33.03	32.15	34.15	33.85	43.74	25.28	35.82
41.60	36.91	29.33	52.62	44.66	44.80	43.34	37.30	50.96
40.81	35.52	43.11	38.99	36.03	39.22	35.47	36.00	43.24
37.42	30.76	32.97	40.44	40.64	37.69	33.03	31.28	41.21
35.18	36.83	35.76	27.67	33.70	36.66	30.50	40.68	34.07
42.63	40.37	33.89	35.60	37.20	42.87	42.51	48.48	40.62
34.57	39.21	40.17	36.68	41.15	38.57	33.43	29.43	29.14
35.35	41.07	32.77	34.83	33.66	37.63	41.36	38.94	30.80

36.15	38.78	40.26	28.85	45.24	46.20	38.58	32.24	26.62
35.96	33.81	35.44	44.69	32.81	36.57	37.79	38.34	40.80
35.21	37.39	40.00	34.27	48.56	23.53	39.13	36.97	32.35
33.15	43.94	36.48	32.90	36.48	46.41	42.29	46.38	39.81
35.97	36.47	39.28	29.50	33.97	46.14	36.81	38.52	37.51
41.62	29.77	37.74	39.50	36.82	43.15	33.17	36.60	33.22
37.62	31.03	35.28	33.60	36.21	38.62	29.76	32.03	
40.58	36.53	46.17	43.83	39.66	41.46	36.35	38.15	
34.48	44.43	34.62	40.87	34.44	30.83	33.65	33.82	
33.43	37.64	36.95	44.01	38.34	41.23	32.34	35.23	
41.87	45.92	40.00	47.39	40.47	37.81	35.95	44.15	
46.68	34.01	52.61	36.07	35.86	37.67	30.65	40.88	
37.76	39.71	35.62	28.08	41.84	43.81	33.92	38.03	
34.33	48.86	31.68	43.86	34.50	38.08	31.19	35.69	
33.37	38.88	40.00	41.97	44.05	32.70	46.96	33.67	

Gráfico 21. Boxplot Minitab Línea 6



Datos atípicos: 53.98, 53.04 y 20.17

Tabla 30. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 6

Número de datos:	428	Máximo:	52.62
Moda:	37.1	Mínimo:	23.12
Mediana:	37.64	Desviación Estándar:	5.29065
Media:	37.9813	Varianza:	27.991

Gráfico 22. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 6

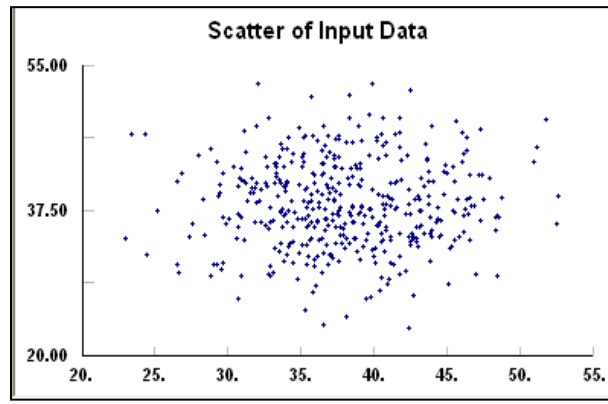


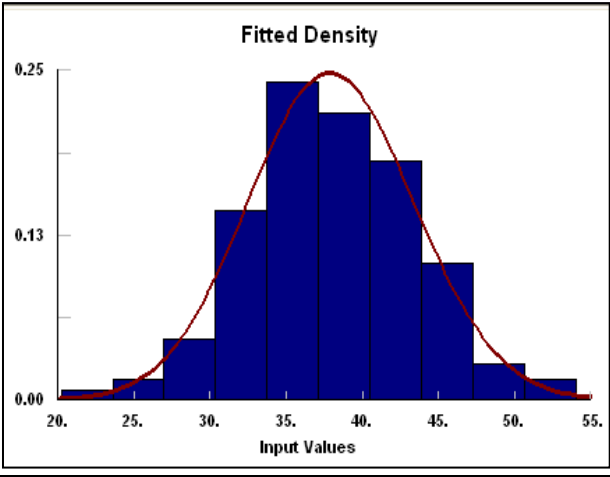
Tabla 31. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 6

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.2859	Aprueba
Puntos de giro	0.818271	Aprueba

Tabla 32. Pruebas de Bondad Línea 6

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Lognormal	0.725	0.936
Inverse Gaussian	0.603	0.913
Normal	0.603	0.882

Gráfico 23. Distribución elegida Stat-Fit Línea 6: Lognormal



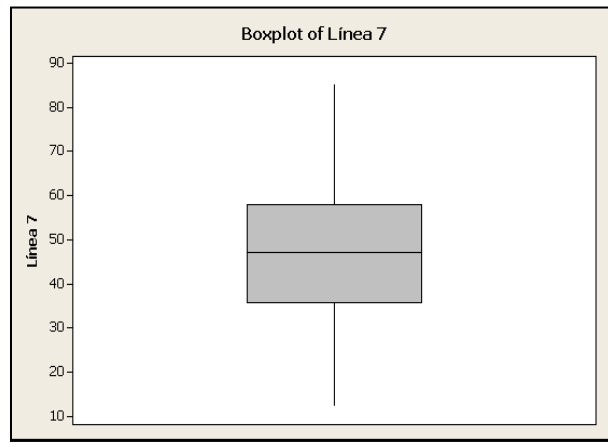
Anexo G. Línea 7

Tabla 33. Datos originales Línea 7

13.29	45.81	64.20	35.14	37.58	40.25	50.17	69.84	84.90
17.34	36.19	33.49	55.53	63.06	59.59	37.93	52.19	33.30
49.03	52.36	70.39	70.60	32.85	38.16	61.23	56.25	38.57
66.08	47.53	49.91	58.06	23.90	51.66	51.95	71.84	54.18
47.19	29.33	61.19	58.56	44.30	30.10	61.14	50.88	42.55
43.86	34.58	45.49	50.97	64.12	50.18	59.09	57.76	32.10
38.23	65.18	49.43	37.24	56.98	53.64	54.53	49.11	65.46
37.74	56.76	48.76	27.44	44.40	45.69	43.89	35.07	51.58
46.91	47.75	21.09	45.53	47.36	43.23	50.18	44.45	57.65
25.96	42.99	48.26	19.72	39.62	31.12	49.08	24.81	48.34
78.23	64.17	66.88	43.82	63.16	32.35	50.89	49.24	65.29
65.80	31.43	36.09	60.66	47.31	48.17	47.09	25.26	47.87
44.49	36.34	65.77	53.39	31.23	33.16	45.65	38.46	15.67
37.00	56.49	56.57	50.56	36.91	80.78	67.49	61.38	44.36
27.85	75.54	25.31	40.56	47.05	46.71	37.46	29.91	50.74
54.87	39.60	66.80	26.09	29.80	61.11	28.20	56.67	36.50
52.54	28.00	63.77	54.57	21.39	12.90	60.61	48.16	43.20
44.74	32.80	18.12	60.90	44.40	28.10	52.02	56.00	58.82
45.41	51.15	55.57	40.99	65.41	53.98	48.15	59.18	45.16
50.91	54.04	44.53	41.69	43.84	47.56	79.32	30.21	35.84
39.36	22.95	30.00	32.17	54.02	39.65	58.41	35.73	41.02
59.55	48.84	54.39	63.36	72.83	37.71	43.56	30.93	33.77
65.14	74.73	59.62	42.11	66.74	32.33	35.78	24.50	38.52
57.91	47.75	49.44	40.10	37.56	60.29	59.67	62.46	66.68
39.71	55.52	65.91	30.46	49.94	27.87	65.10	65.33	27.91
36.92	33.22	68.42	39.04	12.58	39.11	65.00	48.54	44.88
35.90	55.62	49.63	60.69	31.76	49.69	32.00	27.16	51.42
35.53	58.63	31.68	63.86	52.37	51.36	41.44	61.77	66.23
30.71	51.27	32.12	26.75	52.92	42.56	31.55	17.26	19.27
31.30	33.12	56.78	33.03	59.51	58.02	31.56	41.42	37.35
66.43	20.18	44.12	64.38	43.96	27.36	58.59	44.90	83.36
31.05	40.38	64.90	59.23	80.72	44.75	59.48	43.68	40.39
63.35	37.85	46.08	48.70	34.69	50.01	59.43	30.74	52.99
48.59	28.79	77.89	45.16	39.11	48.68	47.31	45.91	67.06

38.09	34.54	34.36	51.12	17.08	53.65	44.11	44.26	31.45
69.61	56.14	57.87	56.40	45.74	56.69	43.80	50.51	66.23
42.54	68.19	53.76	28.11	39.95	58.34	32.30	42.67	62.10
66.40	61.81	54.47	29.84	41.24	26.47	57.58	38.41	40.46
38.43	38.40	29.27	58.47	29.74	28.29	58.94	71.69	56.21
50.78	28.02	40.59	51.87	28.75	35.88	54.76	36.53	69.87
60.73	58.23	62.43	35.92	66.75	68.46	61.68	35.47	30.24
65.73	21.42	71.73	35.36	40.29	27.86	61.30	19.93	52.73
60.52	59.30	47.97	73.66	81.84	23.53	17.86	26.57	49.04
47.48	48.18	36.48	43.07	44.43	32.50	35.40	38.33	
31.61	22.50	21.16	37.47	39.74	35.96	63.03	45.59	
37.28	50.44	52.76	68.54	61.81	47.65	30.15	24.52	
32.25	32.89	55.13	35.83	45.44	70.43	40.52	57.47	
70.47	63.16	49.96	18.38	51.37	41.27	39.65	37.02	
55.73	60.24	54.68	25.95	39.99	72.64	48.20	61.11	

Gráfico 24 Boxplot Minitab Línea 7



Datos atípicos: No tiene.

Tabla 34. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 7

Número de datos:	434	Máximo:	84.9
Moda:	49.225	Mínimo:	12.58
Mediana:	47.05	Desviación Estándar:	14.3698
Media:	46.6914	Varianza:	206.492

Gráfico 25. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 7

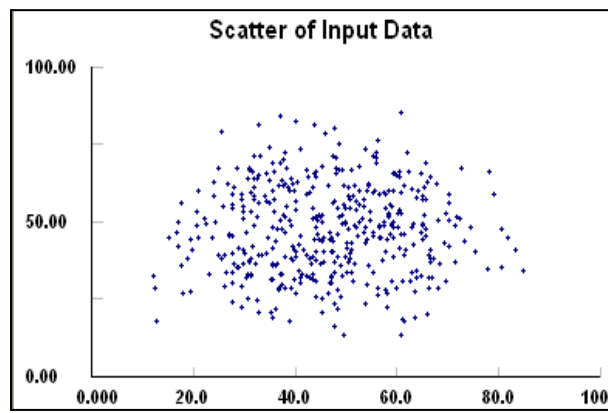


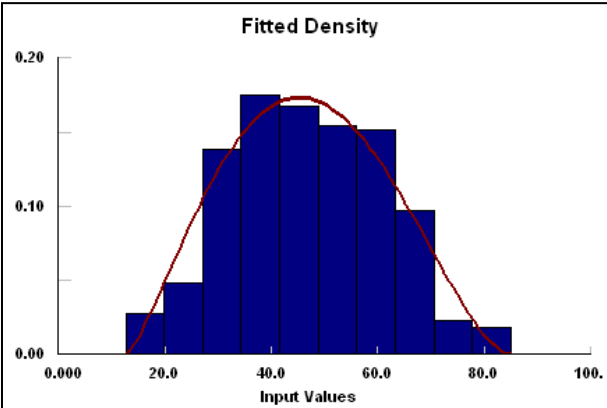
Tabla 35. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 7

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.248759	Aprueba
Puntos de giro	4.00228e-002	Rechaza

Tabla 36. Pruebas de Bondad Línea 7

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	0.911	0.713
Weibull	0.713	0.672
Erlang	0.521	0.443

Gráfico 26. Distribución elegida Stat-Fit Línea 7: Beta

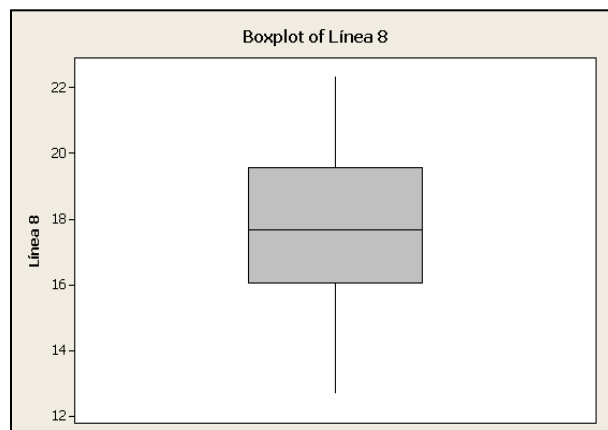


Anexo H. Línea 8

Tabla 37. Datos originales Línea 8

12.98	20.09	18.15
16.18	16.28	12.70
19.69	18.38	16.77
15.58	19.42	
22.33	17.65	
16.19	18.22	
18.84	16.71	
18.67	20.65	
20.09	16.59	
15.88	19.99	
15.80	15.20	

Gráfico 27. Boxplot Minitab Línea 8



Datos atípicos: No presenta.

Tabla 38. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 8

Número de datos:	25	Máximo:	22.33
Moda:	16.325	Mínimo:	12.7
Mediana:	17.65	Desviación Estándar:	2.33677
Media:	17.5612	Varianza:	5.4605

Gráfico 28. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 8

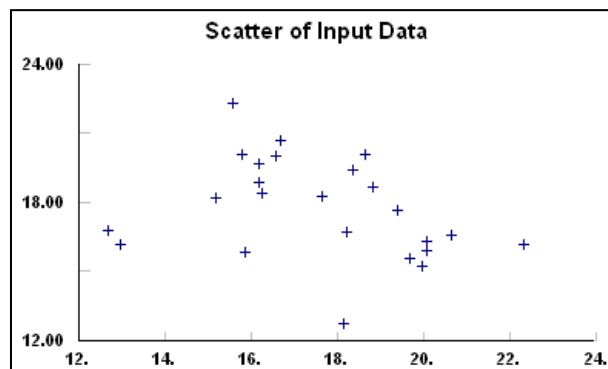


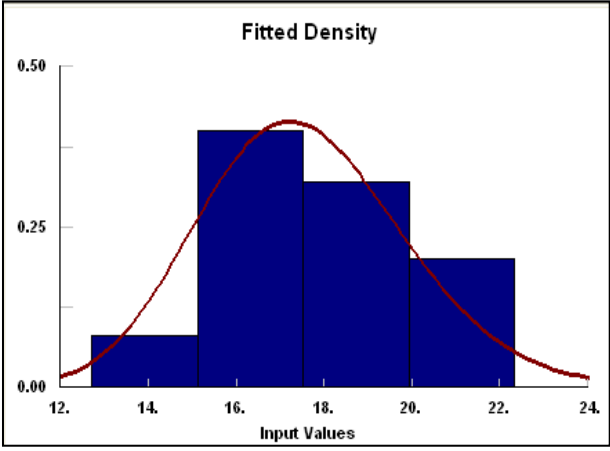
Tabla 39. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 8

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	9.4979e-002	Aprueba
Puntos de giro	7.0926e-002	Aprueba

Tabla 40. Pruebas de Bondad Línea 8

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Johnson	0.102	0.314
Lognormal	0.111	0.306
Normal	0.111	0.307

Gráfico 29 Distribución elegida Stat-Fit Línea 8: Johnson SB



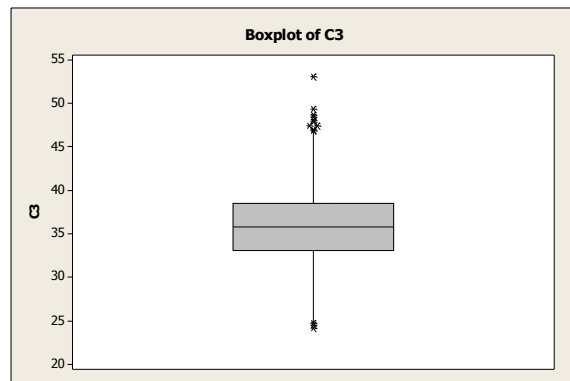
Anexo I. Línea 9

Tabla 41. Datos originales Línea 9

25.01	37.25	33.61	37.41	43.46	39.13	34.78	40.94	45.48
47.41	36.07	34.51	29.94	42.01	36.29	38.46	34.41	34.63
31.98	40.17	35.56	35.77	43.52	38.42	35.92	34.20	38.10
30.85	35.69	35.77	44.27	39.62	42.50	48.15	30.37	27.08
35.20	34.44	32.06	30.73	37.80	41.37	32.65	32.71	35.65
38.84	40.36	33.64	33.38	36.17	42.04	33.50	38.38	38.16
36.22	39.06	34.92	34.68	32.47	35.02	37.97	44.09	30.15
43.71	26.81	46.23	37.86	33.25	40.26	38.97	35.74	38.28
46.75	35.09	32.37	32.20	37.98	35.47	31.34	33.81	29.08
35.80	38.70	30.17	33.73	37.28	36.30	35.01	25.40	32.08
44.37	37.85	31.28	28.14	41.22	32.67	29.14	30.85	35.11
41.89	32.29	35.97	42.78	34.29	39.96	30.08	40.80	40.76
35.23	32.55	35.46	36.50	31.04	32.84	37.54	35.89	34.40
38.56	32.06	31.66	33.93	25.66	32.37	26.79	48.67	44.17
30.46	33.83	38.80	40.97	32.04	37.79	33.09	39.31	38.27
33.60	28.81	33.37	31.52	34.97	39.31	36.06	39.59	40.03
30.43	33.91	32.08	34.81	34.25	36.87	33.27	34.59	41.40
30.52	29.20	34.41	33.15	35.62	32.07	36.28	42.26	36.97
37.05	38.61	35.37	47.90	34.67	35.76	33.52	35.05	37.85
38.86	40.86	40.03	44.31	28.90	35.54	35.28	30.53	39.30
33.85	42.53	39.41	36.31	36.76	41.47	27.79	34.20	34.32
32.77	40.16	28.46	38.31	38.55	42.21	38.76	42.69	37.73
33.40	38.97	29.46	28.87	37.86	44.89	39.91	30.48	45.58
35.07	42.92	37.69	36.88	33.97	36.09	34.83	36.52	40.25
37.18	36.26	34.91	29.30	34.41	28.91	33.04	36.16	36.85
32.68	39.71	35.33	36.08	35.35	40.23	35.10	38.71	36.41
31.34	44.52	34.55	31.79	37.07	33.95	39.36	42.42	32.47
38.08	37.83	33.76	31.20	34.68	38.29	34.29	37.93	38.66
27.07	41.92	33.47	28.33	33.70	34.48	33.52	34.24	37.28
44.71	43.05	38.23	37.78	31.94	35.91	33.81	35.85	43.90
32.22	38.56	40.59	27.26	43.74	36.86	30.19	35.86	32.68
28.60	38.12	32.86	44.71	28.70	43.77	38.00	26.45	32.37
31.57	36.64	39.32	33.87	43.85	32.02	31.65	41.27	37.62
41.11	30.46	43.77	34.60	38.64	31.68	33.60	35.61	38.17

40.63	32.34	41.26	33.96	33.09	39.32	38.29	27.01	32.77
39.99	40.21	35.07	35.72	35.21	34.34	28.80	32.33	36.78
36.37	35.20	33.13	34.29	36.06	35.11	37.87	37.81	34.21
31.85	37.44	41.10	33.14	35.32	28.57	32.19	32.99	32.13
37.77	29.04	40.73	40.28	37.02	38.22	43.24	42.55	26.64
35.07	33.32	28.09	30.23	35.19	38.70	38.03	45.41	37.47
38.97	29.61	36.82	30.06	29.69	34.68	28.01	40.26	35.50
35.51	33.01	31.17	31.50	31.19	32.54	29.44	38.27	34.49
30.81	38.12	34.29	36.37	34.20	39.66	32.01	44.38	37.16
37.43	39.87	31.56	42.05	45.27	31.74	35.43	36.60	32.66
40.23	33.74	37.72	37.94	34.70	30.35	35.42	32.67	30.99
39.01	25.55	28.68	36.44	34.11	36.68	35.24	37.80	
34.76	38.34	38.73	35.75	31.00	48.46	38.48	34.91	
39.74	40.03	41.97	37.58	46.99	38.46	30.59	34.89	

