

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

PROYECTO DE MEJORAMIENTO

PROPUESTAS DE MEJORAS PARA DISMINUIR TIEMPOS
DE APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN CAMPOS DE
FRUTASOL, VERIFICADAS POR SIMULACIÓN

AUTORÍA:

RAQUEL ELIANA ARAYA BELTRÁN

PROFESOR GUÍA: EDUARDO ÁLVAREZ

CURICÓ - CHILE

AGOSTO 2018

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Curicó, 2019

A mi familia, especialmente a mi madre.

Agradecimientos

Primero que todo, agradecer enormemente a mi familia que estuvo siempre presente, principalmente mi madre, la que nunca dejó de estar preocupada de que estuviera bien y no me faltase nada, el amor recibido, la dedicación y paciencia con la que cada día se preocupó durante toda mi carrera.

Gracias a todos quienes fueron mis profesores, por haberme formado, ya sea de manera directa o indirecta, los que fueron responsables de realizar un pequeño aporte, que hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Y es donde quiero puntualizar con Jonathan, quien tuvo toda la disposición y disponibilidad para quitar todas esas dudas que nacieron en los momentos de desesperación en la realización de esta memoria, agradezco enormemente haber tenido la oportunidad de tener la ayuda de una persona y profesional como lo es él, quien a ninguna compañera ni compañero se negó a ayudar, siendo en mi caso, mucho más que un ayudante, sino que con todas sus letras, un verdadero profesor guía.

También quiero agradecer mucho el recibimiento de Frutasol, de todas y todos quienes trabajan en esta empresa, resalto por sobre todo el trato y disposición de todas las personas con la que me relacioné, donde siempre hubo una excelente intención de ayudarme en lo que fuese necesario. La calidad humana que hay en la empresa trabajada superó por creces lo que cualquier profesional desea en un trabajo, me sentí muy bien acogida y sin duda, inmensamente afortunada de poder haber realizado mi proyecto para optar a mi título, ya que un periodo que pudo haber sido muy estresante y aterrador, fue muy llevadero y alivianado, ya que los días trabajados durante 4 meses en la empresa pasaron muy rápido y daba gusto ir, aunque fuera a las 8 de la mañana. Me alegra enormemente que hayan apoyado todo este proceso, que es el proyecto cúlmine de mi carrera de Ingeniería Civil Industrial, sin toda la ayuda brindada, no podría haber resultado este proyecto.

Agradecer a todas esas personas que me dieron aliento en cada evaluación que tuve en la universidad, a todas y todos quienes me apoyaron y apostaron por mí y mis capacidades, sin duda fue que gracias a todas estas personas es que pude lograr este objetivo que me propuse hace 5 años y medio.

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto tiene como objetivo presentar propuestas de mejora para resolver las problemáticas en la aplicación de productos fitosanitarios en los campos de Frutasol, empresa que es Agrícola, Agroindustrial y Exportadora, ubicada en los Niches km 11 en Curicó, VII Región del Maule. El lugar de trabajo fue gracias al apoyo del departamento de Control y Gestión de la empresa y el proyecto fue aplicado en el sector agrícola de la empresa.

Ante el mal resultado de la fruta presentado en la cosecha de la temporada 2017-2018, la empresa decide dar solución mediante el estudio de la ubicación de nuevos cargaderos en los 6 campos que le pertenecen a Frutasol, que luego del diagnóstico realizado por la memorista, se detectó que además del problema que se tenía, existían otros factores, como el tiempo de carga de agua en las nebulizadoras, velocidad de los tractores en la aplicación y pérdida de tiempo en las calibraciones.

Teniendo en consideración lo complejo que es el proceso de aplicación de fitosanitarios en los campos, se decidió realizar el análisis mediante simulación por computadora con el *software* Arena, que consiste en la realización de pasos establecidos por la metodología de simulación.

Al ejecutar la simulación y analizar todos los procesos involucrados en las aplicaciones, queda en evidencia que hay tiempos con un alto valor, que no deberían tomar tanto tiempo en hacerse, y, además existía un proceso en particular que estaba restante, específicamente calibrar, el que quitaba mucho tiempo en el turno.

