

Índice

Capítulo I: Introducción.....	1
1.1 Problemática.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General:.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos:	4
1.3 Resultados esperados.....	5
1.3.1 Modelo balance de líneas	5
1.3.2 Modelo determinación layout	6
1.3.3 Modelo de simulación.....	6
1.4 Contribución de la tesis	7
1.5 Estructura de la Tesis.....	8
Capítulo II: Etapas del proceso productivo.....	9
2.1 Descripción del proceso de embalaje de cereza fresca.....	10
2.2 Fronteras del proceso bajo estudio	18
Capítulo III: Marco Teórico	19
3.1 Cadena de valor	20
3.2 Balance de líneas	22
3.3 Distribución física de instalaciones	27
3.3.1 Definición.....	27
3.3.2 Tipos de Layout.....	28
3.3.3 Clasificación de métodos para calcular la distribución de instalaciones.....	30
3.3.4 Aplicaciones de modelos de layout a procesos empresariales.....	35
3.4 Simulación de sistemas.....	37
3.4.1 Definiciones	38
3.4.2 Tipos modelos de simulación	39
3.4.3 Ventajas y Desventajas de la simulación	40

3.4.4	Etapas de un proceso de simulación	42
3.4.5	Aplicaciones de modelos simulación a procesos agroindustriales	50
3.5	Métodos para la medición del trabajo	52
3.5.1	Método del estudio de tiempo	53
3.5.2	Enfoque a base de datos predeterminados	56
3.6	Estructura tesis	57
Capítulo IV: Determinación de las variables del proceso productivo		58
4.1	Producción de temporada	59
4.2	Tasa de procesamiento de la línea	60
4.3	Cantidad kilogramos de cerezas por caja	62
4.4	Calidad de la fruta	64
4.5	Calibre de la fruta	64
Capítulo V: Estudio de tiempo y capacidades en los procesos productivos de la cereza		67
5.1	Proceso de volcado	69
5.2	Proceso de separación de pedúnculos	70
5.3	Proceso de Calibrado	73
5.4	Tiempos de operación en las líneas de preselección, selección	76
5.5	Embalado	78
Capítulo VI: Propuesta de modelos para línea de embalado de cereza fresca.....		82
6.1	Modelo de balance de líneas	83
6.1.1	Definición de parámetros.....	85
6.1.2	Definición de variables de decisión	93
6.1.3	Modelo matemático propuesto	95
6.2	Modelo Layout	113
6.2.1	Definición de parámetros y variables	114
6.2.2	Formulación del modelo	115
6.3	Simulación	118

6.3.1	Definición del problema	119
6.3.2	Definición del sistema.....	119
6.3.3	Formulación del modelo conceptual.....	120
6.3.4	Preparación de entrada de datos	121
6.3.5	Traducción del modelo	126
6.3.6	Verificación	127
6.3.7	Validación	127
6.3.8	Experimentación.....	132
6.3.9	Análisis e interpretación	133
Capítulo VII: Caso de Aplicación		134
7.1	Resultados para capacidad de proceso de 125 cereza/segundo	135
7.2	Tiempos computacionales modelo balance línea	147
7.3	Tiempos computacionales modelo layout	148
7.4	Análisis de resultados.....	149
7.4.1	Modelo balance de líneas	149
7.4.2	Modelo layout	150
7.4.3	Modelo simulación.....	150
Capítulo VIII: Conclusión		151
8.1	Levantamiento de datos de equipos y procesos relevantes	152
8.2	Limitaciones del proceso	153
8.3	Diseño Modelo Balance Líneas.....	155
8.4	Modelo Layout	156
8.5	Diseño Modelo Simulación.....	157
8.6	Determinación de personal y equipos integrada	158
8.7	Investigaciones futuras.....	159
Referencias Bibliográficas		161
Anexo 1.	Balance de Líneas.....	166