Gráfico 30. Boxplot Minitab Línea 9



Datos atípicos: 24.2, 24.6, 24.8, 46.9, 47, 47.4, 47.90, 48.5, 49.34, 48.67, 48.46, 48.15 y 53.14

Tabla 42. Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 9

Número de datos:	799	Máximo:	46.75
Moda:	34.11	Mínimo:	25.01
Mediana:	35.75	Desviación Estándar:	4.12
Media:	35.79	Varianza:	16.97

Gráfico 31. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 9

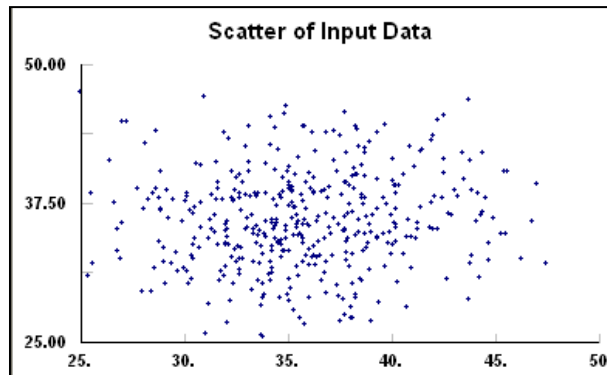


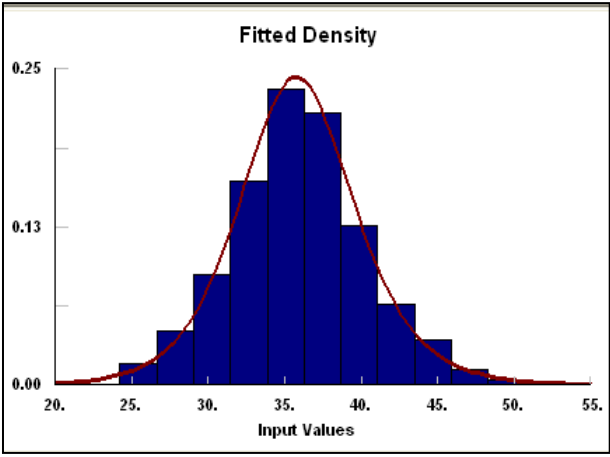
Tabla 43. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 9

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.3755	Aprueba
Puntos de giro	0.7158	Aprueba

Tabla 44. Pruebas de Bondad Línea 9

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
LogLogistic	0.953	0.969
Logistic	0.965	0.867
Lognormal	0.615	0.827

Gráfico 32. Distribución elegida Stat-Fit Línea 9: LogLogistic

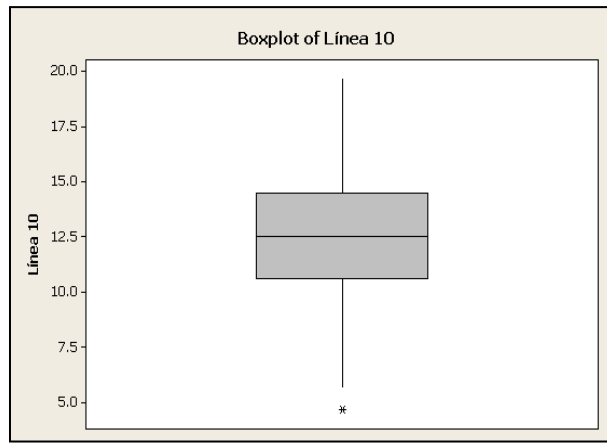


Anexo J. Línea 10

Tabla 45. Datos originales Línea 10

5.94	10.46	13.41	19.28	11.34	16.69	11.99	8.98	10.25	11.49
9.08	13.71	14.89	10.3	15.33	10.27	15.05	12.58	12.87	14.45
5.73	11.33	8.14	13.96	9.75	12.07	16.94	13.95	11.84	7.49
9.54	8.13	13.86	11.93	11.33	10.13	11.49	14.71	12.04	12.24
14.27	8.17	13.4	11.23	17.29	12.44	11.02	10.4	12.33	9.79
17.21	14.64	10.92	10.9	10.91	13.79	14.82	15.18	17.23	17.12
9.54	12.56	17.44	15.9	13.65	15.2	11.54	15.56	14.49	10.8
11.48	9.07	11.6	10.56	17.4	11.93	10.75	13.79	14.52	14.88
12.38	13.25	13.17	12.32	11.85	14.81	14.7	14.27	14.45	13.09
11.48	10	13.36	15.79	13.83	9.66	13.39	11.01	18.9	13.78
8.34	13.89	14.91	13.91	15.14	14.54	12.58	14.8	11.8	12.82
16.1	14.19	11.72	13.89	10.21	12.38	17.34	11.84	19.62	9.94
11.46	11.19	13.25	14.41	10.39	13.48	9.94	16.5	9.76	8.63
10.18	12.7	13.74	11.82	15.91	16.3	8.87	11.83	11.83	9.1
16.94	14.25	12.76	12.58	11.12	13.27	10.04	9.4	17.54	12.56
11.86	9.49	10.28	13.5	15.09	11.37	9.12	17.76	11.24	8.83
15.24	9.81	13.7	8.67	9.71	10.01	16.82	16.47	10.44	9.79
13.95	14.46	14.51	14.31	15.41	14.26	11.73	10.6	13.97	12.57
14.7	13.02	12.54	12.52	13.84	14.16	14.68	16.39	16.24	8.89
18.48	14.04	16.05	11.22	17.98	16.87	11.93	15.39	12.98	11.53
9.34	15.1	10.71	10.19	8.73	10.76	9.79	10.03	15.69	9.98
10.07	13.81	15.33	13.82	10.56	8.59	9.04	13.32	11.21	11.5
12.19	9.47	12.48	14.75	13.4	8.64	11.89	7.9	10.86	11.57
10.73	12.16	4.72	17.37	13.75	12.97	10.65	13.02	8.36	15.43
19.12	11.7	11.19	15.34	12.19	10.21	13.83	13.23	12.57	14.79

Gráfico 33 Boxplot Minitab Línea 10



Datos atípicos: 4.72

Tabla 46 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 10

Número de datos:	249	Máximo:	19.62
Moda:	11.54	Mínimo:	5.73
Mediana:	12.56	Desviación Estándar:	2.62993
Media:	12.6732	Varianza:	6.91653

Gráfico 34 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 10

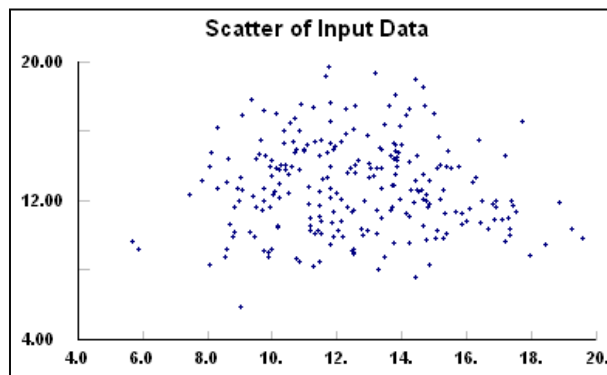


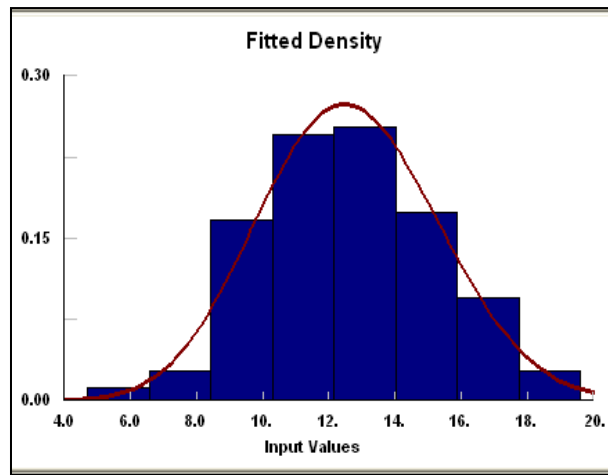
Tabla 47. Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 10

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.629847	Aprueba
Puntos de giro	0.655836	Aprueba

Tabla 48 Pruebas de Bondad Línea 10

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Johnson	0.784	0.888
Erlang	0.8	0.851
Gamma	0.755	0.839

Gráfico 35 Distribución elegida Stat-Fit Línea 10: Johnson SB

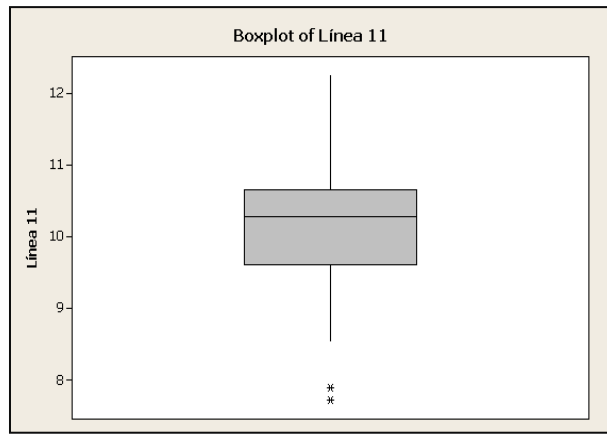


Anexo K. Línea 11

Tabla 49 Datos originales Línea 11

7.91	9.06	9.39	9.83	10.05	8.56
9.49	10.70	10.03	10.10	10.32	10.06
10.31	10.39	11.74	11.06	10.50	9.38
10.58	8.81	10.62	10.51	9.95	9.54
9.19	10.37	10.30	10.36	10.04	10.54
10.08	11.22	10.59	9.83	10.09	9.52
9.22	10.94	9.97	10.61	10.71	9.20
9.47	11.04	11.34	10.69	10.61	10.43
11.04	10.47	12.13	10.72	8.93	10.40
9.65	9.97	10.22	9.14	10.38	7.74
9.33	9.74	11.91	9.61	10.66	10.42
11.10	9.75	9.96	10.57	11.52	9.34
9.24	9.35	10.24	11.61	10.25	10.23
10.31	10.48	9.63	9.12	9.12	11.05
10.67	10.21	10.85	10.63	10.60	11.10
9.66	10.56	9.57	10.49	8.62	11.53
10.48	11.07	10.28	10.59	12.24	9.18
11.07	10.65	10.52	11.04	10.17	10.62
10.39	11.64	11.35	9.74	10.02	10.36
11.27	9.34	9.44	9.46	9.07	11.65
10.81	9.67	9.16	10.21	9.80	9.05
9.60	9.46	9.81	9.72	11.00	10.04
10.83	10.25	9.58	11.02	11.16	10.09
10.66	11.27	10.79	10.33	10.42	10.05
10.35	10.67	11.68	10.02	10.52	9.34
9.27	11.23	10.03	9.76	9.11	9.22

Gráfico 36 Boxplot Minitab Línea 11



Datos atípicos: 7.91 y 7.74

Tabla 50 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 11

Número de datos:	154	Máximo:	12.24
Moda:	10.565	Mínimo:	8.56
Mediana:	10.305	Desviación Estándar:	0.752224
Media:	10.2405	Varianza:	0.565842

Gráfico 37 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 11

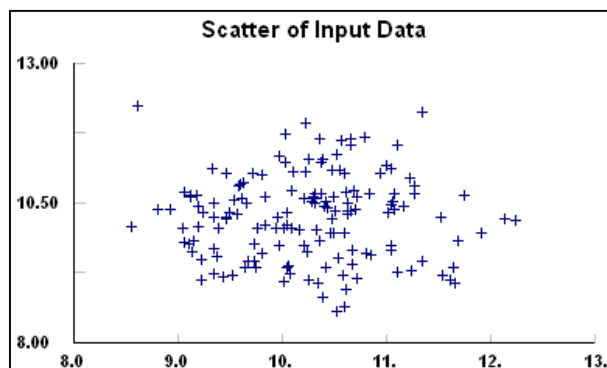


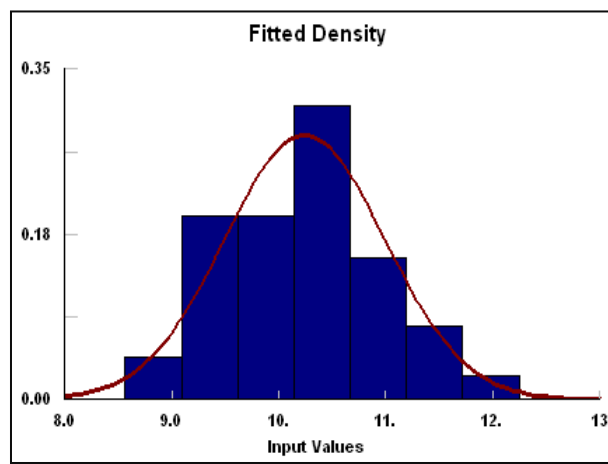
Tabla 51 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 11

Prueba de corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.145601	Aprueba
Puntos de giro	0.3052	Aprueba

Tabla 52 Pruebas de Bondad Línea 11

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Normal	0.87	0.734
Gamma	0.778	0.737
Weibull	0.716	0.773

Gráfico 38 Distribución elegida Stat-Fit Línea 11: Normal

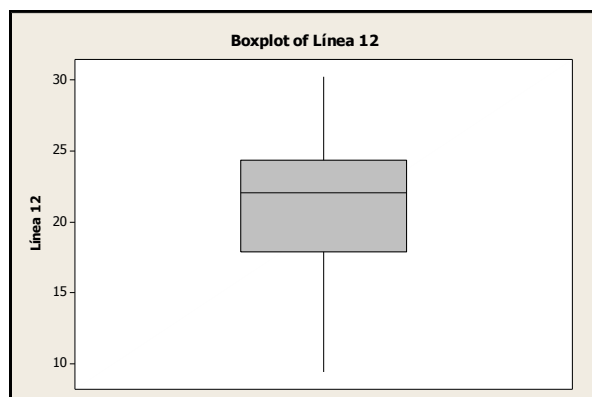


Anexo L. Línea 12

Tabla 53 Datos Originales Línea 12

9.46	24.93	14.41	19.70	20.92	22.08	23.91	22.40	18.03
21.23	28.78	28.22	17.96	18.19	15.75	15.43	21.93	24.43
28.72	22.01	30.21	22.76	22.09	17.16	29.27	15.31	22.32
23.87	21.33	17.17	24.13	25.98	26.89	22.73	19.58	17.84
15.58	24.45	23.29	22.80	13.87	21.03	24.26	25.29	14.99

Gráfico 39 Boxplot Minitab Línea 12



Datos atípicos: No tiene.

Tabla 54 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 12

Número de datos:	45	Máximo:	30.2
Moda:	22	Mínimo:	9.5
Mediana:	22.1	Desviación Estándar:	4.64
Media:	21.39	Varianza:	21.54

Gráfico 40 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 12

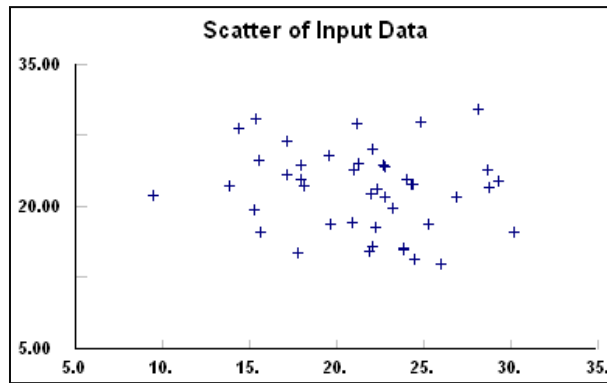


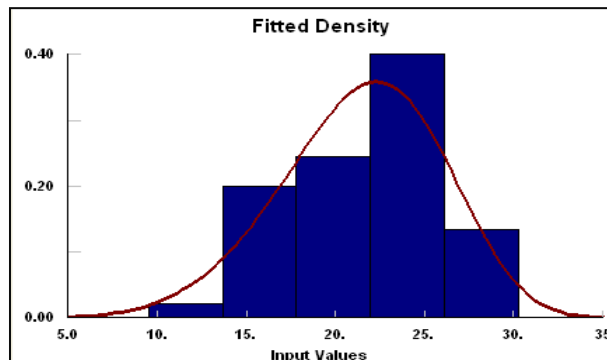
Tabla 55 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 12

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.4378	Aprueba
Puntos de giro	0.3358	Aprueba

Tabla 56 Pruebas de Bondad Línea 12

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	7.95e-002	0.324
Beta	9.04e-002	0.424
Logistic	9.56e-002	0.417

Gráfico 41 Distribución elegida Stat-Fit Línea 12: Weibull



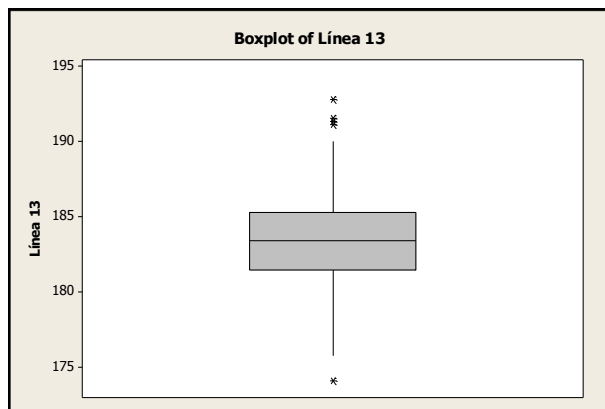
Anexo M. Línea 13

Tabla 57 Datos Originales Línea 13

177.33	180.77	182.72	186.64	177.97	179.02	181.23	181.40	181.62	189.57
191.35	185.24	181.87	182.23	183.26	186.50	185.83	186.17	177.31	181.89
181.95	179.95	186.80	183.52	182.16	180.56	185.89	182.81	182.02	189.62
187.03	181.64	188.29	183.22	183.40	179.93	189.46	180.42	178.95	178.76
185.38	180.54	181.14	184.78	184.73	181.26	180.32	181.34	184.27	187.50
184.93	184.15	185.88	183.92	178.90	180.23	185.92	184.62	184.12	184.19
182.51	184.45	176.94	183.58	186.22	184.11	183.45	182.35	186.56	181.09
185.54	183.41	183.34	185.59	185.31	180.46	186.08	181.71	185.96	184.97
189.00	185.53	182.19	182.27	187.50	182.97	180.58	179.72	182.37	186.24
178.23	184.52	184.51	182.00	184.97	184.72	182.31	177.89	182.02	183.69
182.57	185.96	187.16	179.86	187.63	182.46	185.75	184.05	185.37	183.42
179.38	185.96	187.07	181.09	184.03	178.46	179.61	178.79	185.67	186.40
186.65	181.23	181.69	183.87	187.00	184.10	184.43	185.40	181.89	180.87
186.11	186.37	177.48	184.78	189.29	185.21	182.97	188.37	182.87	183.50
185.17	185.82	187.05	181.04	184.31	185.61	185.79	182.16	180.90	186.38
182.75	186.06	183.56	189.92	180.61	183.43	181.03	185.61	183.91	182.07
182.52	182.37	183.66	184.41	187.98	184.25	176.30	185.97	184.12	183.33
182.43	184.87	183.95	183.73	181.32	182.11	179.72	182.59	186.61	185.84
183.83	179.08	180.86	185.91	187.26	185.91	184.95	184.51	184.18	179.48
183.16	184.97	186.52	181.44	182.24	188.22	184.04	182.14	184.12	180.17
186.27	184.54	178.82	182.40	184.73	181.12	183.45	179.29	189.09	184.96
181.64	182.14	183.17	180.14	178.19	184.90	190.03	184.62	181.83	182.63
183.61	181.61	187.22	187.57	183.15	178.52	184.99	185.96	183.27	182.45
180.66	185.21	175.88	184.45	185.29	177.89	182.50	185.63	185.18	183.69
181.92	184.94	182.57	184.27	183.49	183.95	182.77	180.41	185.18	184.68
182.59	182.60	183.34	186.99	181.47	185.45	183.66	182.85	180.39	189.28
182.71	184.54	186.75	187.50	187.03	183.68	177.21	184.35	181.90	184.27
183.51	180.46	179.07	184.94	180.76	183.36	177.54	186.86	184.12	187.54
180.18	184.28	186.44	181.39	180.10	182.72	186.82	184.60	180.92	181.09
185.02	183.57	181.57	186.19	181.16	187.90	180.43	186.07	185.21	182.33
184.23	186.04	184.84	181.71	186.77	182.89	182.59	179.11	181.92	187.54
184.47	181.15	183.72	183.16	181.71	185.61	186.31	179.50	180.49	183.59
181.73	189.89	183.88	180.61	183.71	183.29	182.95	180.12	188.12	181.20
191.13	181.72	188.75	181.75	186.27	184.23	183.51	184.01	182.73	185.47