Dado lo anterior, se hicieron mejoras en los tiempos de carga de nebulizadoras, velocidad de los tractores en la aplicación, estandarización de boquillas y sectorización, lo que permitió obtener un resultado entre 43 y 60% en la disminución del tiempo total del proceso de aplicación.

Finalmente, la alternativa propuesta tiene un costo de \$81.327.687 con periodo de retorno de inversión de 3 años, lo que demuestra que pese a la gran inversión, el proyecto resulta ser viable, dado los ahorros en petróleo, productos fitosanitarios y la venta de fruta que no resultaría dañada con las adecuadas aplicaciones hechas a tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Lugar de aplicación.....	18
1.1.2 Misión de la empresa.....	19
1.1.3 Visión de la empresa	19
1.1.4 Estructura organizacional.....	20
1.1.5 Procesos.....	22
1.1.6 Participación y principales mercados.....	24
1.2 Descripción de la problemática.....	24
1.3 Objetivos del proyecto.....	25
1.3.1 Objetivo general.....	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
1.4 Resultados tangibles esperados.....	26
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN.....	28
2 Marco teórico.....	29
2.1 Estudio de tiempos de trabajo.....	29
2.1.1 Herramientas para el estudio de tiempos.....	29
2.1.2 Delimitación y cronometraje del trabajo.....	29
2.1.3 Cálculo del número de observaciones (tamaño de la muestra).....	30
2.1.4 Cronometraje de los elementos.....	33
2.2 Técnicas de muestreo aleatorio.....	33
2.2.1 Muestreo aleatorio simple.....	34

2.2.2 Muestreo aleatorio sistemático.....	35
2.2.3 Muestreo aleatorio estratificado.....	36
2.2.4 Muestreo aleatorio por conglomerados.....	36
2.3 Métodos de aplicación de fitosanitarios a huertos frutales.....	37
2.3.1 Pulverización.....	37
2.3.2 Aplicación en el riego localizado.....	39
2.3.3 Espolvoreo.....	40
2.3.4 Aplicación de gránulos.....	41
2.3.5 Aplicación localizada en cebos.....	41
2.3.6 Fumigación.....	42
2.4 Metodología de la simulación.....	42
2.4.1 Fases que comprende la simulación.....	42
2.5 Evaluación económica de proyectos.....	44
2.6 Metodología de solución.....	44
2.6.1 Diagnóstico de la situación actual.....	44
2.6.2 Evaluar posibles ubicaciones de cargaderos y estudiar nueva maquinaria.....	44
2.6.3 Evaluar cambios estructurales en el proceso de aplicación de fitosanitarios.....	45
2.6.4 Desarrollo de propuestas.....	45
2.6.5 Comparar resultados.....	45

2.6.6 Evaluar impacto.....	45
2.7 Carta Gantt.....	46
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	48
3 Diagnóstico de la empresa.....	49
3.1 Levantamiento de procesos en la aplicación de fitosanitarios.....	49
3.2 Situación actual de cada campo.....	53
3.2.1 Campo Cielito.....	54
3.2.2 Campo Carolita.....	57
3.2.3 Campo Ciprés.....	58
3.2.4 Campo Shangrilá.....	60
3.2.5 Campo San Luis.....	62
3.2.6 Campo Los Gualles y Meseta.....	65
3.3 Situación de las aplicaciones en general.....	68
CAPÍTULO 4: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	72
4 Estandarización de datos.....	73
4.1 Análisis de tiempos de los procesos dentro de la aplicación.....	73
4.2 Estimación de tiempos a partir de datos.....	76
CAPÍTULO 5: DESARROLLO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	77
5.1 Simulación de procesos.....	78
5.2 Formulación del problema.....	79
5.3 Definición del sistema.....	79
5.4 Formulación de la simulación.....	80
5.5 Colección de datos.....	81