Anexo 2.	Métodos Cuantitativos	167
Anexo 3.	Métodos cualitativos Layout	171
Anexo 4.	Enfoque a base de datos estándar elementales	172
Anexo 5.	Método de muestreo del trabajo.....	172
Anexo 6.	Tablas mtm.....	174
Anexo 7.	Resultados para capacidad de proceso 250 cereza/segundo	177
Anexo 8.	Resultados para capacidad proceso 500 cereza/segundo	188
Anexo 9.	Distribución empírica para calidad de fruta buena desde 95%	193
Anexo 10.	Distribución por calibre	194
Anexo 11.	Datos iniciales balance línea	198
Anexo 12.	Entrada datos modelo layout.....	200
Anexo 13.	Distribución Fruta	202
Anexo 14.	Prueba de normalidad de los datos 125 cereza/segundo.....	206
Anexo 15.	Simulación y réplicas escenario 125 cereza/segundo.	206
Anexo 16.	Prueba de normalidad de los datos piloto 250 cereza/segundo	207
Anexo 17.	Simulación y réplicas escenario 250 cereza/segundo.	207
Anexo 18.	Tabla T Student.....	208
Anexo 19.	Cuestionario	209
Anexo 20.	Cuestionario empresa 125 cereza/segundo	211
Anexo 21.	Cuestionario empresa 250 cereza/segundo	212
Anexo 22.	Datos calibres.....	214
Anexo 23.	Unidades de cereza por kilogramo.....	216
Anexo 24.	Módulo ExpertFit del software Flexsim	217

Glosario

A continuación se presenta un glosario que explica los términos que se utilizarán en la tesis.

- Ausencia de pedúnculo: Frutos que no presentan su pedúnculo.
- Calibre: Rango de diámetro por categoría establecido en mm. Se considera des-calibre a aquellos frutos cuyo diámetro es diferente respecto a la calidad rotulada en el envase.
- Cilindros divergentes: Dos cilindros de diámetro y largo establecido que instalados en forma paralela forman desde el extremo inicial cerrado, una abertura hasta extremo final, la cual se denomina divergencia. Al transitar la cereza entre los cilindros cae por medio de la gravedad a diversas líneas de transporte en función del calibre.
- Defectos: Corresponde a cualquier alteración de la fruta que afecta en forma notoria su presentación y/o calidad comestible. Se dividen en críticos y graves.
- Diagramas de flujo: Son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción.
- Equipo electrónico selección: Equipo que realiza la actividad de separar la fruta por medio de sensores electrónicos. Un equipo que realiza la actividad son los denominados ópticos.
- Frutos deformes: Aquellos frutos cuya forma escapa al tipo característico de la variedad. Se incluyen en este ítem los “frutos dobles” los cuales presentaron previo a su desarrollo alteraciones en la diferenciación floral, originando frutos unidos en su base. También se incluyen aquellos frutos con daño de granizo.
- Heridas abiertas: Herida fresca de aspecto húmedo y no cicatrizada que presentan la pulpa expuesta.
- Heridas cicatrizadas: Daño del tipo partiduras que se presentan cicatrizadas.
- Inmadurez: Fruta con falta de color de cubrimiento y cuyas mediciones de sólidos solubles arrojan valores inferiores a un rango establecido.
- Manchas: Alteración superficial de la coloración normal de la piel del fruto que no compromete la pulpa.
- Machucón: Daño producto de golpes o compresión del fruto, con deterioro de la pulpa, la cual se pardea y/o ablanda. En hombro o cualquier otra área del fruto.
- Pedúnculo: Raballo de una hoja, flor o fruto con el que se une al tallo.

- **Peso neto:** Peso de la fruta desembalada y se expresa en gramos.
- **Presencia de residuos:** Corresponde a la presencia en el fruto, en su totalidad o acumulado en algún sector, de depósitos visibles de polvo, pesticidas u otras materias extrañas que alteren su presentación.
- **Pitting:** Alteración fisiológica del fruto que se manifiesta como pequeñas depresiones pardas en la piel. Este desorden corresponde a un daño mecánico, producto de un manipulación inadecuado de la fruta desde la cosecha hasta transporte a embalaje.
- **Pudrición:** Alteración patológica del fruto causada principalmente por hongos.
- **Pulpa:** Parte blanda y carnosa de la fruta.
- **Refractómetro:** Instrumento óptico que se usa para saber el contenido en azúcares de la fruta.
- **Sobremadurez:** Corresponde a frutos en estado de madurez avanzada, que se caracterizan por presentar piel de color negro y opaco, textura blanda al tacto.
- **TTS:** Sistema de Armado de Toyota.
- **Tensión superficial:** Cantidad de energía necesaria para disminuir su superficie.
- **UM:** Unidades monetarias.
- **3000 kg/h:** Equivale a transformación de 125 cerezas/segundo, tomando como referencia que en promedio existen 150 cerezas en 1 kilogramo de fruta, dicho promedio se determina en la presente investigación.
- **6000 kg/h:** Equivale a transformación de 250 cerezas/segundo, tomando como referencia que en promedio existen 150 cerezas en 1 kilogramo de fruta, dicho promedio se determina en la presente investigación.
- **12000 kg/h:** Equivale a transformación de 500 cerezas/segundo, tomando como referencia que en promedio existen 150 cerezas en 1 kilogramo de fruta, dicho promedio se determina en la presente investigación.