183.20	179.07	182.65	186.95	183.63	182.64	188.74	179.63	183.02	181.31
185.33	185.97	178.30	180.17	183.12	181.60	181.79	180.47	182.35	181.54
182.39	181.77	184.38	185.64	187.11	183.13	175.80	177.38	185.89	181.12
182.22	177.87	185.94	184.59	184.42	186.06	183.92	187.92	184.63	178.62
180.12	184.52	181.72	191.55	185.33	181.59	188.38	181.39	185.53	184.68
186.21	180.66	180.18	186.15	182.93	184.54	181.27	184.70	187.08	182.70
183.90	175.84	186.64	183.31	184.26	180.37	181.11	184.80	181.55	184.16
178.76	188.06	182.72	184.24	178.99	185.40	183.18	186.22	183.39	179.55
187.63	180.16	179.48	177.77	181.57	178.84	183.64	184.97	185.50	181.28
179.91	178.57	185.31	185.00	183.29	182.39	184.49	180.24	182.55	182.18
184.90	184.83	184.64	177.53	185.88	183.61	179.35	182.52	182.79	181.82
178.12	184.96	184.35	182.61	182.69	181.27	178.35	186.12	186.27	180.49
183.70	182.52	180.57	183.15	184.57	179.79	186.00	181.71	179.60	181.05
183.55	182.23	180.25	178.52	180.04	184.11	181.95	184.76	180.65	182.44
183.13	185.24	192.80	185.90	183.32	183.40	177.31	182.31	180.63	185.29
184.01	184.23	184.39	181.07	183.82	183.86	183.75	184.57	179.91	184.99
184.39	181.11	184.67	185.98	182.45	178.94	178.46	184.18	184.33	184.28
183.26	176.87	185.32	180.76	181.02	182.02	181.23	181.07	179.82	185.35
181.89	179.73	186.33	178.49	185.41	184.48	180.19	185.71	182.99	183.11
184.96	186.38	179.96	183.42	184.57	182.47	185.77	181.03	181.25	181.87
185.72	184.81	185.53	179.56	183.40	186.49	184.00	181.61	185.85	185.01
182.94	182.39	185.87	182.10	185.46	182.41	181.87	181.73	183.72	186.35
185.08	182.63	187.97	181.03	186.26	185.71	185.09	188.17	184.84	
178.42	185.07	181.44	185.72	187.55	184.87	187.87	181.97	189.47	
184.56	181.95	184.82	184.23	184.94	185.43	186.95	181.31	188.97	
183.45	178.99	186.60	183.12	182.15	174.10	178.58	183.04	182.27	

Gráfico 42 Boxplot Minitab Línea 13



Datos atípicos: 174.1, 191.1, 191.4, 191.5 y 192.8

Tabla 58 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 13

Número de datos:	591	Máximo:	190
Moda:	184.35	Mínimo:	175.8
Mediana:	183.4	Desviación Estándar:	2.71
Media:	183.29	Varianza:	7.36

Gráfico 43 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13

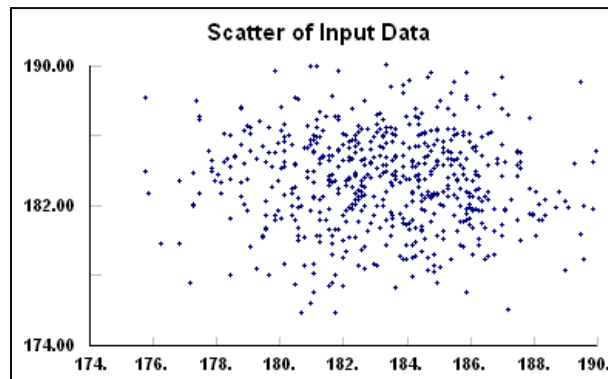


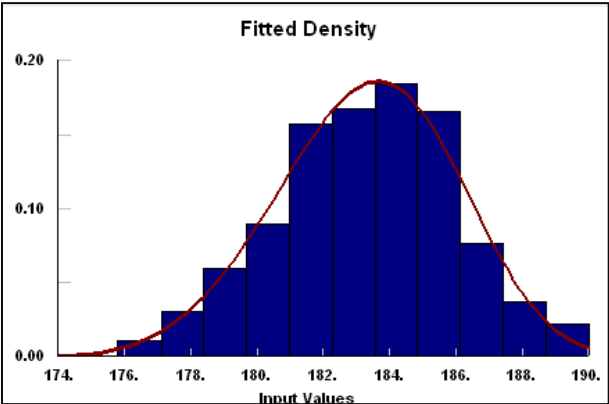
Tabla 59 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.1692	Aprueba
Puntos de giro	0.2669	Aprueba

Tabla 60 Pruebas de Bondad Línea 13

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	2.66e-002	0.29
Beta	2.69e-002	0.363
Johnson	3.11e-002	0.618

Gráfico 44 Distribución elegida Stat-Fit Línea 13: Weibull



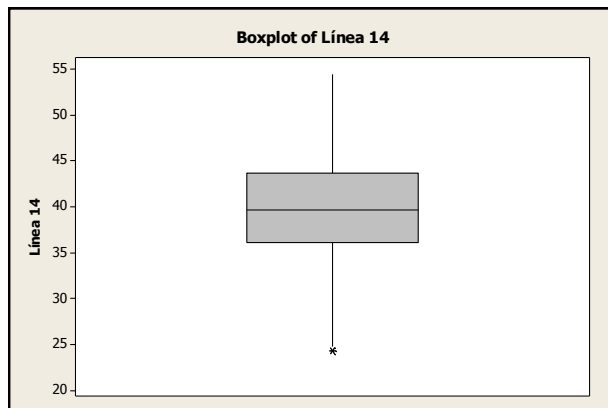
Anexo N. Línea 14

Tabla 61 Datos Originales Línea 14

24.35	38.80	35.72	38.15	35.64	38.93	43.88	32.90	38.90	37.66	33.35	41.13
38.96	36.50	38.41	45.13	32.42	36.94	34.29	40.84	35.79	36.45	35.40	53.16
36.47	41.76	45.72	35.59	40.11	38.96	33.68	26.63	43.90	28.82	42.13	43.08
38.92	34.51	32.33	38.24	36.20	49.82	42.32	38.38	47.16	42.20	40.62	49.45
33.62	36.79	48.47	41.26	38.29	43.21	24.87	34.88	38.56	35.13	47.39	48.13
37.76	39.67	32.46	45.49	37.27	44.44	30.58	30.00	41.05	40.33	36.93	43.32
41.82	35.00	42.88	37.65	43.90	32.52	45.04	50.19	47.15	37.22	38.05	36.09
43.85	50.18	43.22	34.81	42.68	38.61	47.28	43.42	32.17	30.47	46.16	32.71
47.91	35.16	37.66	42.90	54.41	43.04	45.17	41.21	43.10	45.40	35.33	48.33
35.87	41.34	40.07	51.25	26.74	41.05	35.84	46.50	44.71	35.72	40.12	42.03
31.15	37.84	48.27	40.90	47.22	47.51	44.24	46.84	40.00	38.45	41.90	41.00
47.05	45.07	35.54	40.45	41.15	51.02	35.42	38.03	40.93	39.18	37.94	35.42
48.27	31.43	39.39	44.62	40.14	39.74	48.10	40.03	50.30	29.70	48.93	38.59
41.86	38.73	40.18	44.78	33.87	43.09	43.10	36.08	29.08	39.05	36.18	41.83
40.75	41.33	50.71	34.73	35.29	39.48	32.65	34.47	41.33	32.40	41.98	41.31
43.17	33.51	40.16	33.41	47.67	35.57	45.29	41.39	40.89	48.36	41.69	37.14
43.52	41.59	39.41	39.62	37.31	38.37	46.86	36.49	35.31	38.12	38.31	37.37
46.15	39.67	39.26	46.75	40.27	37.94	43.92	37.34	38.52	42.87	35.33	34.21
39.73	42.83	41.62	45.50	34.04	33.96	38.06	40.92	40.35	43.82	24.28	37.20
38.37	47.33	37.61	40.36	37.83	45.00	33.21	36.20	36.50	27.73	38.04	40.76
37.66	38.68	35.27	35.69	42.21	49.82	41.88	42.46	39.97	32.16	28.64	35.14
44.46	29.38	46.60	45.98	49.80	34.90	41.32	37.05	38.41	35.65	37.84	35.11
32.98	38.98	37.21	50.26	36.66	45.97	39.45	37.23	40.70	36.37	35.67	45.07
33.69	42.58	40.19	44.75	43.26	30.66	37.89	38.13	38.62	41.95	35.77	38.39
43.02	39.39	36.62	32.06	35.88	40.36	35.91	43.83	45.86	50.47	32.75	35.83
39.57	40.20	40.08	39.02	38.78	39.84	32.02	31.47	30.57	40.64	32.47	48.90
33.60	44.07	48.94	38.30	39.79	51.49	30.40	32.80	44.56	29.34	28.76	41.40
41.95	37.22	44.65	27.33	37.51	36.24	37.84	40.81	37.71	40.56	47.76	39.86
48.08	43.25	48.56	43.20	39.96	34.20	37.30	36.68	37.86	41.29	42.13	35.11
40.45	26.09	41.13	38.14	44.36	45.44	43.38	29.70	42.89	44.67	41.05	36.63
37.89	33.48	39.07	33.94	39.79	37.00	34.43	49.42	43.05	37.95	47.83	44.31
33.74	50.61	46.68	45.57	43.46	35.22	45.01	38.00	45.67	52.53	38.46	40.77
42.20	43.55	42.41	38.23	38.48	42.28	43.60	36.07	46.17	30.22	38.04	40.95
34.79	38.93	32.63	42.12	34.27	46.22	41.39	45.48	36.95	45.46	47.33	32.46

29.94	38.64	41.51	39.27	35.08	31.50	31.15	47.46	41.95	48.57	36.04	49.16
41.94	39.92	39.38	43.46	41.41	31.05	29.54	37.42	40.97	42.70	33.31	46.36
36.67	46.95	45.38	46.58	47.84	39.43	49.72	38.80	42.21	40.17	27.65	41.07
45.28	31.76	37.67	46.67	45.22	46.87	38.90	40.63	35.03	39.14	37.82	45.44
46.53	30.63	36.14	29.86	49.89	53.16	41.99	46.25	37.51	44.03	33.69	34.12
47.81	34.17	42.40	31.36	37.43	38.03	41.56	43.31	42.07	45.98	37.43	36.25
36.32	34.89	45.99	45.18	36.46	37.56	45.79	42.25	46.91	50.11	43.38	37.83
33.33	35.16	33.56	38.46	38.52	48.50	37.76	32.45	34.99	40.84	38.10	32.01
35.54	45.67	28.84	42.63	33.33	40.91	43.57	34.50	33.72	36.08	36.08	33.03
29.88	38.64	44.90	43.29	35.49	36.36	43.62	44.39	35.33	37.26	43.08	44.28
37.53	36.88	41.05	40.96	46.22	37.85	33.79	45.49	33.51	36.06	45.59	
39.64	35.48	31.56	44.91	40.39	46.15	41.97	39.63	47.37	46.29	36.39	
41.49	52.77	35.93	33.74	34.74	39.53	42.03	38.71	43.33	47.18	33.62	
32.35	44.32	48.06	36.56	38.96	40.69	44.91	40.67	37.15	40.48	41.27	
24.78	42.16	37.11	32.32	48.46	36.83	38.65	27.08	41.46	48.06	45.45	
43.64	37.12	39.12	38.60	41.91	37.58	48.61	38.97	36.17	44.11	40.44	
47.45	46.77	48.15	38.18	43.23	34.62	48.46	31.68	28.10	51.53	27.12	
40.70	43.51	48.26	42.33	31.84	44.76	28.74	49.51	35.56	39.57	43.72	
48.29	37.85	24.93	46.94	29.97	47.65	43.69	45.90	42.42	48.66	43.41	

Gráfico 45 Boxplot Minitab Línea 14



Datos atípicos: 24.3

Tabla 62 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 14

Número de datos:	626	Máximo:	54.4
Moda:	38.1	Mínimo:	24.3
Mediana:	39.7	Desviación Estándar:	5.54
Media:	39.82	Varianza:	30.78

Gráfico 46 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 14

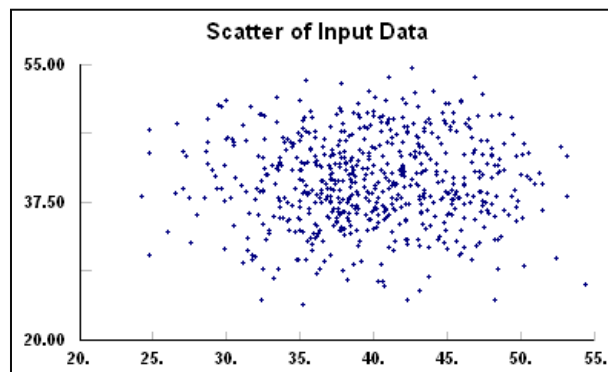


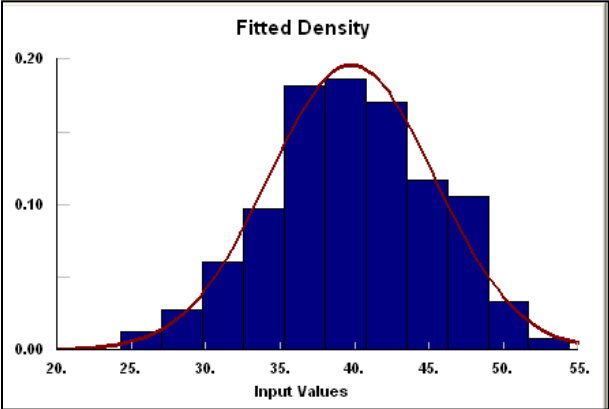
Tabla 63 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 13

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.5209	Aprueba
Puntos de giro	0.3413	Aprueba

Tabla 64 Pruebas de Bondad Línea 14

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Lognormal	0.839	0.793
Normal	0.838	0.794
Beta	0.626	0.775

Gráfico 47 Distribución elegida Stat-Fit Línea 14: Lognormal



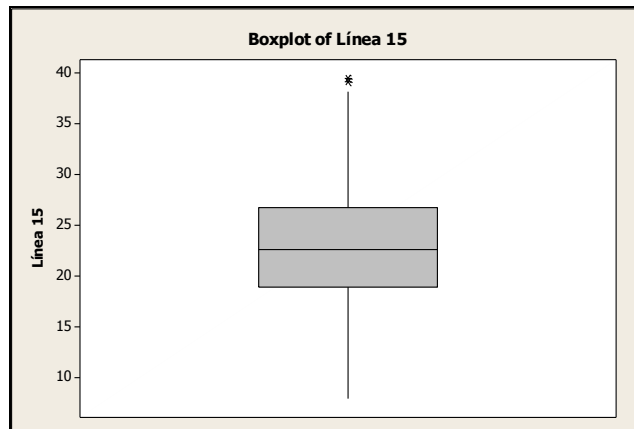
Anexo O. Línea 15

Tabla 65 Datos Originales Línea 15

8.03	25.65	16.59	19.97	16.74	32.27	32.90	22.45	11.30	25.01	24.80	19.09
21.77	28.67	16.59	15.68	21.66	27.45	18.13	20.72	34.38	27.93	22.50	24.43
30.51	31.65	21.91	16.73	33.78	33.38	17.85	32.60	24.33	23.66	25.71	29.26
24.85	28.39	21.72	27.88	26.40	33.57	20.42	16.45	30.79	20.36	19.08	28.45
15.18	22.25	31.15	25.29	26.83	8.29	23.80	29.95	28.48	21.35	16.90	27.60
26.09	26.15	14.66	18.30	20.86	20.80	21.29	22.89	25.22	23.45	24.90	21.69
30.58	35.34	27.96	23.41	19.74	26.80	18.32	19.16	20.06	16.03	23.15	20.61
22.67	19.14	31.91	22.20	24.18	20.02	26.93	28.86	10.56	25.67	23.40	32.49
21.88	34.48	20.43	18.23	15.86	23.79	29.86	19.99	23.82	23.78	26.30	19.56
25.53	23.73	26.38	20.50	25.90	15.19	13.42	17.34	23.85	16.97	19.99	19.54
13.81	11.28	26.66	25.37	26.07	16.59	25.06	24.14	13.87	17.93	33.05	23.91
29.93	13.94	28.96	19.70	13.60	17.00	16.21	12.09	18.81	11.59	27.63	27.96
32.24	18.13	13.29	24.62	14.84	18.28	33.59	28.76	31.77	16.94	21.33	16.00
17.03	12.73	22.38	22.07	12.95	23.04	28.98	23.40	15.06	29.17	16.30	20.52
24.17	17.97	18.99	30.16	16.42	18.98	25.50	26.54	20.22	11.76	24.13	19.62
19.98	28.49	22.32	39.03	16.72	20.34	25.79	24.88	27.65	19.39	19.53	19.63
17.96	25.58	24.79	12.59	18.61	15.11	31.59	13.25	28.97	28.26	19.25	17.86
23.55	28.23	25.62	18.02	20.26	27.18	25.56	16.68	20.94	23.33	26.41	14.13
25.15	25.34	17.58	26.50	19.98	20.51	22.27	26.04	24.93	31.03	28.57	19.19
23.60	31.31	17.33	14.76	39.36	23.85	21.46	24.83	22.70	25.70	30.55	33.08
21.40	22.34	18.49	22.68	15.01	17.00	22.83	26.49	20.12	26.23	31.51	17.62
18.22	21.67	21.83	22.72	22.86	16.24	27.84	26.84	15.08	24.27	21.13	20.33
22.77	32.98	28.73	28.90	18.62	33.82	21.26	20.92	24.27	26.08	21.70	25.19
27.31	23.74	21.16	28.46	26.23	30.84	23.92	15.26	21.04	25.96	15.54	22.57
13.19	15.44	33.14	21.73	28.70	23.37	20.86	19.15	17.50	23.19	24.13	22.85
22.76	28.54	21.62	18.33	15.62	27.67	18.95	21.94	25.72	26.00	19.15	25.53
15.37	16.81	27.90	23.01	22.00	27.27	23.21	19.91	13.46	26.51	16.83	30.13
17.02	20.31	28.16	21.15	27.91	25.49	22.21	25.64	25.15	30.17	21.50	30.22
28.37	30.09	20.35	24.21	15.15	21.47	17.24	22.28	32.03	9.41	24.78	21.93
21.54	19.28	15.40	23.72	27.39	27.22	24.69	16.60	27.87	20.77	11.25	17.14
24.89	32.57	30.96	15.40	22.34	18.04	27.37	19.09	17.51	23.45	26.49	29.07
15.00	29.38	27.34	30.74	24.59	18.73	16.09	26.34	18.90	18.87	15.37	19.51
31.15	23.78	20.14	23.06	23.20	34.50	24.89	23.07	17.83	16.33	23.42	21.51
23.52	18.51	19.90	31.80	22.78	24.30	19.36	27.19	25.91	27.31	15.74	22.64