5.6 Implementación de la simulación en el software.....	82
5.7 Verificación.....	83
5.8 Validación.....	84
5.8.1 Cálculo del número de simulaciones.....	84
5.9 Resultados de la simulación.....	86
CAPÍTULO 6: DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS.....	88
6.1 Modificaciones a generar en las aplicaciones de fitosanitarios y cargaderos en los campos.....	89
6.1.1 Modificaciones en el campo Cielito.....	89
6.1.2 Modificaciones en el campo Carolita.....	90
6.1.3 Modificaciones en el campo Ciprés.....	91
6.1.4 Modificaciones en el campo Shangrilá.....	92
6.1.5 Modificaciones en el campo San Luis.....	93
6.1.6 Modificaciones en el campo Los Gualles y Meseta.....	94
6.1.7 Modificaciones en la aplicación de fitosanitarios.....	95
6.2 Sectorización de las aplicaciones.....	96
6.2.1 Sectorización campo Cielito y Carolita.....	96
6.2.2 Sectorización campo Ciprés.....	97
6.2.3 Sectorización campo Shangrilá.....	98
6.2.4 Sectorización campo San Luis.....	99
6.2.5 Sectorización campo Los Gualles.....	99

6.3	Diseño de experimento.....	100
6.4	Experimentación.....	101
6.4.2	Escenario 1.....	102
6.4.3	Escenario 2.....	103
6.5	Comparación de resultados.....	107
CAPÍTULO 7: ESTUDIO DE MAQUINARIA.....		110
7	Descripción y selección de la maquinaria.....	111
7.1	Elección de criterios y sus ponderaciones.....	111
7.2	Tecnología en el proceso de aplicación.....	112
7.2.1	Tractor.....	112
7.2.2	Nebulizadora.....	115
CAPÍTULO 8: COSTOS DE SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y CARGA DE AGUA...120		
8.1	Instalación de cargaderos.....	121
8.2	Servicio de calibración de tractores.....	121
8.3	Servicio de carga de agua.....	121
8.4	Costos totales de servicios.....	122
CAPÍTULO 9: IMPACTO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....		124
9	Evaluación económica.....	125
9.1	Inversiones.....	125
9.2	Ahorros en la operación.....	125
9.3	Flujo de caja.....	127
9.3.1	Información relevante de la evaluación.....	128

9.3.2 Conclusiones de índices calculados.....	132
CONCLUSIONES.....	135
REFERENCIAS.....	137
ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: cálculo del número de observaciones.....	32
Tabla 2: resumen resultados de tiempos (min) situación actual.....	87
Tabla 3: tiempo (min) resultados simulación situación actual por cada campo.....	101
Tabla 4: tiempo (min) resultados simulación escenario 1 por cada campo.....	102
Tabla 5: tiempo (min) resultados simulación escenario 2 por cada campo.....	103
Tabla 6: comparación resultado de tiempo total(min) de situación actual y escenarios 1 y 2.....	107
Tabla 7: comparación resultado de tiempos(min) de aplicar en situación actual y escenarios 1 y 2.....	107
Tabla 8: comparación resultados de tiempos(min) de trasladar en situación actual y escenarios 1 y 2.....	108
Tabla 9: comparación resultados de tiempos(min) de cargar en situación actual y escenarios 1 y 2.....	108
Tabla 10: comparación resultados de tiempos(min) de calibrar en situación actual y escenarios 1 y 2.....	109
Tabla 11: análisis de importancia relativa de tractores.....	113

Tabla 12: características de los tractores.....	113
Tabla 13: características seleccionadas para elección de tractor.....	114
Tabla 14: matriz de puntajes tractores.....	114
Tabla 15: matriz de puntajes ponderados de tractores.....	115
Tabla 16: análisis de importancia relativa de nebulizadoras.....	116
Tabla 17: características de las nebulizadoras.....	117
Tabla 18: características seleccionadas para elección de la nebulizadora.....	118
Tabla 19: matriz de puntajes nebulizadoras.....	118
Tabla 20: matriz de puntajes ponderados de nebulizadoras.....	119
Tabla 21: costos asociados al proyecto.....	122
Tabla 22: datos para cálculo kg de venturia y lenticela.....	127
Tabla 23: cálculo valor total de pérdida de fruta por venturia y lenticela.....	127
Tabla 24: flujo de caja con inversión en maquinaria.....	133
Tabla 25: flujo de caja sin inversión de maquinaria.....	134

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS (Ilustraciones)

Ilustración 1: organigrama Frutasol.....	21
Ilustración 2: diagrama de procesos grupo Frutasol.....	22
Ilustración 3: período cosecha manzana.....	23