TABLAS DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Variedad de colores	11
Ilustración 2.2 Defectos característicos.....	14
Ilustración 2.3 Calibres cereza	14
Ilustración 3.1 Diagrama de precedencia	23
Ilustración 3.2 Modelo Conceptual	43
Ilustración 3.3 Escenarios de modelación.....	44
Ilustración 6.1 Modelo conceptual.....	120
Ilustración 6.2 Gráfica modelo FlexSim.....	126

TABLAS

Tabla 2.1 Distribución de calibres	15
Tabla 2.2 Condiciones de almacenamiento	17
Tabla 3.1 Resultados mejoras con modelo simulación.....	51
Tabla 3.2 Distribución normal acumulada	55
Tabla 4.1 Distribución kilogramos cereza por caja	62
Tabla 4.2 Resumen de los datos de peso de la fruta por caja.....	63
Tabla 4.3 Distribución peso calibre	63
Tabla 4.4 Distribución calibre y color cereza.....	64
Tabla 4.5 Relación peso calibre	65
Tabla 5.1 Capacidad de proceso volcadores	69
Tabla 5.2 Volcadores ingresados al modelo balance línea.....	70
Tabla 5.3 Muestras iniciales separador pedúnculos	71
Tabla 5.4 Resumen del proceso de cuerpo de sierra	72
Tabla 5.5 Parámetros separador pedúnculos ingresados al modelo balance línea	72

Tabla 5.6 Muestras iniciales cilindros divergentes	73
Tabla 5.7 Resumen del proceso de cilindros divergentes	74
Tabla 5.8 Detalle calibrador manual.....	74
Tabla 5.9 Parámetros de equipos electrónicos ingresados al modelo balance línea	75
Tabla 5.10 Muestras iniciales para preselección	76
Tabla 5.11 Tiempos operación línea preselección.....	77
Tabla 5.12 Muestras de prueba para el proceso de embalado.....	79
Tabla 5.13 Muestras iniciales	79
Tabla 5.14 Muestras totales de embalado	80
Tabla 6.1 Parámetros proceso volcado.....	86
Tabla 6.2 Parámetros proceso separación de pedúnculos.....	86
Tabla 6.3 Parámetros proceso preselección.....	88
Tabla 6.4 Parámetros proceso calibrado	89
Tabla 6.5 Parámetros proceso selección.....	90
Tabla 6.6 Tiempos operación preselección y selección.....	121
Tabla 6.7 Distribución datos calibre comercial.....	123
Tabla 6.8 Distribución roja clara	125
Tabla 6.9 Distribución color comercial	125
Tabla 6.10 Parámetros seleccionados para validar	127
Tabla 7.1 Parámetros iniciales modelo balance línea 125 cerezas/segundo	136
Tabla 7.2 Resumen modelo balance línea 125 cerezas/segundo.....	137
Tabla 7.3 Parámetros iniciales modelo layout 125 cerezas/segundo.....	140
Tabla 7.4 Parámetros entrada modelo layout 125 cerezas/segundo.....	141
Tabla 7.5 Resultados modelo layout 125 cerezas/segundo.....	141
Tabla 7.6 Muestra piloto validación 125 cereza/segundo.....	142
Tabla 7.7 Promedios corridas validación 125 cereza/segundo.....	143
Tabla 7.8 Resultados validación modelo 125 cereza/segundo.....	144