25.30	22.97	22.95	17.71	24.43	19.43	17.23	26.71	16.01	24.65	35.29	26.93
23.13	18.49	21.06	30.35	22.69	26.66	23.45	18.19	20.90	27.08	18.45	14.93
22.58	29.14	29.21	28.96	26.70	17.54	24.76	18.04	23.99	20.82	23.31	34.52
14.86	23.33	28.80	26.73	12.47	28.10	28.95	20.99	21.78	31.32	16.96	19.21
19.85	19.75	24.37	26.89	16.80	15.60	22.52	21.39	25.71	22.32	22.35	21.87
26.50	22.60	20.17	21.14	31.28	16.35	27.57	17.23	16.50	29.37	33.92	24.08
18.04	31.13	24.67	9.72	28.33	21.10	24.66	21.05	24.60	28.07	25.53	24.89
25.50	27.02	31.30	34.99	29.59	23.88	21.10	24.77	24.62	21.00	21.35	27.27
23.04	20.94	15.90	11.38	17.01	27.94	14.00	21.66	14.83	17.33	23.75	19.43
17.81	25.49	20.12	27.35	24.37	37.16	29.00	13.68	16.81	19.35	20.23	11.42
14.49	24.66	33.11	15.81	23.71	32.48	21.80	25.55	27.04	25.94	19.36	26.93
11.88	14.59	21.45	15.82	13.14	20.21	26.02	17.75	24.48	11.75	19.03	17.19
29.37	23.46	27.24	20.88	15.58	27.29	26.35	31.41	27.09	30.76	30.81	26.51
32.35	19.29	22.27	8.71	19.87	21.47	16.43	16.98	14.11	28.09	19.70	20.76
29.99	23.37	29.70	27.00	22.50	11.54	26.51	30.20	30.61	21.96	27.09	37.42
27.75	21.71	32.20	13.20	23.24	25.34	23.68	22.65	24.57	28.74	28.00	21.16
23.52	16.88	34.72	13.26	21.44	31.16	22.43	24.79	32.11	26.20	30.15	23.63
21.39	29.97	27.45	23.76	28.47	27.86	16.19	25.54	20.93	24.50	18.17	26.79
27.46	18.02	22.17	33.57	21.01	28.46	17.39	14.98	18.65	20.08	23.39	21.27
29.01	14.02	20.82	26.67	24.06	18.37	16.14	24.84	28.53	10.48	26.56	8.61
12.06	21.60	16.36	17.47	31.95	28.07	19.34	14.29	21.20	20.86	19.81	21.71
21.33	21.91	23.11	28.37	16.59	15.23	22.55	32.11	14.97	31.20	17.70	22.88
19.89	29.68	19.81	14.32	20.70	25.65	21.04	30.40	14.41	30.49	19.93	22.07
21.64	17.97	22.85	18.14	15.70	15.84	14.23	19.75	20.39	27.74	10.39	16.98
24.36	13.33	23.99	19.44	11.63	22.55	22.08	22.98	36.93	19.62	29.49	24.74
27.44	20.80	28.81	20.83	13.21	16.93	25.62	31.49	27.14	29.53	38.15	20.23
19.99	28.26	16.23	23.23	17.04	21.31	13.14	22.42	17.19	13.95	26.14	
31.87	24.30	24.26	19.02	19.11	24.50	22.36	25.08	16.96	33.08	17.22	
27.10	31.59	18.36	20.88	22.13	22.01	10.30	23.59	21.54	20.36	15.42	
25.30	26.81	17.59	28.42	23.94	28.71	24.77	25.57	24.36	20.36	29.77	
21.56	32.43	23.22	22.45	29.28	20.27	20.47	26.23	23.92	23.27	16.99	
27.63	21.21	20.39	19.42	30.93	17.56	32.16	9.98	33.54	22.83	23.01	
25.39	24.59	16.25	25.00	21.84	17.76	19.00	18.52	20.45	28.55	19.44	
21.23	17.15	23.73	28.17	17.52	27.30	29.46	10.35	19.13	19.63	23.68	

Gráfico 48 Boxplot Minitab Línea 15



Datos atípicos: 39 y 39.4

Tabla 66 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 15

Número de datos:	806	Máximo:	38.1
Moda:	21.2	Mínimo:	8
Mediana:	22.65	Desviación Estándar:	5.54
Media:	22.69	Varianza:	30.78

Gráfico 49 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 15

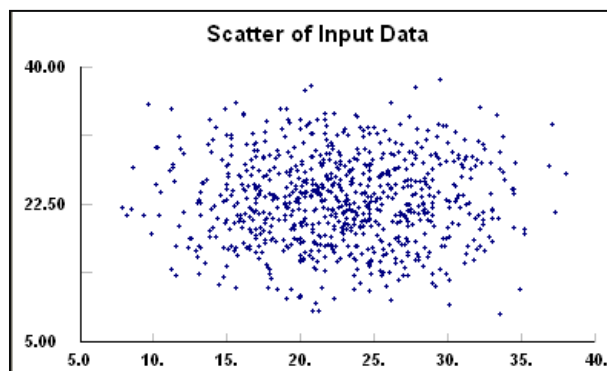


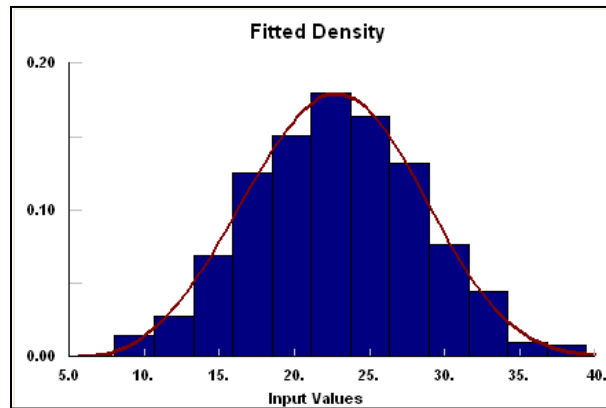
Tabla 67 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 15

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.3237	Aprueba
Puntos de giro	0.6746	Aprueba

Tabla 68 Pruebas de Bondad Línea 15

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	0.998	0.999
Beta	0.997	1.0
Johnson	0.968	0.996

Gráfico 50 Distribución elegida Stat-Fit Línea 15: Weibull



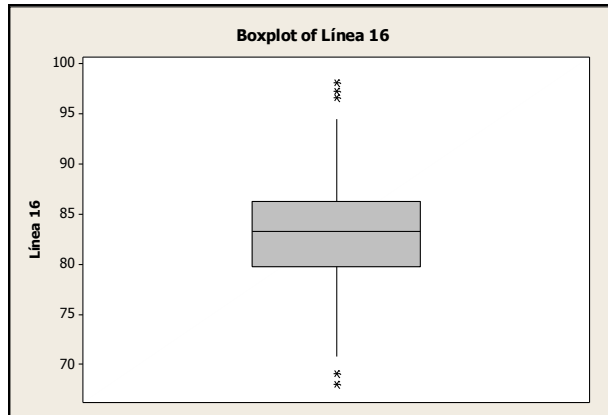
Anexo P. Línea 16

Tabla 69 Datos Originales Línea 16

71.52	77.46	81.90	77.62	84.06	82.87	91.18	90.51	89.97	98.03	88.78
78.00	89.07	79.08	80.26	86.71	82.45	85.02	82.26	89.41	80.50	92.33
85.91	87.22	88.39	86.11	83.95	83.81	78.99	85.05	85.06	83.43	80.97
76.48	79.65	84.44	76.25	80.59	85.72	85.75	83.30	79.67	83.79	82.36
77.75	83.80	75.03	80.07	82.21	88.05	89.29	87.69	84.34	83.59	85.50
87.72	85.67	86.11	82.88	81.43	78.28	79.64	79.86	85.34	79.25	80.22
86.55	82.69	92.78	83.52	79.45	75.20	88.49	80.14	94.14	80.32	88.18
90.26	85.15	91.30	86.26	80.46	77.83	80.84	85.45	91.84	81.06	83.80
77.50	87.98	85.04	79.02	84.09	78.82	84.03	81.92	79.21	79.53	80.75
77.14	86.54	87.93	83.84	82.30	87.59	84.19	87.59	85.81	81.50	82.78
87.62	89.18	81.65	87.16	86.36	90.57	86.93	72.97	84.90	73.43	92.47
91.90	84.19	76.24	74.24	85.29	75.57	81.19	75.08	83.97	86.41	79.36
81.98	82.17	84.27	81.32	81.10	80.75	78.11	85.22	77.62	81.24	86.36
89.38	72.49	89.78	77.42	81.93	97.22	88.65	81.84	81.13	79.30	80.74
77.57	87.84	88.30	83.94	80.16	77.08	89.10	87.53	86.31	75.79	86.76
80.33	82.20	81.71	85.53	78.12	81.04	76.98	78.12	86.61	80.09	85.25
90.27	83.68	74.04	82.17	83.69	81.30	87.34	84.06	83.89	84.57	82.11
79.37	88.04	89.80	72.48	80.35	83.35	85.21	88.48	83.48	84.62	84.19
83.16	81.96	85.80	76.03	86.24	88.70	85.28	79.81	78.57	79.58	76.45
78.29	84.36	88.53	79.95	84.34	79.81	93.38	77.30	77.72	85.71	80.38
78.26	77.18	85.31	83.60	78.86	81.97	80.87	84.79	82.43	80.64	91.32
80.47	83.40	78.92	89.34	89.45	86.59	79.46	84.50	87.39	78.31	83.65
88.39	80.09	90.72	84.22	86.46	84.76	92.07	90.65	87.24	74.20	81.13
85.70	78.11	87.59	84.71	82.11	83.09	78.33	78.26	79.04	79.79	86.76
86.71	82.86	79.29	82.32	87.25	78.04	83.65	82.64	82.99	78.68	88.52
85.70	74.01	80.63	91.15	89.44	88.82	81.15	82.25	86.55	92.99	81.44
79.86	88.86	82.97	93.70	79.16	87.86	72.80	75.45	78.98	80.66	80.06
87.04	75.38	78.93	83.09	89.62	83.13	84.32	84.85	86.08	78.05	84.45
81.71	78.29	72.53	84.01	75.91	83.58	77.06	87.54	81.01	85.22	78.72
77.61	73.02	77.47	83.96	90.86	88.46	78.62	76.39	79.18	88.22	92.34
80.66	78.36	82.20	79.13	81.40	82.07	84.03	85.64	78.66	74.25	84.62
92.82	81.35	78.18	75.14	77.57	78.70	87.45	84.80	89.08	92.00	83.05
84.49	72.47	92.35	87.29	87.88	76.22	84.24	90.33	78.07	78.05	81.34
84.00	82.15	80.23	83.34	91.31	88.09	71.37	90.34	70.80	89.93	89.27

79.97	81.18	81.01	83.31	85.18	83.67	80.70	78.19	84.78	81.62	84.80
82.55	88.06	75.34	82.00	83.48	89.07	87.05	84.96	80.75	93.55	85.34
85.35	89.22	79.35	84.26	88.16	86.06	83.50	84.11	85.36	88.45	81.43
81.46	84.02	79.56	81.69	88.78	83.44	79.78	80.52	83.88	85.57	84.31
82.11	79.03	85.16	85.61	77.83	90.23	81.24	89.48	89.96	85.93	80.27
87.05	80.92	83.00	76.35	90.33	83.90	83.32	81.72	83.44	87.89	86.16
89.43	81.31	84.71	80.94	82.51	90.24	81.85	87.66	72.73	78.56	82.38
74.07	79.75	92.07	86.94	87.60	78.45	85.76	92.52	75.81	86.37	89.09
81.01	84.03	81.23	76.21	84.34	82.72	78.50	80.29	82.67	86.02	75.16
83.76	80.49	83.96	73.66	74.17	89.54	81.77	79.61	87.26	87.32	89.23
81.81	82.02	84.23	86.35	84.74	88.14	71.61	86.36	78.47	87.21	80.83
79.74	83.44	84.43	78.92	94.39	74.51	82.06	83.10	83.51	87.29	88.03
82.30	81.59	82.97	84.98	82.27	84.13	85.49	85.58	85.58	79.59	81.76
83.53	96.55	75.10	83.05	78.12	84.01	77.26	81.53	68.05	89.09	81.04
76.04	88.38	79.72	69.10	83.24	80.79	82.52	79.02	85.24	85.80	81.97
85.04	80.07	83.45	85.86	83.26	86.34	89.73	92.25	85.36	83.55	86.47
81.05	75.27	91.24	84.92	72.80	82.13	82.51	83.77	91.28	78.60	79.90
85.69	86.53	76.87	89.47	72.89	74.89	83.97	84.52	81.00	73.56	77.23
89.30	79.29	88.30	74.61	86.50	83.21	73.51	78.64	80.55	84.29	84.42
78.62	90.36	75.33	84.54	79.95	79.40	86.39	81.99	79.94	78.11	78.64
83.26	83.78	90.37	86.40	74.16	86.58	92.37	84.65	87.52	77.62	78.58
76.88	86.73	87.05	87.24	74.80	84.75	85.19	85.69	80.61	81.49	90.05
85.24	79.62	83.47	85.94	91.01	82.95	81.70	83.71	83.07	79.72	80.36
78.52	88.12	83.89	91.54	77.77	80.45	85.01	83.79	74.17	72.97	83.09
89.74	82.18	84.11	77.91	80.15	90.13	83.37	71.86	80.71	82.94	77.80
87.34	85.06	71.62	86.12	74.71	88.78	83.67	81.32	84.75	80.13	80.37
85.34	74.41	79.98	82.48	87.00	72.28	78.96	90.46	79.70	78.47	82.56
80.52	80.07	82.74	87.40	78.08	83.66	85.42	80.81	76.70	86.41	
83.97	78.20	86.10	80.26	83.08	88.15	83.63	80.06	87.07	83.81	
80.90	88.57	82.38	86.04	77.16	83.28	88.72	78.69	78.46	83.26	
84.88	85.45	80.91	83.69	83.76	84.26	84.04	75.99	91.39	77.74	

Gráfico 51 Boxplot Minitab Línea 16



Datos atípicos: 68.1, 69.1, 96.6, 97.2 y 98

Tabla 70 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 16

Número de datos:	706	Máximo:	94.4
Moda:	83.75	Mínimo:	70.8
Mediana:	83.3	Desviación Estándar:	4.64
Media:	82.95	Varianza:	21.6

Gráfico 52 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 16

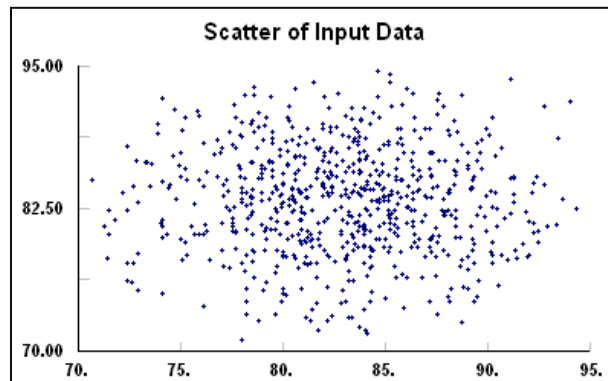


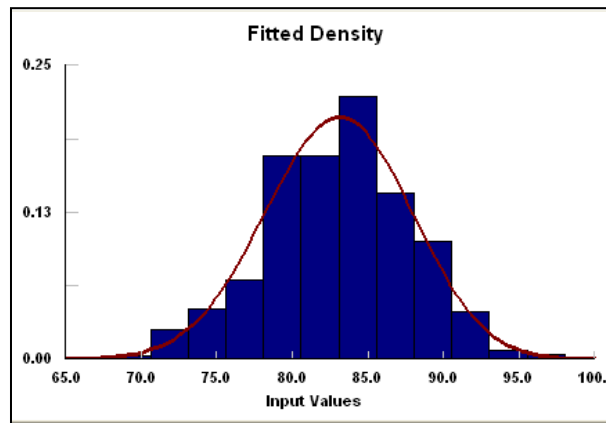
Tabla 71 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 16

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.8475	Aprueba
Puntos de giro	0.2679	Aprueba

Tabla 72 Pruebas de Bondad Línea 16

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	0.779	0.949
Weibull	0.727	0.835
Normal	0.578	0.917

Gráfico 53 Distribución elegida Stat-Fit Línea 16: Beta

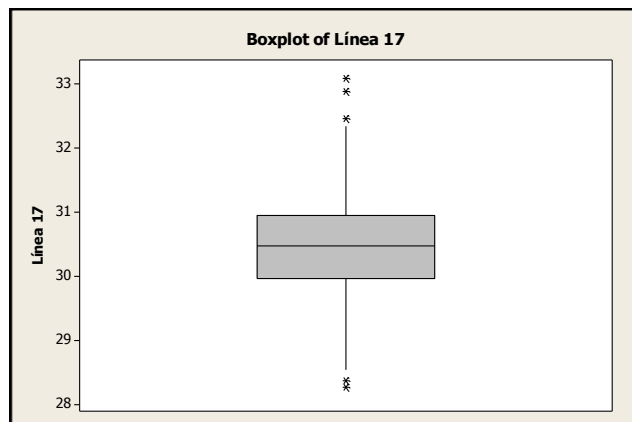


Anexo Q. Línea 17

Tabla 73 Datos Originales Línea 17

28.38	30.00	28.95	30.79	29.90	30.56	30.40	31.03	30.53	30.55	30.63	30.48
31.03	31.26	30.99	30.58	28.28	31.93	30.40	31.19	29.97	29.94	30.50	29.97
30.42	28.54	30.98	31.95	30.72	31.70	30.36	30.54	30.93	29.99	32.14	31.46
30.24	29.51	30.20	29.94	30.76	29.61	29.50	29.98	29.96	30.91	30.92	31.13
30.29	30.95	30.15	30.56	30.89	31.61	29.60	30.03	30.87	30.35	30.54	30.61
31.28	30.00	29.85	30.49	31.05	31.05	30.92	30.19	30.36	29.62	29.84	31.08
28.63	31.02	30.45	29.43	30.43	29.58	29.61	30.75	31.55	31.39	31.65	29.99
30.29	30.86	30.58	30.17	29.84	30.46	30.99	29.61	30.00	31.50	30.22	31.21
31.69	31.81	30.49	30.33	29.52	29.87	31.19	31.12	30.14	29.93	28.89	30.04
30.49	32.89	30.36	30.40	30.00	30.65	31.00	30.20	30.98	29.69	30.11	29.93
29.17	30.47	28.77	31.50	31.42	30.29	30.86	30.39	30.07	30.28	30.64	30.64
31.51	31.26	29.73	30.35	29.95	31.53	30.76	29.63	29.92	30.91	29.40	30.80
30.76	31.01	29.81	29.78	31.11	33.09	29.38	30.38	29.48	30.09	29.66	31.03
30.81	30.81	30.71	30.48	29.26	31.18	30.30	28.81	29.38	30.99	30.09	30.23
30.64	29.64	30.62	30.24	30.88	31.03	29.19	30.61	32.28	30.93	31.32	30.42
31.07	30.83	30.90	30.94	30.61	28.64	29.29	30.31	32.47	30.66	29.54	31.53
29.46	30.91	31.58	29.80	30.52	31.63	30.67	30.86	29.71	30.60	30.84	
30.38	30.19	29.59	29.16	31.03	30.18	31.14	31.22	31.56	29.86	30.58	
30.81	30.46	30.12	30.55	30.35	29.40	29.88	31.13	30.38	32.05	30.76	
32.34	29.83	30.31	30.80	30.67	31.52	30.10	30.51	30.34	29.67	30.45	
30.41	29.20	29.65	29.40	31.75	30.77	31.22	30.58	30.58	30.39	31.37	

Gráfico 54 Boxplot Minitab Línea 17



Datos atípicos: 28.3, 28.4, 32.5, 32.9 y 33.1

Tabla 74 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 17

Número de datos:	242	Máximo:	32.3
Moda:	30.45	Mínimo:	28.5
Mediana:	30.5	Desviación Estándar:	0.71
Media:	30.46	Varianza:	0.51

Gráfico 55 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 17

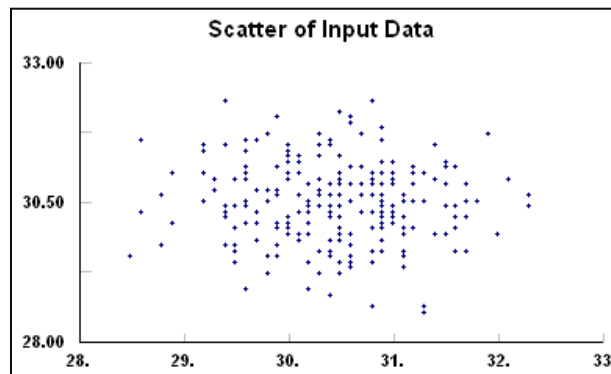


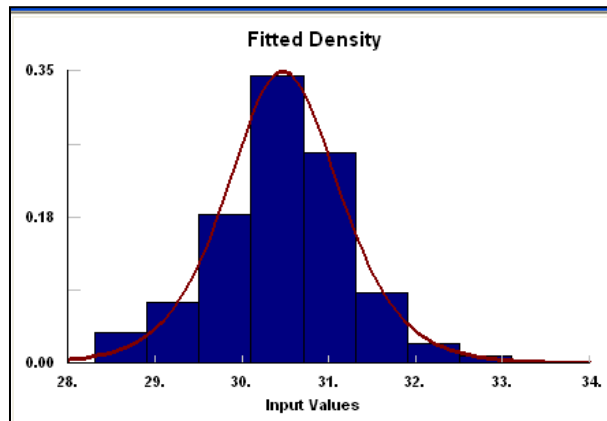
Tabla 75 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 17

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.9488	Aprueba
Puntos de giro	9.9021e-002	Aprueba

Tabla 76 Pruebas de Bondad Línea 17

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
LogLogistic	0.552	0.805
Logistic	0.503	0.82
Normal	0.328	0.591

Gráfico 56 Distribución elegida Stat-Fit Línea 17: LogLogistic

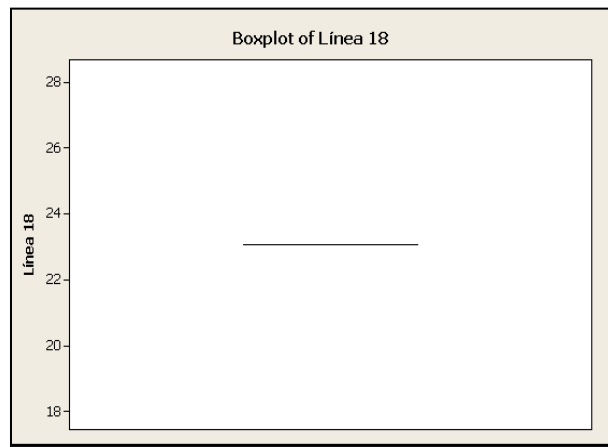


Anexo R. Línea 18

Tabla 77 Datos Originales Línea 18

23,1
23,1
23,1
23,1
23,1
23,1

Gráfico 57 Boxplot Minitab Línea 18



Datos atípicos: No presenta datos atípicos.

Tabla 78 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Línea 18

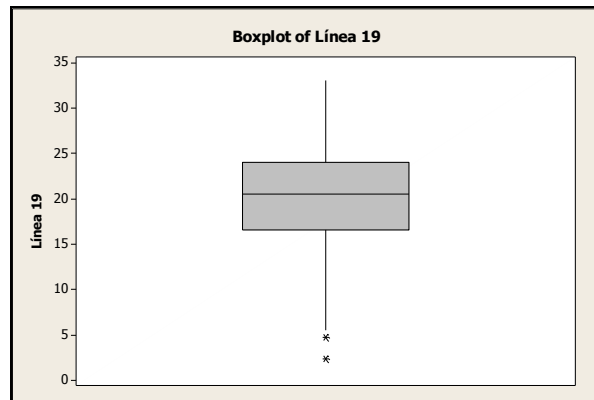
Número de datos:	6	Máximo:	23.0769
Moda:	23.1	Mínimo:	23.0769
Mediana:	23.0769	Desviación Estándar:	0
Media:	23.1	Varianza:	0

Anexo S. Línea 19

Tabla 79 Datos Originales Línea 19

5.50	17.52	14.03	21.69	7.62	12.18	14.80	15.93	26.94	26.38	20.47
14.74	19.33	15.42	31.09	19.91	17.97	7.45	29.66	24.42	29.41	27.84
24.87	22.63	17.99	22.87	20.72	25.87	13.90	26.11	14.33	15.74	16.83
13.02	18.72	22.04	19.06	23.76	16.82	23.04	18.43	25.43	18.12	14.93
32.50	17.86	18.31	16.30	21.62	19.47	25.53	19.58	23.38	28.62	24.09
14.78	21.76	26.14	19.13	11.74	18.04	26.60	11.00	26.52	19.77	19.77
22.43	11.00	15.45	26.51	24.98	26.90	14.71	20.05	22.72	13.12	25.13
21.94	22.17	23.35	13.67	19.92	15.54	20.73	7.67	24.18	23.66	20.87
26.04	21.97	15.47	27.86	18.69	7.54	18.52	31.25	21.78	19.20	11.92
13.89	19.69	19.04	22.99	27.49	19.26	21.67	21.18	18.62	17.93	25.13
13.65	14.80	24.08	13.04	17.73	17.43	22.45	22.27	24.89	17.94	17.84
26.05	20.28	20.53	26.30	20.46	17.39	24.34	24.06	12.50	6.64	2.31
15.02	29.17	16.52	8.78	12.24	22.29	17.69	24.25	14.26	12.94	9.59
21.09	16.97	16.86	23.89	17.25	20.97	18.71	30.65	23.65	10.83	28.15
24.11	16.39	28.26	19.72	24.86	16.28	23.90	19.17	17.52	28.79	22.81
18.98	21.19	21.81	23.03	30.31	20.97	21.57	20.10	17.52	17.30	27.18
20.64	17.86	15.90	20.70	22.34	23.11	19.91	33.03	26.67	16.63	12.55
16.27	22.93	22.66	29.95	21.40	25.69	16.99	25.63	12.69	11.15	24.70
27.65	16.29	20.53	22.20	24.52	28.74	16.66	20.12	15.90	16.75	22.06
15.93	22.66	24.99	13.98	19.84	25.02	11.48	21.95	26.62	23.19	17.32
25.75	25.45	27.76	20.23	16.33	16.55	22.98	6.72	23.38	25.47	18.14
11.91	19.15	25.67	18.53	15.02	24.15	19.43	12.03	20.64	23.28	16.09
20.45	13.08	19.11	6.51	21.78	18.38	29.88	21.89	20.88	19.08	25.49
4.69	22.81	30.21	24.41	20.55	24.09	26.24	22.58	17.69	20.36	24.07
16.46	16.07	13.09	29.60	16.27	17.08	17.12	20.93	22.56	21.11	21.20
13.42	23.55	19.78	24.75	18.99	18.05	21.00	15.57	26.78	15.34	23.94
21.80	26.95	21.75	22.12	31.21	22.56	26.77	29.96	15.52	13.31	23.12
21.46	23.12	12.53	14.08	21.92	24.19	24.27	24.54	20.65	21.63	25.97
25.89	18.59	8.51	23.45	8.43	20.50	22.80	28.15	15.66	20.19	18.62
23.29	21.40	12.88	18.06	16.02	20.40	13.99	23.30	18.72	15.08	20.38

Gráfico 58 Boxplot Minitab Línea 19



Datos atípicos: 2.3 y 4.7

Tabla 80 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Línea 19

Número de datos:	330	Máximo:	33
Moda:	22.25	Mínimo:	2.3
Mediana:	20.5	Desviación Estándar:	5.42
Media:	20.12	Varianza:	29.43

Gráfico 59 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 19

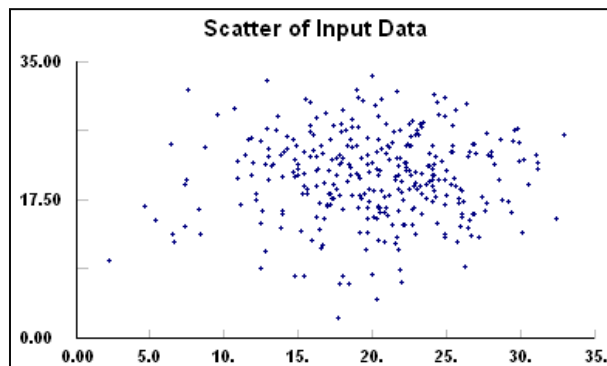


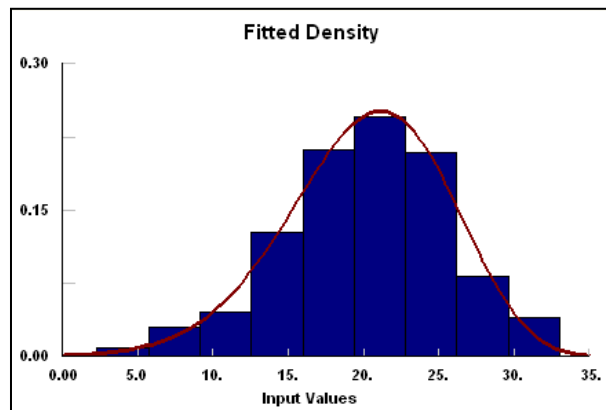
Tabla 81 Pruebas de Independencia Stat-Fit Línea 19

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.6547	Aprueba
Puntos de giro	0.5675	Aprueba

Tabla 82 Pruebas de Bondad Línea 19

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	1.	0.999
Weibull	0.999	0.996
Johnson	0.988	0.998

Gráfico 60 Distribución elegida Stat-Fi Línea 19t: Beta

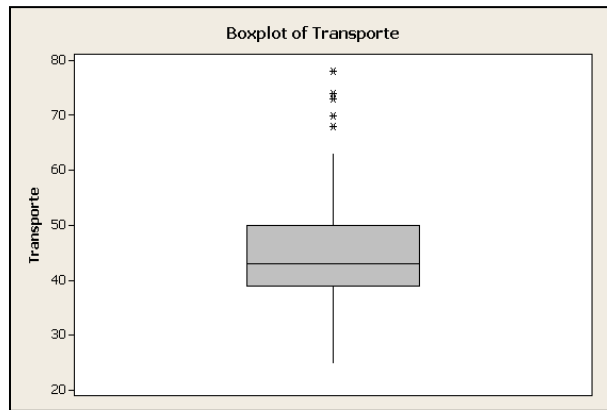


Anexo T. Transporte Dressings - COL Camiones 20

Tabla 83 Datos Originales Transporte Dressings - COL Camiones 20

42	44	50	40	40	48	50
50	49	38	40	45	40	35
34	41	48	45	38	49	40
55	37	45	28	55	46	42
40	55	47	48	48	40	25
40	63	48	62	49	50	35
40	35	35	41	40	53	55
41	31	70	43	36	39	45
40	34	40	38	50	45	37
40	56	40	60	48	50	45
43	60	45	47	35	60	45
29	45	35	50	42	60	60
40	44	32	48	59	45	35
50	32	55	40	38	52	45
38	78	40	41	40	50	46
41	50	45	50	40	55	49
43	50	45	45	35	40	50
41	73	45	33	62	45	43
60	38	43	51	35	42	39
45	44	43	42	36	41	47
45	43	40	40	51	42	50
48	55	43	42	30	45	31
58	74	48	35	43	35	48
50	39	50	47	38	35	35
58	39	60	47	68	40	60
50	33	40	49	50	37	40
49	56	55	40	40	35	35
48	56	30	38	34	35	
45	45	50	40	35	40	
25	47	36	35	35	35	

Gráfico 61 Boxplot Minitab Dressings - COL Camiones 20



Datos atípicos: 68, 70, 73, 74 Y 78.

Tabla 84 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20

Número de datos:	202	Máximo:	63
Moda:	40	Mínimo:	25
Mediana:	43	Desviación Estándar:	8.8629
Media:	44	Varianza:	78.5522

Gráfico 62 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20

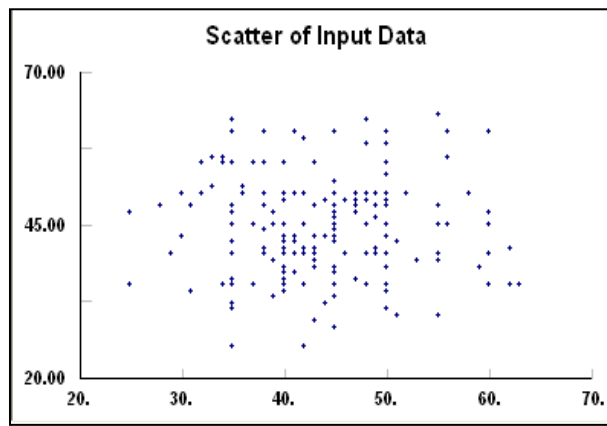


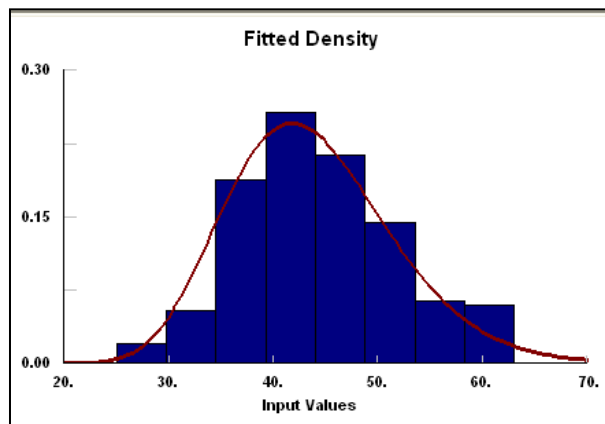
Tabla 85 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.129714	Aprueba
Puntos de giro	0.553687	Aprueba

Tabla 86 Pruebas de Bondad Dressings - COL Camiones 20

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Chi Squared	0.187	0.379
Pearson	0.187	0.37
Johnson	0.194	0.348

Gráfico 63 Distribución elegida Stat-Fit Dressings - COL Camiones 20: Chi Squared

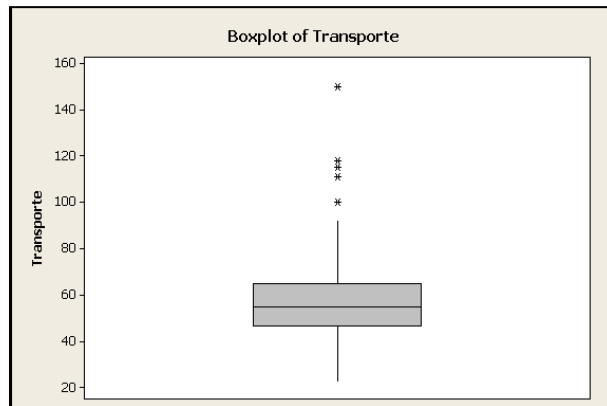


Anexo U. Transporte COL - Dressings Camiones 20

Tabla 87 Datos Originales Transporte COL - Dressings Camiones 20

50	50	68	40	52	58
57	60	62	50	65	63
56	90	55	78	70	60
53	92	52	55	60	47
50	75	56	70	47	71
55	57	50	65	48	80
60	100	59	35	45	73
45	55	23	50	55	75
40	55	45	52	60	43
80	72	150	40	75	56
45	35	85	42	115	
40	40	45	43	60	
50	50	62	65	45	
55	59	54	118	42	
55	44	76	85	51	
55	41	47	68	50	
57	60	45	65	36	
45	60	51	70	60	
50	60	51	85	67	
50	60	44	65	49	
59	45	45	62	68	
35	55	46	50	42	
36	53	63	90	65	
111	45	70	85	40	
64	50	65	61	67	
55	44	68	40	60	
65	71	60	50	62	
60	32	57	66	69	
49	58	40	55	44	

Gráfico 64 Boxplot Minitab COL - Dressings Camiones 20



Datos atípicos: 100, 111, 115, 118 y 150.

Tabla 88 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20

Número de datos:	150	Máximo:	92
Moda:	50	Mínimo:	23
Mediana:	55	Desviación Estándar:	17.0083
Media:	58	Varianza:	289.2825

Gráfico 65 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20

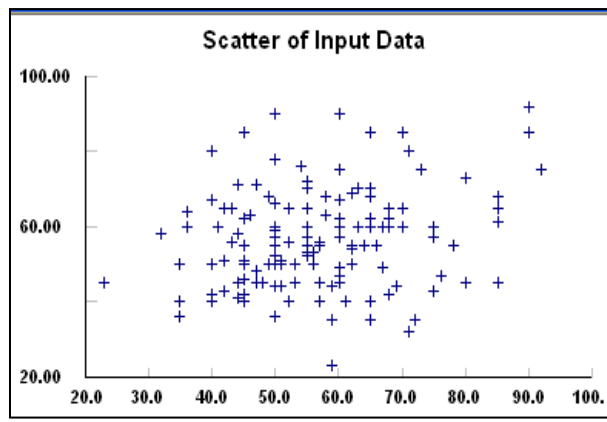


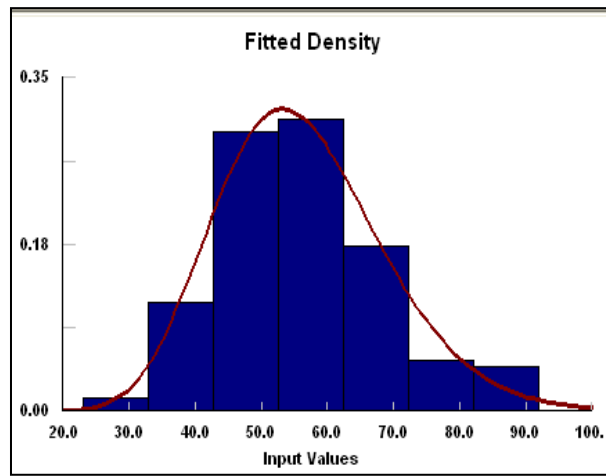
Tabla 89 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	9.10872e-002	Aprueba
Puntos de giro	5.1981e-002	Aprueba

Tabla 90 Pruebas de Bondad COL - Dressings Camiones 20

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Erlang	0.797	0.874
Lognormal	0.787	0.871
Gamma	0.781	0.87

Gráfico 66 Distribución elegida Stat-Fit COL - Dressings Camiones 20: Erlang



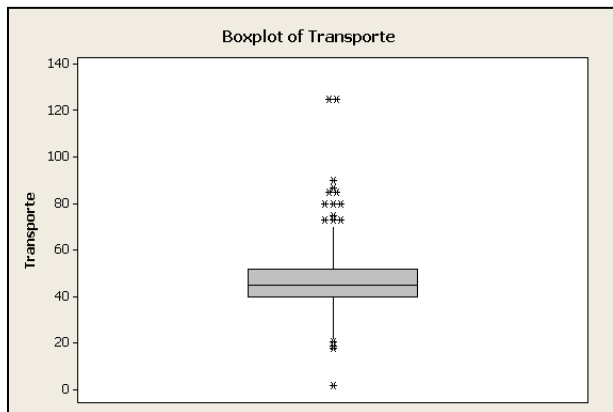
Anexo V. Transporte Dressings - COL Camiones 40