Tabla 7.9 Resultados validación cuestionario 125 cereza/segundo.	144
Tabla 7.10 Experimentación personal modelo 125 cereza/segundo.	145
Tabla 7.11 Resultados experimentación personal modelo 125 cereza/segundo.	146
Tabla 7.12 Criterio de selección modelo 125 cerezas/segundo	146
Tabla 7.13 Tiempos de cómputo modelo balance líneas.....	148
Tabla 7.14 Tiempos de cómputo modelo layout	148
Tabla 10.1 Modelos de heurísticas	167
Tabla 10.2 Parámetros iniciales modelo balance línea 250 cerezas/segundo.	177
Tabla 10.3 Resultados modelo balance línea 250 cerezas/segundo.	178
Tabla 10.4 Parámetros iniciales modelo layout 250 cereza/segundo.....	180
Tabla 10.5 Parámetros entrada modelo layout 250 cereza/segundo.	181
Tabla 10.6 Resultados modelo layout 250 cereza/segundo.	181
Tabla 10.7 Muestra piloto validación 250 cereza/segundo	182
Tabla 10.8 Promedios simulación validación 250 cereza/segundo	183
Tabla 10.9 Resultados validación modelo 250 cereza/segundo.....	184
Tabla 10.10 Resultados validación cuestionario modelo 250 cereza/segundo.	185
Tabla 10.11 Experimentación personal modelo 250 cereza/segundo.	186
Tabla 10.12 Resultados experimentación personal modelo 250 cereza/segundo.	186
Tabla 10.13 Parámetros iniciales modelo balance línea 500 cereza/segundo.....	188
Tabla 10.14 Resultados modelo balance línea 500 cereza/segundo	189
Tabla 10.15 Parámetros iniciales modelo layout 500 cereza/segundo.....	191
Tabla 10.16 Parámetros entrada modelo layout 500 cereza/segundo.	192
Tabla 10.17 Resultados modelo layout 500 cereza/segundo.	192

ECUACIONES GENERALES

(Ec.3.1)	23
(Ec.3.2)	24
(Ec.3.3)	32
(Ec.3.4)	32
(Ec.3.5)	32
(Ec.3.6)	32
(Ec.3.7)	33
(Ec.3.8)	33
(Ec.3.9)	33
(Ec.3.10)	33
(Ec.3.11)	33
(Ec.3.12)	34
(Ec.3.13)	34
(Ec. 3.14)	44
(Ec.3.15)	54
(Ec.3.16)	56
(Ec.3.17)	56
(Ec.3.18)	56
(Ec.4.1)	65
(Ec.5.1)	71
(Ec.5.2)	73
(Ec.5.3)	78
(Ec.5.4)	78
(Ec.5.5)	80
(Ec.5.6)	81
(Ec.6.1)	95

(Ec.6.2) 97

(Ec.6.3) 98

(Ec.6.4) 98

(Ec.6.5) 98

(Ec.6.6) 99

(Ec.6.7) 99

(Ec.6.8) 99

(Ec.6.9) 99

(Ec.6.10) 100

(Ec.6.11) 100

(Ec.6.12) 100

(Ec.6.13) 100

(Ec.6.14) 101

(Ec.6.15) 101

(Ec.6.16) 101

(Ec.6.17) 101

(Ec.6.18) 101

(Ec.6.19) 102

(Ec.6.20) 102

(Ec.6.21) 102

(Ec.6.22) 103

(Ec.6.23) 103

(Ec.6.24) 103

(Ec.6.25) 104

(Ec.6.26) 104

(Ec.6.27) 104

(Ec.6.28) 104

(Ec.6.29) 105

(Ec.6.30) 105

(Ec.6.31) 105

(Ec.6.32) 105

(Ec.6.33) 106

(Ec.6.34) 106

(Ec.6.35) 106

(Ec.6.36) 106

(Ec.6.37) 107

(Ec.6.38) 107

(Ec.6.39) 107

(Ec.6.40) 107

(Ec.6.41) 108

(Ec.6.42) 108

(Ec.6.43) 108

(Ec.6.44) 108

(Ec.6.45) 108

(Ec.6.46) 109

(Ec.6.47) 109

(Ec.6.48) 109

(Ec.6.49) 109

(Ec.6.50) 110

(Ec.6.51) 110

(Ec.6.52) 110

(Ec.6.53) 110

(Ec.6.54) 110

(Ec.6.55) 111

(Ec.6.56) 111

(Ec.6.57) 111

(Ec.6.58) 111

(Ec.6.59) 112

(Ec.6.60) 112

(Ec.6.61) 112

(Ec.6.62) 113

(Ec.6.63) 115

(Ec.6.64) 116

(Ec.6.65) 116

(Ec.6.66) 116

(Ec.6.67) 116

(Ec.6.68) 116

(Ec.6.69) 117

(Ec.6.70) 117

(Ec.6.71) 117

(Ec.6.72) 117

(Ec.6.73) 117

(Ec.6.74) 117

(Ec.6.75) 118

(Ec.6.76) 128

(Ec.6.77) 129

(Ec.6.78) 129

(Ec.6.79) 129

(Ec.6.80) 130

(Ec.10.1) 168

(Ec.10.2) 169

(Ec.10.3)	170
(Ec.10.4)	170
(Ec.10.5)	170
(Ec.10.6)	173
(Ec.10.7)	173