Tabla 91 Datos Originales Transporte Dressings - COL Camiones 40

35	50	45	40	53	39	31	39	64	60
40	42	50	39	42	50	40	40	47	45
42	40	42	52	35	67	73	60	60	65
30	45	43	45	47	70	37	40	65	42
65	57	47	52	35	40	51	55	43	45
51	62	60	60	37	40	50	54	43	48
30	40	52	50	87	85	43	50	35	65
42	40	50	50	40	32	36	55	80	45
40	59	51	60	42	33	36	37	65	50
48	50	40	68	37	50	35	38	35	44
48	45	45	52	66	46	50	50	45	39
50	49	45	50	42	29	60	40	46	40
40	42	46	47	44	50	55	35	43	60
40	46	60	45	56	45	45	50	49	75
40	51	55	50	46	55	40	45	66	48
60	44	55	61	42	44	40	57	55	40
63	44	37	37	49	35	40	42	51	30
55	40	50	40	39	38	45	49	60	40
45	47	50	45	45	30	37	80	58	40
43	39	40	58	66	41	44	50	50	45
48	59	30	59	55	41	38	35	53	39
40	38	41	56	73	39	43	41	55	39
34	30	58	47	37	45	43	48	63	42
35	47	60	37	52	19	55	50	50	43
37	36	35	45	39	45	38	53	45	45
38	46	35	50	55	41	55	45	50	42
45	40	36	49	40	40	60	50	55	125
55	58	48	47	48	33	40	50	63	45
40	55	48	40	21	45	42	51	48	
35	43	36	47	34	36	50	44	54	
35	50	55	51	44	33	42	55	60	
55	73	42	41	40	48	35	58	53	
58	55	40	47	37	38	45	41	40	
38	44	50	42	90	55	40	45	41	
46	60	70	51	40	62	40	39	50	
38	60	45	35	35	51	50	40	53	

44	50	35	51	43	38	54	43	35	
50	52	2	50	40	38	49	61	30	
44	125	50	68	43	68	45	44	48	
44	47	40	45	36	50	43	53	48	
43	57	30	49	44	18	41	55	53	
51	44	58	38	50	22	62	70	51	
50	50	50	36	45	40	50	52	48	
39	58	53	47	46	30	24	65	59	
45	65	36	26	50	45	55	45	38	
45	55	50	37	39	36	85	30	54	
50	40	70	52	56	33	52	45	36	
53	35	45	47	48	40	35	49	44	
50	80	38	34	52	48	44	43	40	

Gráfico 67 Boxplot Minitab Dressings - COL Camiones 40



Datos atípicos: 125, 90, 87, 85, 80, 75, 73, 21, 19, 18 y 2

Tabla 92 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40

Número de datos:	452	Máximo:	70
Moda:	40	Mínimo:	22
Mediana:	45	Desviación Estándar:	8.7534
Media:	46.2588	Varianza:	76.6224

Gráfico 68 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40

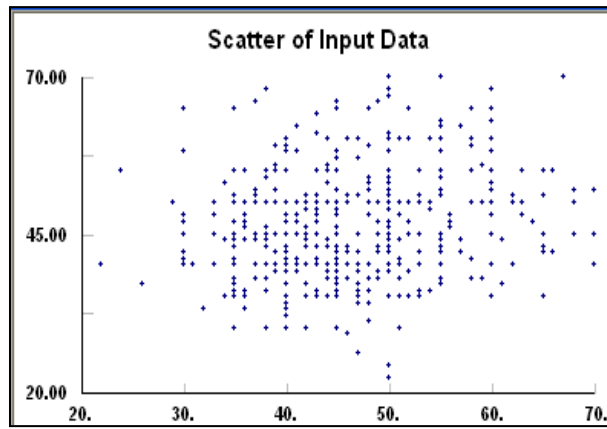


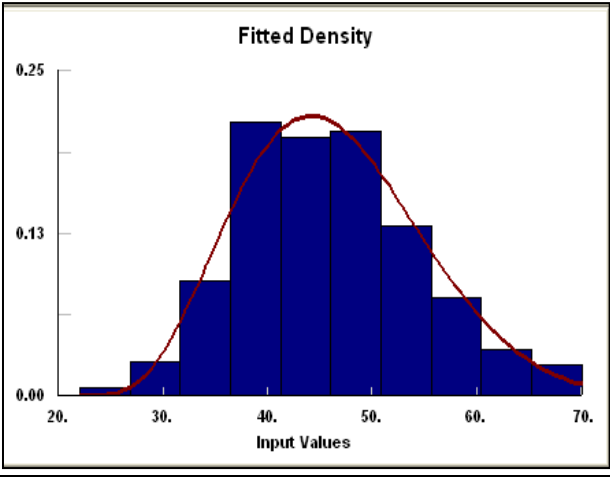
Tabla 93 Pruebas de Independencia Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	1.6761e-003	Rechaza
Puntos de giro	0.203118	Aprueba

Tabla 94 Pruebas de Bondad Dressings - COL Camiones 40

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	7.07e-002	0.243
Pearson	6.38e-002	0.229
Chi Squared	5.47e-002	0.265

Gráfico 69 Distribución elegida Stat-Fit Dressings - COL Camiones 40: Beta

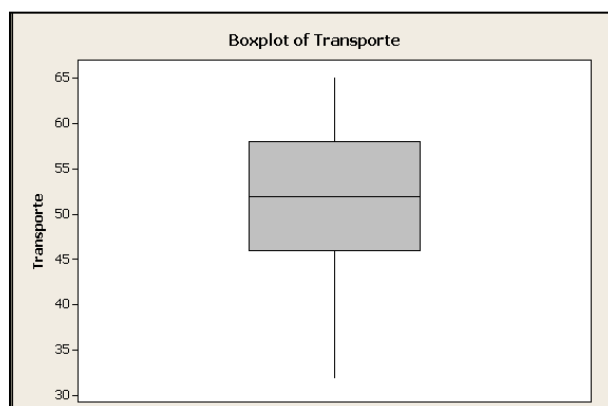


Anexo W. Transporte COL - Dressings Camiones 40

Tabla 95 Datos Originales Transporte COL - Dressings Camiones 40

60	65	55
55	52	65
50	60	53
46	40	50
55	32	43
50	45	58
40	55	60
40	50	50
55	50	60

Gráfico 70 Boxplot Minitab COL - Dressings Camiones 40



Datos atípicos: No presenta datos atípicos.

Tabla 96 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40

Número de datos:	27	Máximo:	65
Moda:	50	Mínimo:	32
Mediana:	52	Desviación Estándar:	8.0725
Media:	51.6296	Varianza:	65.1652

Gráfico 71 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40

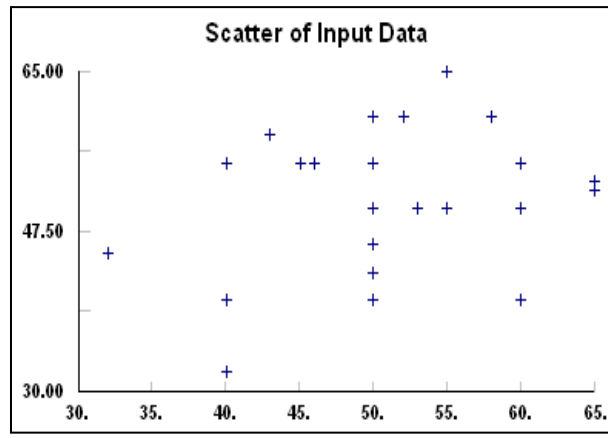


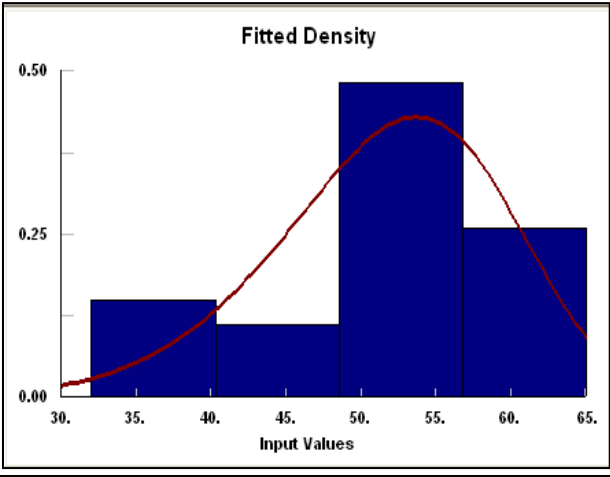
Tabla 97 Pruebas de Independencia Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.688921	Aprueba
Puntos de giro	0.100637	Aprueba

Tabla 98 Pruebas de Bondad COL - Dressings Camiones 40

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	0.731	0.899
LogLogistic	0.702	0.83
Extreme Value IB	0.648	0.827

Gráfico 72 Distribución elegida Stat-Fit COL - Dressings Camiones 40: Weibull

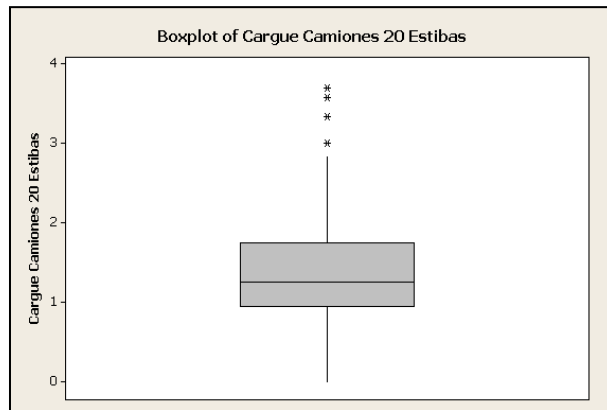


Anexo X. Cargue camiones de un piso COL

Tabla 99 Datos Originales Tiempo Cargue Camión 1 piso COL

1.25	0.00	1.33	1.50	1.23
3.68	1.67	1.25	1.88	2.13
1.39	1.25	1.25	2.50	1.67
1.56	1.00	1.18	0.94	0.79
2.15	2.50	1.67	0.67	0.75
2.14	1.39	1.76	1.42	1.84
0.88	1.11	2.19	2.19	2.50
1.50	0.71	1.15	0.46	0.63
0.75	1.00	1.16	1.19	0.94
1.50	2.50	1.56	1.25	1.10
1.05	1.25	1.15	1.25	0.95
0.50	1.15	1.67	1.25	1.82
1.56	2.50	1.12	2.50	1.75
1.58	1.06	0.82	1.88	1.25
1.00	2.82	1.88	0.94	1.00
1.50	1.25	1.00	1.06	0.94
2.27	1.50	0.75	1.39	1.18
1.25	1.25	1.00	2.50	0.87
2.31	2.19	2.81	0.94	2.27
1.25	2.75	3.00	0.63	1.39
1.75	2.14	1.65	2.50	2.75
1.00	1.39	0.89	1.50	1.25
0.59	1.79	2.31	0.50	1.00
1.81	1.30	1.05	0.50	1.25
1.18	1.88	0.94	0.83	0.70
1.25	1.47	1.32	0.94	3.33
1.22	0.75	1.50	0.75	0.89
0.94	0.75	1.00	0.75	2.00
1.56	0.94	1.24	1.54	1.00
1.05	1.13	1.09	1.65	0.94
0.75	0.85	3.57	0.63	1.67

Gráfico 73 Boxplot Minitab Cargue Camión 1 piso COL



Datos atípicos: 3, 3.33, 3.57 y 3.68

Tabla 100 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL

Número de datos:	150	Máximo:	2.82
Moda:	1.215	Mínimo:	0.46
Mediana:	1.25	Desviación Estándar:	0.6481
Media:	1.3753	Varianza:	0.4200

Gráfico 74 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL

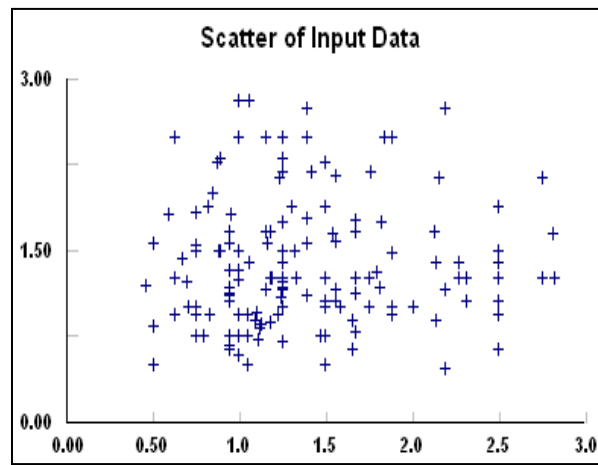


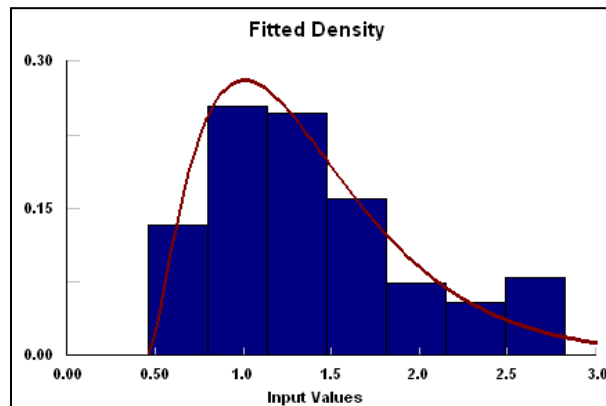
Tabla 101 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.302478	Aprueba
Puntos de giro	0.23107	Aprueba

Tabla 102 Pruebas de Bondad Cargue Camión 1 piso COL

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Pearson	0.361	0.641
LogLogistic	0.327	0.695
Inverse Gaussian	0.243	0.722

Gráfico 75 Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión 1 piso COL: Pearson

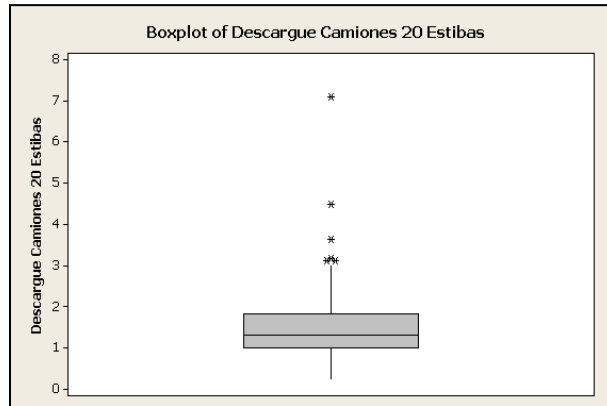


Anexo Y. Descargue camiones de un piso planta Dressings

Tabla 103 Datos Originales Tiempo Descargue Camión 1 piso Planta Dressings

1.25	2.00	1.67	1.25	1.54
2.11	0.92	1.56	1.38	1.38
0.89	1.25	2.83	2.00	1.50
1.88	1.25	0.65	1.56	1.32
1.92	1.31	0.67	1.00	1.10
2.14	2.22	1.00	0.79	1.05
0.94	1.42	2.81	2.19	1.25
1.00	1.43	1.10	1.54	1.63
1.00	0.50	2.00	1.25	1.13
1.50	0.90	2.69	1.50	0.25
1.84	0.88	1.40	1.88	1.58
1.75	1.38	1.67	0.90	1.36
2.94	1.00	0.59	0.85	2.50
1.84	2.81	7.09	2.38	0.94
3.00	1.47	0.94	0.63	2.30
4.50	1.25	1.15	1.50	1.88
1.82	1.00	1.15	1.11	0.59
1.30	0.94	1.10	2.31	0.80
1.15	1.56	1.88	2.50	3.64
0.63	0.80	1.67	1.05	0.83
1.75	1.43	1.76	1.19	1.35
0.75	1.11	1.32	1.00	1.00
0.82	1.43	2.81	0.55	2.00
0.44	0.75	1.40	1.00	0.94
0.88	2.81	1.44	1.00	0.50
1.25	1.82	1.58	2.19	0.80
1.11	0.50	2.50	1.50	0.53
1.25	1.45	1.00	0.65	2.25
3.13	1.75	0.88	1.15	1.32
1.16	0.75	3.18	1.15	1.25
0.50	1.15	1.43	3.13	1.13

Gráfico 76 Boxplot Minitab Descargue Camión 1 piso Planta Dressings



Datos atípicos: 3.13, 3.18, 3.64, 4.50 Y 7.09

Tabla 104 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings

Número de datos:	149	Máximo:	3
Moda:	0.94	Mínimo:	0.25
Mediana:	1.25	Desviación Estándar:	0.5923
Media:	1.3802	Varianza:	0.3508

Gráfico 77 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings

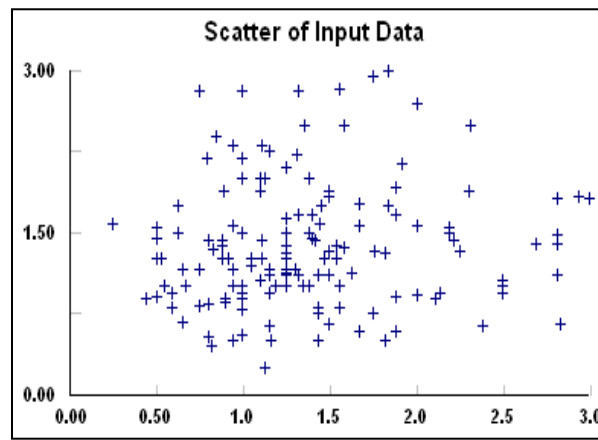


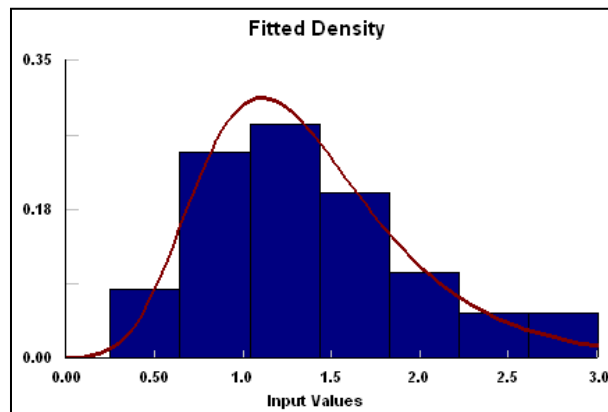
Tabla 105 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	5.32522e-002	Aprueba
Puntos de giro	0.642579	Aprueba

Tabla 106 Pruebas de Bondad Descargue Camión 1 piso Planta Dressings

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Extreme Value	0.949	0.971
Lognormal	0.974	0.953
Pearson	0.965	0.959

Gráfico 78 Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión 1 piso Planta Dressings: Extreme Value

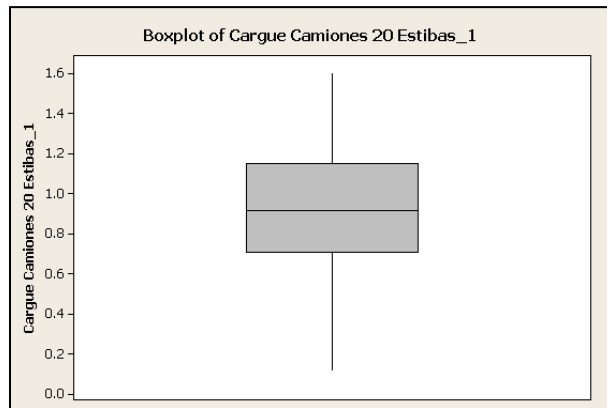


Anexo Z. Cargue camiones de un piso Planta Dressings

Tabla 107 Datos Originales Tiempo Cargue Camión 1 piso Planta Dressings

0.16	1.03	0.77	1.28	1.04	0.70	0.47	0.73
1.09	0.97	0.62	1.12	1.33	1.05	0.42	1.58
0.83	0.95	0.78	1.23	0.91	0.57	0.93	0.92
1.55	0.66	0.97	0.90	0.86	1.27	1.32	1.35
0.71	0.85	0.80	0.90	0.36	0.95	1.34	0.92
1.34	0.50	1.30	0.91	0.83	0.78	0.58	1.09
1.26	0.57	1.29	0.47	1.03	1.02	1.01	0.85
1.00	0.55	0.87	0.51	1.16	0.91	1.26	0.37
0.91	0.73	0.12	0.69	1.01	1.16	0.85	1.16
1.19	1.08	1.34	1.60	1.06	0.56	1.42	0.89
0.19	0.93	0.31	0.88	0.91	0.88	0.43	0.84
1.33	1.40	0.77	0.90	1.16	1.50	0.88	0.98
1.09	1.24	1.33	1.08	1.29	1.20	1.55	0.87
0.67	0.90	1.08	0.79	0.92	0.89	0.86	0.85
0.82	1.55	0.60	0.74	0.96	0.34	1.29	1.46
1.00	1.20	1.40	0.54	0.86	0.94	1.24	0.62
0.83	0.64	0.37	1.09	0.83	0.33	0.69	0.67
0.64	1.15	1.18	1.08	0.78	0.59	0.97	1.06
0.69	1.20	0.77	0.90	0.54	1.06	0.80	0.60
1.11	0.68	0.63	1.27	0.73	0.99	1.35	1.00
1.28	1.08	1.08	0.69	1.14	0.89	1.29	1.01
1.36	0.25	1.17	1.28	0.67	0.41	1.13	0.92
0.49	1.25	1.39	0.72	1.29	0.65	0.84	0.14
1.36	0.26	0.51	0.60	1.10	0.31	1.04	1.00
0.93	1.12	0.99	1.10	0.79	0.78	0.81	1.14
1.26	1.09	1.29	0.67	0.65	0.67	1.00	

Gráfico 79 Boxplot Minitab Cargue Camión 1 piso Planta Dressings



Datos atípicos: No presenta.

Tabla 108 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings

Número de datos:	207	Máximo:	1.6
Moda:	0.885	Mínimo:	0.12
Mediana:	0.92	Desviación Estándar:	0.3123
Media:	0.9226	Varianza:	9.75769e-002

Gráfico 80 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings

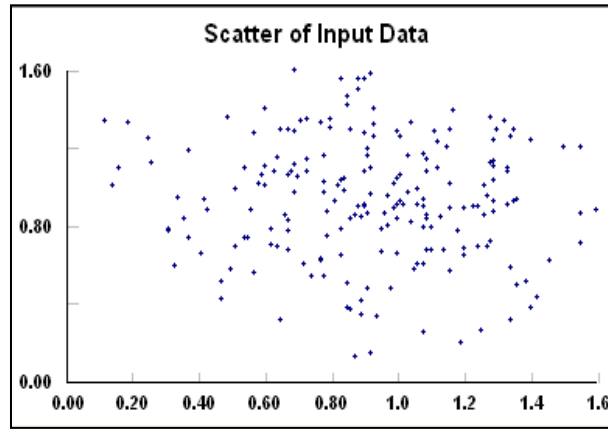


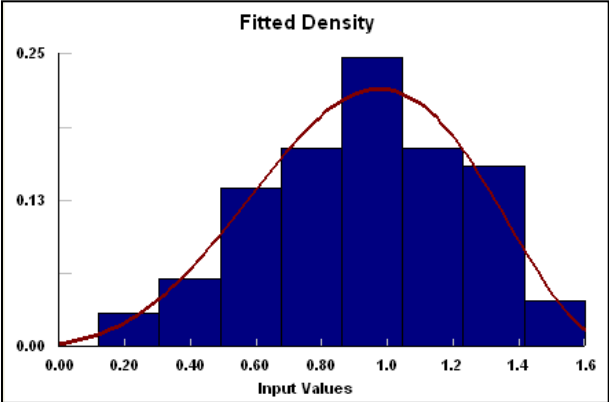
Tabla 109 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.181147	Aprueba
Puntos de giro	0.955771	Aprueba

Tabla 110 Pruebas de Bondad Cargue Camión 1 piso Planta Dressings

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	0.957	0.949
Weibull	0.873	0.966
Johnson	0.823	0.956

Gráfico 81 Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión 1 piso Planta Dressings:
Beta

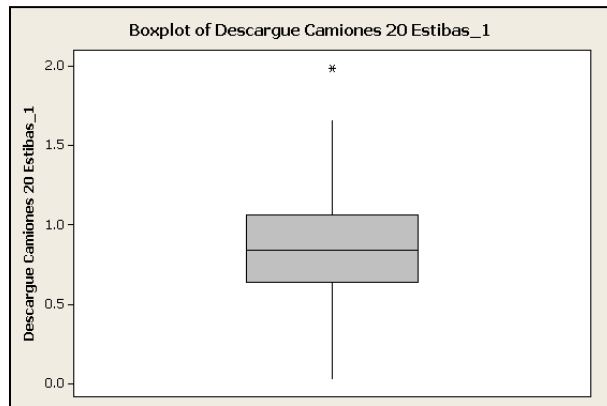


Anexo AA. Descargue camiones de un piso COL

Tabla 111 Datos Originales Tiempo Descargue Camión 1 piso COL

0.08	1.12	0.48	1.27	1.07	0.80	0.72
0.67	0.88	1.10	0.56	0.85	1.01	1.13
1.66	0.50	0.68	0.51	0.48	1.23	0.48
0.64	0.74	0.59	1.34	1.12	1.13	1.03
0.94	0.95	1.04	0.71	1.41	1.36	0.50
0.90	0.86	0.98	0.79	1.03	0.80	1.02
0.57	1.47	0.81	0.91	0.63	0.50	0.69
0.71	0.44	1.12	0.68	0.99	1.12	0.97
0.85	0.94	1.15	0.81	0.98	0.69	1.35
0.55	0.72	0.74	0.66	0.79	0.66	0.84
1.31	0.89	0.92	0.35	0.62	0.66	1.20
1.27	0.41	0.59	0.70	0.78	0.83	0.77
0.54	1.06	1.27	1.01	0.52	1.16	1.43
0.64	0.67	0.97	0.65	0.81	0.66	0.04
1.13	1.17	1.26	1.00	0.94	0.83	1.35
1.98	0.73	0.87	1.00	1.10	1.42	0.55
1.12	0.22	0.86	0.76	0.76	0.37	0.61
0.31	1.10	1.03	1.09	0.41	0.06	0.99
1.64	0.30	1.06	0.30	1.11	1.03	0.99
1.06	0.70	0.91	0.41	0.91	1.10	1.24
1.04	0.96	0.58	0.73	0.16	0.63	1.01
0.86	0.45	0.49	1.13	0.97	1.19	0.50
0.82	1.01	1.11	0.55	0.43	1.19	0.71
1.26	1.36	0.42	0.36	1.18	0.84	0.05
1.02	1.13	0.75	1.05	0.48	0.65	1.16
0.90	0.65	0.65	0.39	1.29	0.74	0.60
0.98	0.95	0.84	1.32	0.69	0.80	0.65
0.59	0.66	0.96	0.55	1.12	1.02	
0.53	0.36	0.76	0.96	0.72	1.14	
0.70	0.63	0.96	1.24	0.26	0.85	

Gráfico 82 Boxplot Minitab Descargue Camión 1 piso COL



Datos atípicos: 1.98

Tabla 112 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL

Número de datos:	206	Máximo:	1.66
Moda:	0.67	Mínimo:	4.e-002
Mediana:	0.84	Desviación Estándar:	0.309987
Media:	0.838447	Varianza:	9.60922e-002

Gráfico 83 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL

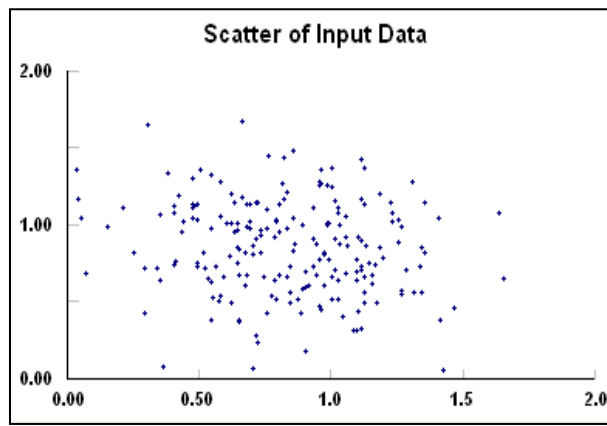


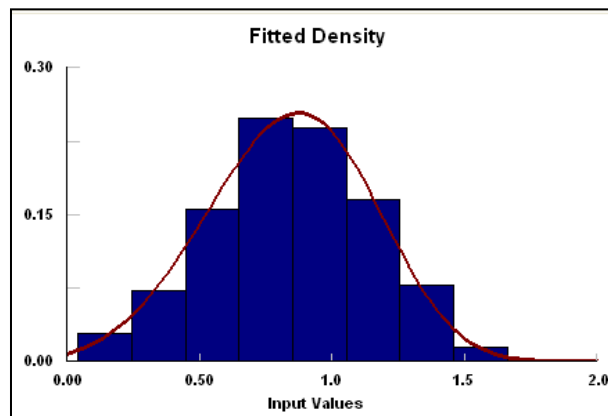
Tabla 113 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	7.85088e-002	Aprueba
Puntos de giro	0.779955	Aprueba

Tabla 114 Pruebas de Bondad Descargue Camión 1 piso COL

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Weibull	0.914	0.952
Beta	0.845	0.954
Normal	0.633	0.895

Gráfico 84 Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión 1 piso COL: Weibull

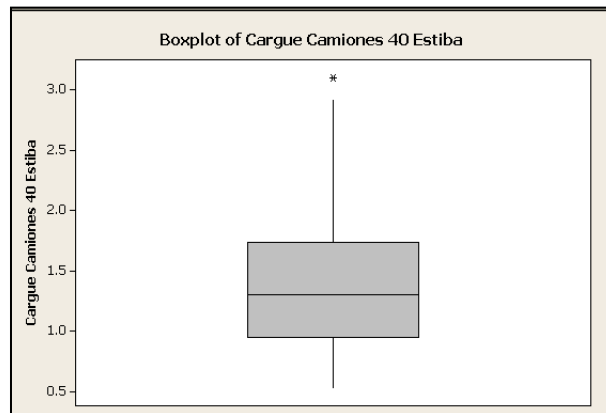


Anexo BB. Cargue camiones de doble piso COL

Tabla 115 Datos Originales Tiempo Cargue Camión doble piso COL

1.82	0.95	0.62
2.43	0.95	1.30
0.80	1.25	1.43
1.74	1.36	1.09
2.92	2.27	1.52
2.14	0.82	1.00
0.54	1.14	0.93
1.67	1.48	1.74
0.83	1.43	0.87
1.00	1.80	1.30
3.10	1.08	1.25
0.63	1.33	

Gráfico 85 Boxplot Minitab Cargue Camión doble piso COL



Datos atípicos: 3.10

Tabla 116 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL

Número de datos:	34	Máximo:	2.92
Moda:	0.9	Mínimo:	0.54
Mediana:	1.275	Desviación Estándar:	0.542916
Media:	1.33618	Varianza:	0.294758

Gráfico 86 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL

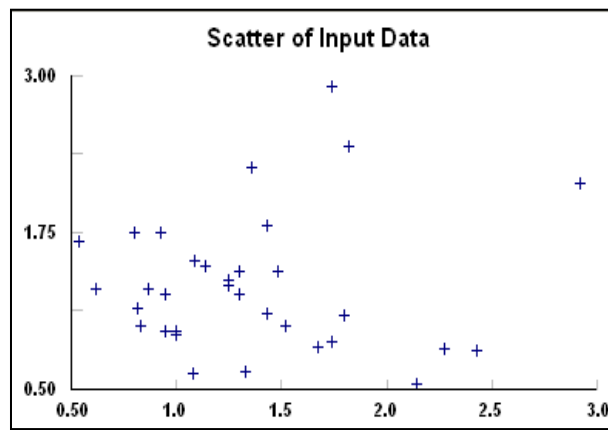


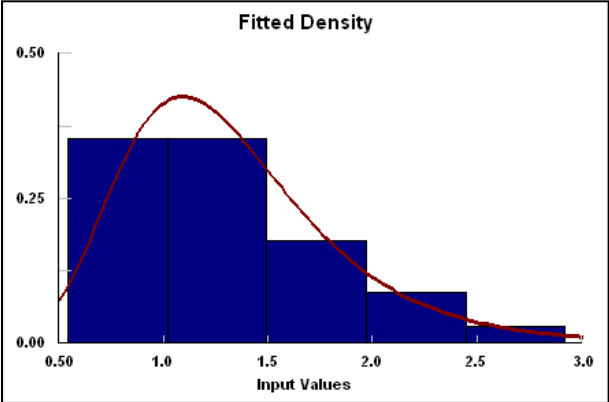
Tabla 117 Pruebas de Independencia Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.486034	Aprueba
Puntos de giro	0.571223	Aprueba

Tabla 118 Pruebas de Bondad Cargue Camión doble piso COL

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Extreme Value	0.285	0.125
Weibull	0.994	0.997
Erlang	0.992	0.998

Gráfico 87 Distribución elegida Stat-Fit Cargue Camión doble piso COL: Extreme Value



Anexo CC. Descargue camiones de doble piso planta Dressings

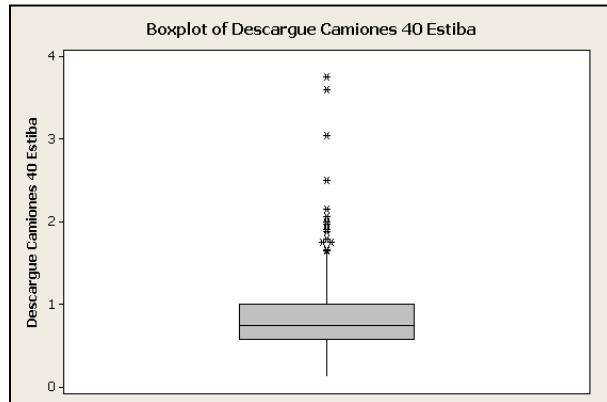
Tabla 119 Datos Originales Tiempo Descargue Camión doble piso Planta Dressings

0.91	0.93	0.42	0.43	0.57	3.04
0.71	0.91	1.18	1.03	0.63	0.69
1.00	0.41	1.00	0.75	0.26	0.68
0.63	3.75	0.57	0.63	0.58	0.70
0.83	0.52	0.93	0.54	0.38	0.57
0.56	0.74	1.18	0.65	0.88	0.57
1.18	1.00	0.56	0.44	0.54	0.50
0.90	0.50	0.83	0.68	0.79	1.43
0.47	0.88	1.18	0.38	0.38	0.75
0.88	2.00	0.50	0.96	0.88	0.50
0.83	0.91	0.43	0.75	0.55	0.42
0.80	0.88	1.75	0.54	0.63	0.75
1.03	0.63	1.03	0.75	0.68	0.48
0.67	0.50	0.58	0.67	0.81	0.81
0.88	0.91	0.48	0.81	0.63	0.80
0.80	0.54	0.88	0.74	0.75	0.56
0.51	0.75	1.13	1.00	0.35	1.67
0.53	0.71	0.63	0.63	0.75	0.89
0.43	0.38	1.18	0.79	1.00	0.54
0.52	1.00	0.88	0.75	0.48	0.96
0.63	1.18	0.39	0.46	0.50	1.25
1.06	0.88	0.48	0.39	0.63	0.67
0.93	0.57	0.83	0.61	0.63	0.63
0.56	0.50	2.06	0.74	0.43	0.87
0.42	1.18	0.48	0.63	0.33	0.83
0.43	0.88	0.63	0.65	0.95	0.38
0.88	0.39	0.82	0.47	0.39	0.75
0.83	1.11	0.88	0.48	1.32	0.71
0.14	0.48	1.14	0.29	0.27	0.57
0.83	1.25	0.47	0.40	0.75	0.69
1.24	0.74	1.18	0.44	0.83	0.88
0.79	0.68	1.25	0.52	0.33	1.11
1.13	0.73	0.67	0.75	0.73	0.88
0.68	0.45	0.88	0.83	0.23	0.38
0.69	0.75	1.00	0.85	0.82	0.79

0.73	0.44	1.18	2.15	1.30	0.75
0.45	1.05	0.36	0.46	0.46	0.80
1.11	0.83	0.56	1.13	1.00	1.00
0.54	1.08	0.63	1.00	0.33	0.92
1.41	0.88	1.00	0.96	1.25	0.71
0.88	0.49	0.88	1.25	0.75	0.50
0.63	3.60	0.63	0.88	0.71	0.85
1.11	1.00	0.63	0.93	1.00	1.03
1.38	1.58	0.48	0.88	0.88	0.95
0.26	0.62	0.63	0.88	1.04	0.38
0.36	0.67	0.63	0.56	1.13	1.13
0.64	0.95	0.63	1.00	0.38	0.71
0.63	0.90	1.08	0.50	0.71	1.00
1.55	0.46	1.10	1.00	1.00	0.80
0.83	0.71	0.52	0.68	1.65	1.10
0.86	1.79	0.93	0.63	1.25	1.05
0.50	0.38	1.00	0.75	0.88	0.83
2.50	0.64	0.40	0.30	1.07	1.08
1.03	0.71	1.17	1.19	1.88	0.57
0.46	0.75	0.96	0.75	1.00	0.91
0.68	0.58	0.88	1.13	1.13	0.54
0.31	1.32	1.00	0.63	0.80	1.08
0.58	0.88	0.48	0.54	0.72	0.75
1.18	0.83	0.54	0.63	0.63	0.63
0.46	1.05	0.63	0.63	0.45	0.68
0.75	0.38	0.89	0.78	0.68	1.00
0.75	0.83	1.08	1.00	1.25	0.85
0.94	0.50	0.55	0.88	0.83	0.49
0.96	1.00	0.46	0.48	1.00	0.71
1.33	0.75	0.63	1.25	0.80	1.08
0.63	0.83	1.03	0.63	0.75	0.75
0.73	1.13	1.08	1.05	1.10	0.88
1.64	0.90	0.63	0.83	0.63	0.65
1.32	1.98	0.98	0.88	1.00	0.88
1.04	0.43	0.73	1.00	0.83	1.91
1.03	1.46	0.63	0.93	1.04	0.88
0.66	1.20	0.75	0.62	0.63	0.58
1.00	1.00	0.88	0.88	0.63	0.45
0.65	0.88	1.11	0.75	0.54	0.43
0.48	1.18	1.75	0.43	0.88	0.63
1.08	0.63	0.75	0.60	0.50	0.37

1.00	0.67	0.60	1.13	0.42	
0.63	0.50	0.88	0.63	0.54	
0.88	0.70	0.63	0.54	0.68	

Gráfico 88 Boxplot Minitab Descargue Camión doble piso Planta Dressings



Datos atípicos: 1.65, 1.67, 1.75, 1.79, 1.88, 1.91, 1.98, 2.00, 2.06, 2.15, 2.50, 3.04, 3.60 y 3.75

Tabla 120 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings

Número de datos:	456	Máximo:	1.64
Moda:	0.64	Mínimo:	0.14
Mediana:	0.75	Desviación Estándar:	0.259816
Media:	0.766557	Varianza:	6.75044e-002

Gráfico 89 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso
Planta Dressings

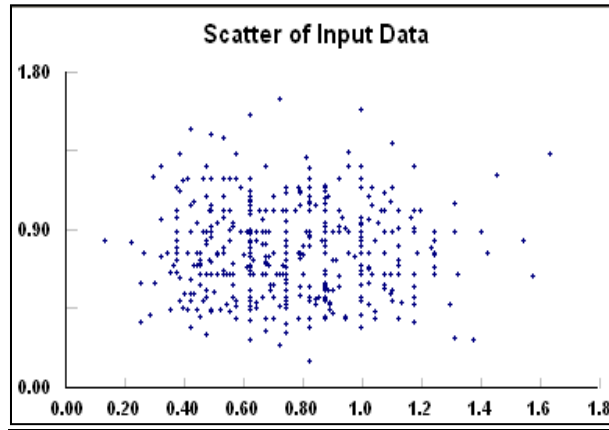


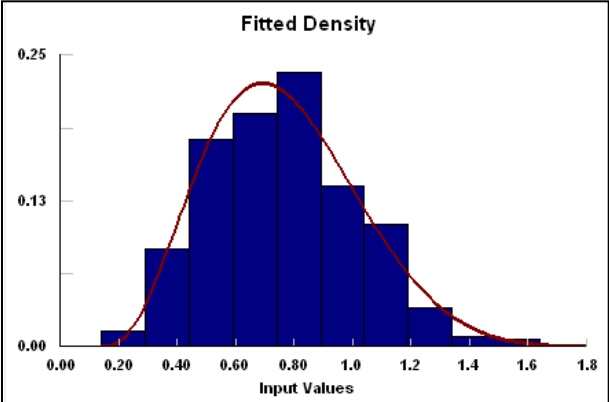
Tabla 121 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso
Planta Dressings

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.137334	Aprueba
Puntos de giro	0.970044	Aprueba

Tabla 122 Pruebas de Bondad Descargue Camión doble piso Planta Dressings

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Beta	0.135	0.484
Weibull	9.44e-002	0.403
Gamma	6.07e-002	0.257

Gráfico 90 Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión doble piso Planta Dressings: Beta



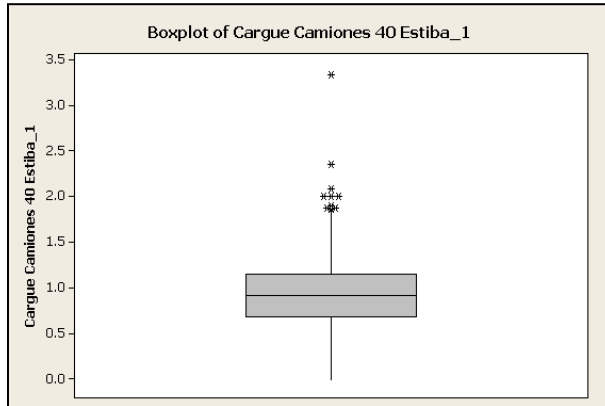
Anexo DD. Cargue camiones de doble piso Planta Dressings

Tabla 123 Datos Originales Tiempo Cargue Camión doble piso Planta Dressings

1.82	0.45	0.77	0.54	1.18	0.54	1.10	0.98	0.80
1.43	0.98	1.29	0.00	1.13	1.03	0.81	1.00	0.85
0.88	0.68	0.00	0.71	1.04	1.24	1.64	1.03	0.00
1.04	0.63	0.95	0.85	0.79	1.18	1.29	0.42	0.83
1.06	1.03	0.75	1.19	1.52	1.67	0.00	0.88	1.25
0.80	1.82	0.82	0.50	1.21	0.95	0.00	0.74	1.13
1.18	0.00	1.10	0.75	1.14	0.00	0.47	0.83	0.60
1.25	0.73	0.50	1.29	0.77	1.21	0.45	2.08	0.98
0.69	0.73	1.39	1.32	1.08	0.57	0.96	0.00	0.00
1.03	0.83	0.33	0.00	1.13	0.73	0.93	1.00	0.90
1.04	1.12	0.79	0.00	1.04	0.53	0.97	1.00	0.80
1.08	0.91	1.37	0.95	1.25	0.00	3.33	1.04	1.15
1.12	1.25	0.00	1.67	1.25	0.00	0.00	1.52	0.40
1.04	0.98	0.88	1.09	0.62	1.47	0.00	0.95	0.93
1.25	0.00	0.91	1.90	0.82	0.89	1.15	1.13	1.13
0.00	1.25	1.04	0.83	0.93	0.79	1.32	1.08	1.43
0.00	0.83	1.09	1.47	1.00	1.25	1.46	0.42	1.00
0.00	0.97	1.33	1.40	0.74	1.03	1.45	0.83	1.63
1.04	0.88	1.04	1.36	1.45	1.05	1.46	0.00	0.75
0.65	0.74	1.32	0.00	1.25	1.04	0.00	0.00	1.25
0.92	1.20	1.38	0.82	0.00	0.88	1.88	0.63	0.94
1.41	0.75	0.00	0.88	0.76	0.92	1.15	0.97	0.00
1.00	0.00	0.88	0.54	0.82	1.21	0.75	0.88	0.83
0.85	0.88	1.41	0.74	0.85	0.95	1.36	0.81	0.98
0.00	0.63	0.44	1.28	1.52	0.00	1.43	1.88	0.92
1.52	1.00	1.85	2.35	0.84	0.78	1.60	0.00	1.19
0.79	0.82	1.62	0.00	1.43	1.10	0.96	0.00	1.04
0.80	1.54	0.92	0.63	0.81	1.19	0.00	0.83	0.67
0.63	0.85	1.25	0.00	0.58	1.28	0.00	1.25	0.88
0.98	1.33	0.00	1.18	1.47	0.00	1.00	1.18	1.23
0.98	0.00	0.00	1.33	0.92	0.00	1.52	1.30	0.75
0.00	0.71	1.03	0.75	0.00	0.90	1.25	0.62	0.00
0.63	1.12	0.88	0.86	0.00	0.83	1.25	0.93	0.00
1.05	1.25	1.04	0.64	0.67	0.83	0.88	1.20	1.00
0.45	1.00	1.06	0.00	0.94	0.95	1.00	0.52	0.56
1.12	0.75	1.00	1.08	1.15	1.50	1.00	0.00	0.98

0.90	1.11	1.35	0.54	1.39	0.75	1.38	0.00	1.03
0.85	1.86	0.00	0.42	1.15	0.00	0.00	1.10	0.67
0.86	0.63	1.20	0.81	0.00	1.19	1.17	0.95	0.00
0.83	0.96	0.88	0.00	1.38	0.83	1.00	0.72	0.00
1.00	0.68	0.83	0.00	0.95	1.25	1.18	0.80	0.00
1.13	1.00	0.88	1.38	0.90	0.00	1.04	0.63	0.00
1.54	1.25	1.00	0.83	1.04	2.00	0.75	1.08	0.88
1.45	1.20	0.86	1.25	0.92	1.14	0.78	0.00	1.20
1.00	1.25	0.83	0.69	0.00	1.17	0.97	0.00	1.21
0.00	0.83	1.20	1.04	0.00	0.00	0.75	0.88	0.80
0.97	0.00	1.13	1.46	1.08	1.00	1.15	0.88	0.73
1.07	0.00	0.88	1.46	0.88	1.25	1.38	0.96	
0.85	0.52	2.00	0.00	1.03	1.04	1.13	1.75	
0.88	1.43	1.25	0.00	0.98	1.13	2.00	0.63	
0.00	0.00	1.05	0.95	0.85	1.13	1.75	0.75	
0.00	0.00	0.00	0.93	0.88	1.03	0.00	0.74	
0.59	0.96	1.35	0.70	0.80	0.95	0.75	1.55	

Gráfico 91 Boxplot Minitab Cargue Camión doble piso Planta Dressings



Datos atípicos: 1.86, 1.88, 1.90, 2.00, 2.08, 2.35 y 3.33

Tabla 124 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings

Número de datos:	385	Máximo:	1.85
Moda:	1.02	Mínimo:	0.33
Mediana:	0.98	Desviación Estándar:	0.279383
Media:	1.00857	Varianza:	7.8055e-002

Gráfico 92 Pruebas de Independencia Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings

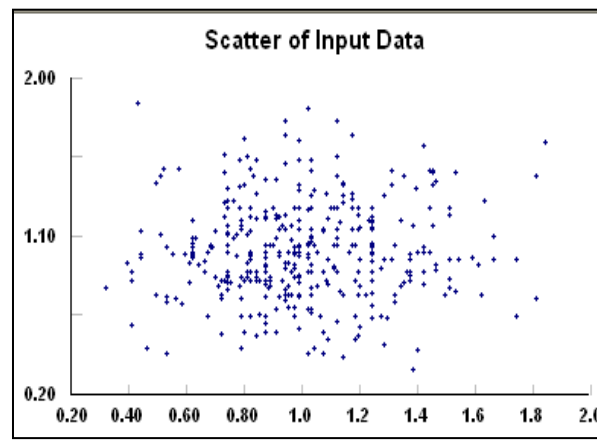


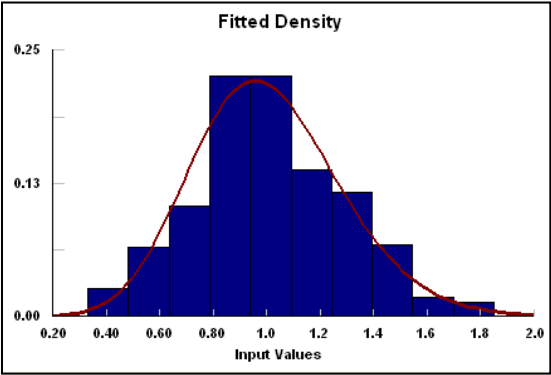
Tabla 125 Pruebas de Independencia Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.182055	Aprueba
Puntos de giro	0.837439	Aprueba

Tabla 126 Pruebas de Bondad Camión doble piso Planta Dressings

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
Pearson	0.352	0.771
Erlang	0.351	0.759
Lognormal	0.332	0.763

Gráfico 93 Distribución elegida Stat-Fit Camión doble piso Planta Dressings: Pearson

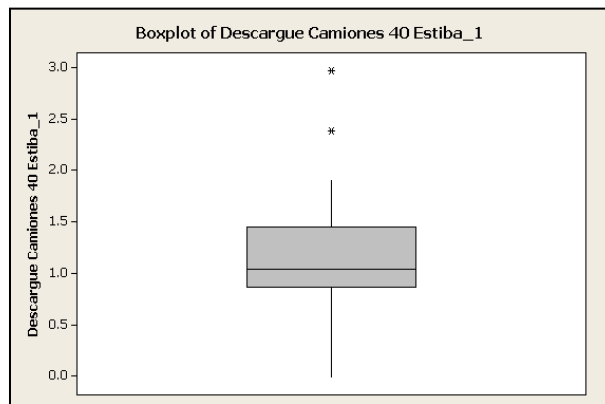


Anexo EE. Descargue camiones de doble piso COL

Tabla 127 Datos Originales Tiempo Descargue Camión doble piso COL

1.36	1.32	1.09	1.09
1.90	0.86	1.19	1.60
0.87	1.19	0.90	2.96
1.67	0.81	0.80	0.65
2.38	0.92	1.73	0.65
1.54	1.36	0.95	0.87
0.00	0.68	0.87	
1.88	0.91	0.95	
1.04	1.04	1.29	

Gráfico 94 Boxplot Minitab Descargue Camión doble piso COL



Datos atípicos: 2.38 y 2.96

Tabla 128 Estadística descriptiva de los datos posteriores al Boxplot Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL

Número de datos:	31	Máximo:	1.9
Moda:	0.91	Mínimo:	0.
Mediana:	1.04	Desviación Estándar:	0.407919
Media:	1.09613	Varianza:	0.166398

Gráfico 95 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL

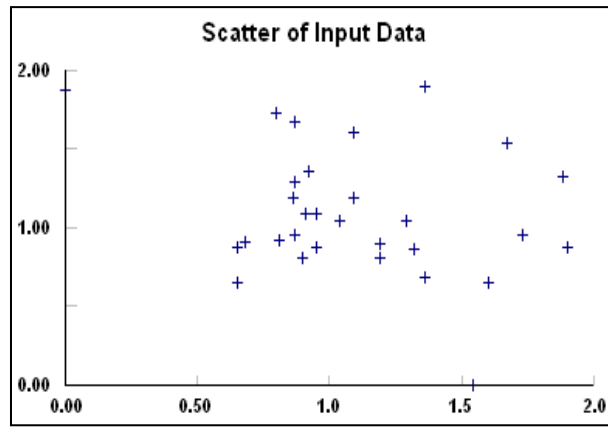


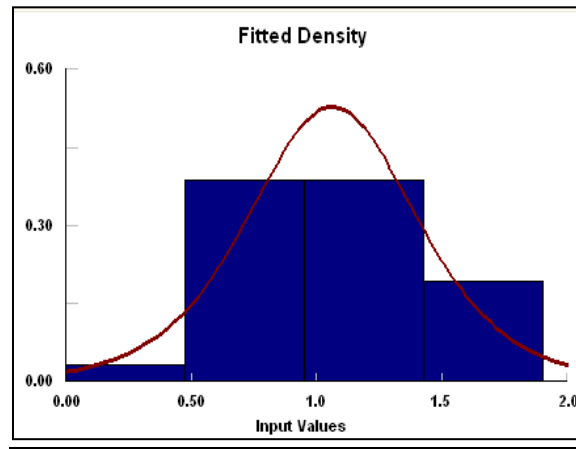
Tabla 129 Pruebas de Independencia Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL

Prueba de Corrida	P-value	Resultado (Aprueba o Rechaza)
Por encima y por debajo de la media	0.565604	Aprueba
Puntos de giro	0.362971	Aprueba

Tabla 130 Pruebas de Bondad Descargue Camión doble piso COL

Distribución	K-S p-value	A-D p-value
LogLogistic	0.826	0.668
Johnson	0.603	0.898
Pearson	0.751	0.667

Gráfico 96 Distribución elegida Stat-Fit Descargue Camión doble piso COL:
LogLogistic



Anexo FF. Hoja de vida Juliana Calvo Garcia



JULIANA CALVO GARCÍA

C.C. 1´130.585.129

Calle 7A No. 56 - 136

314-7726346

juli2086@hotmail.com



I. PERFIL PROFESIONAL

Estudiante de Ingeniería Industrial, con interés de trabajar en las áreas de Logística, Procesos y Procedimientos y Planeación de la Producción. Persona líder, dinámica, con habilidades para trabajar bajo presión, trabajo en equipo y orientación al logro.

II. FORMACIÓN ACADÉMICA

Universitaria:

Universidad Icesi – Ingeniería Industrial – X semestre

Reconocimientos Académicos:

Cuadro de Honor: VII y IX

Investigaciones y/o Publicaciones:

Proyecto de grado “Simulación de un evento discreto aplicada a una empresa multinacional XYZ en el sector de alimentos”, X semestre

Secundaria:

Colegio Alemán – Bachiller Académico, 2006

Idiomas:

Colegio Alemán y Universidad Icesi – Inglés nivel avanzado, 2007

Centro Cultural Colombo Americano – Inglés Intensivo, finalización Abril 2011

Sistemas:

Universidad Icesi, paquete Office Avanzado, **PROMODEL®**, Minitab, WinQSB, Solid Works, Rhinoceros y Excel Avanzado, 2010

III. SEMINARIOS Y CURSOS

- Encuentro Universitario De Ingenieros Industriales, EUDII XVIII “Operaciones Internacionales”, Mayo 2010.
- “Primera Convención Facultad De Ingeniería Y Arquitectura - Responsabilidad Social Empresarial”, Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales, Octubre 2009.

IV. EXPERIENCIA LABORAL

Empresa: Laboratorios Baxter S.A.

Mayo/2011 – Mayo/2012

Cargo: Practicante – BPE Assistant

Función principal: Realizar seguimiento a proyectos, brindar soporte metodológico a los líderes de los proyectos y a RMO (Results Management Office), crear una cultura de mejoramiento, posicionar el área de BPE (Business Process Excellence) y apoyar Lean Boot Camps (Refrigerios, Salas, Materiales, Logística, Temas).

Logros: Aprendí más sobre la filosofía Lean Six Sigma y trabajar bajo presión y cambios, adquirí habilidades de liderazgo, lo cual me permitió tener un excelente equipo de trabajo y buenos resultados.

Jefe inmediato: Juan Carlos Erazo

Teléfono: 3168343991

Empresa: Universidad Icesi

Enero/2011 – Mayo/2011

Cargo: Monitor Académico Creatividad Empresarial

Función principal: Corrección y evaluación de trabajos y reflexiones de los estudiantes. Capacitación en Excel para realizar análisis económicos.

Logros: Mejoré la capacidad para administrar mi tiempo de estudio y trabajo. Incrementé la habilidad de comunicarme con diferentes personas.

Adquirí la experiencia y las habilidades de docencia, logrando profundizar y estudiar más estos temas.

Jefe inmediato: Mequicedec Lozano

Teléfono: 3113766197

V. DATOS DE INTERÉS

Trabajos relevantes durante las materias:

- Calidad en los Sistemas de Producción “Proyecto final - Caramelos blandos con sabor a frutas Super – Colombina”, VIII semestre.
- Laboratorio de Procesos Estocásticos “Simulación de evento discreto aplicado a Funcáncer, una empresa del sector de servicios”, VII semestre.
- Análisis y Control de la Producción “Análisis de la Producción e Inventarios de la empresa Pollos Bucanero S.A.”, VI semestre.
- Resistencia de Materiales “Elaboración de papel ecológico a través de hojas de caña de azúcar”, VI semestre.
- Creatividad Empresarial: Competencia Empresarial “Hamsa”, IX semestre.
- Creatividad Empresarial: Generación de una Idea de negocio “Asesorías Integrales Cárnicas S.A.S”, IX semestre.

Participación en la organización de eventos:

- Encuentro Universitario De Ingenieros Industriales, EUDII XIX, Gerente del comité de Logística, IX Semestre.
- Icesi interactiva Ingeniería Industrial, Organizadora y guía a los estudiantes, VIII Semestre.

Deportes: Pilates, yoga y tenis de campo.



Juliana Calvo García

C.C. 1'130.585.129

Anexo GG. Hoja de vida Carlos Andrés Motta



CARLOS ANDRES MOTTA

c.c. 1130622238

Calle 12 No. 24-49

5545002 - 3188746017

carlosmottaparra@gmail.com



I. PERFIL PROFESIONAL

Ingeniero Industrial, con interés de trabajar en las áreas de Logística, Mejoramiento de Procesos, Calidad y Mercadeo.

Con habilidades de trabajo en equipo, adaptabilidad, responsabilidad, dinamismo y orientación al logro.

II. FORMACIÓN ACADÉMICA

Universitaria: Universidad Icesi, Ingeniería Industrial, X semestre

Reconocimientos Académicos: Cuadro de honor VIII semestre

Beca I semestre

Investigaciones y /o Publicaciones: Proyecto de grado “Simulación de un evento discreto aplicada a una empresa multinacional XYZ en el sector de alimentos”, X semestre

Secundaria: Colegio San Alberto Magno, Bachiller Académico, 2004

Idiomas: Taravella High Community School, Margate, Florida, Ingles nivel intermedio, 2010

Sistemas: Solid Works, **PROMODEL®**, Stat Fit, Excel, Word, Power Point, Visio, Minitab.

III. SEMINARIOS Y CURSOS

- IX Encuentro Universitario de Ingenieros Industriales EUDII, Ingeniería Verde: la respuesta de la industria a la problemática ambiental, Octubre 2010.
- XII Encuentro Universitario de Ingenieros Industriales EUDII, Logística Reversiva Empresarial: una práctica más que necesaria, Abril 2007.
- Bases y conocimiento sobre la aplicación de la metodología Lean Manufacturing enero a mayo 2010

IV. EXPERIENCIA LABORAL

Empresa: Banco de Occidente

Período: mayo 2009 – diciembre 2010

Cargo: Estudiante en Práctica

Función principal: construcción e implementación del Sistema de Atención al Consumidor Financiero.

Logros: mejoré mis conocimientos y habilidades en el mejoramiento de procesos de empresas de servicios y en el uso herramientas para monitoreo de procesos. Además, mejoré mis habilidades de trabajo en equipo coordinando la implementación de nuevos proyectos con diferentes áreas.

Jefe inmediato: Rodolfo Díaz Dominguez – Cristhian Millán Sabogal

Empresa: Tecnoaluminios de Colombia LTDA.

Período: enero 2009 – junio 2010

Cargo: Diseñador

Función principal: realizar planos de perfilaría de aluminio

Logros: mejoré mis conocimientos y habilidades en las herramientas usadas para este trabajo

Jefe inmediato: Henry Motta

Empresa: Sunex-Importaciones

Período: enero 2009 – junio 2010

Cargo: Diseñador

Función principal: realizar planos de perfilaría de aluminio

Logros: incrementé mis conocimientos y habilidades en las herramientas de diseño Solid Works y Rhinoceros.

Jefe inmediato: Luis Fernando Arias

V. DATOS DE INTERÉS

Trabajos relevantes durante las materias:

Calidad en los Sistemas de Producción, “gráficos de control, muestreo y control de calidad”, semestre VIII

Planeación y Control de la Producción, “Pronósticos, MPS, Políticas de Inventario y MRP”, semestre VII

Participación en la organización de eventos:

Encuentro Universitario de Ingenieros Industriales (EUDII versión XIX), Comité de logística, Octubre de 2010

Deportes: futbol, tenis de mesa.

Actividades Culturales: guitarra, actividades en iglesia.

Carlos Andrés Motta

Carlos Andrés Motta Parra

c.c. 1130622238