Ilustración 4: período cosecha pera.....	23
Ilustración 5: período cosecha kiwi.....	24
Ilustración 6: superficie cubierta con diferente diámetro de gota.....	38
Ilustración 7: características del tamaño de las gotas.....	39
Ilustración 8: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte I).....	46
Ilustración 9: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte II).....	46
Ilustración 10: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte III).....	47
Ilustración 11: Procedimiento de aplicación de fitosanitarios (parte I).....	50
Ilustración 12: Procedimiento de aplicación de fitosanitarios (parte II).....	51
Ilustración 13: cargadero 1 Cielito.....	55
Ilustración 14: cargadero 2 Cielito.....	55
Ilustración 15: proceso de aplicación fitosanitarios campo Cielito.....	56
Ilustración 16: cargadero Carolita.....	57
Ilustración 17: proceso de aplicación fitosanitarios campo Carolita.....	58
Ilustración 18: cargadero Ciprés.....	59
Ilustración 19: proceso de aplicación fitosanitarios campo Ciprés.....	60
Ilustración 20: cargadero Shangrilá.....	61
Ilustración 21: proceso de aplicación fitosanitarios campo Shangrilá.....	62
Ilustración 22: cargadero 1 San Luis.....	63

Ilustración 23: cargadero 2 San Luis.....	64
Ilustración 24: proceso de aplicación fitosanitarios campo San Luis.....	65
Ilustración 25: cargadero Los Gualles.....	66
Ilustración 26: cargadero La Meseta.....	67
Ilustración 27: proceso de aplicación fitosanitarios campo Los Gualles.....	68
Ilustración 28: simulación en Arena de la situación actual.....	83
Ilustración 29: propuesta ubicación de cargadero en Cielito.....	90
Ilustración 30: ubicación de cargadero en Carolita.....	91
Ilustración 31: ubicación de cargadero en Ciprés.....	92
Ilustración 32: propuesta ubicación de cargadero en Shangrilá.....	93
Ilustración 33: propuesta ubicación de cargaderos en San Luis.....	94
Ilustración 34: propuesta ubicación de cargadero en Los Gualles.....	95
Ilustración 35: sectorización campo Cielito.....	97
Ilustración 36: sectorización campo Carolita.....	97
Ilustración 37: sectorización campo Ciprés.....	98
Ilustración 38: sectorización campo Shangrilá.....	98
Ilustración 39: sectorización campo San Luis.....	99
Ilustración 40: sectorización campo Los Gualles.....	100
Ilustración 41: nuevas ubicaciones de cargaderos campo Cielito en escenario 2.....	104

Ilustración 42: nueva ubicación de cargadero campo Carolita en escenario 2.....104

Ilustración 43: nueva ubicación de cargadero campo Ciprés en escenario 2.....105

Ilustración 44: nueva ubicación de cargadero campo Shangrilá en escenario 2.....105

Ilustración 45: nueva ubicación de cargadero campo San Luis en escenario 2.....106

Ilustración 46: nueva ubicación de cargadero campo Los Gualles en escenario 2.....106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: imagen nebulizadora.....141

Anexo 2: distancias y tiempos campo Cielito I (manzanas) situación actual.....142

Anexo 3: distancias y tiempos campo Cielito II (manzanas) situación actual.....143

Anexo 4: distancias y tiempos campo Cielito (kiwis) situación actual.....144

Anexo 5: distancias y tiempos campo Cielito (peras) situación actual.....144

Anexo 6: distancias y tiempos campo Cielito (cerezas) situación actual.....145

Anexo 7: distancias y tiempos campo Carolita (manzanas) situación actual.....146

Anexo 8: distancias y tiempos campo Carolita (viña) situación actual.....146

Anexo 9: distancias y tiempos campo Ciprés (manzanas) situación actual.....147

Anexo 10: distancias y tiempos campo Shangrilá (manzanas) situación actual.....148

Anexo 11: distancias y tiempos campo Shangrilá (viña) situación actual.....148

Anexo 12: distancias y tiempos campo San Luis I (manzanas) situación actual.....149

Anexo 13: distancias y tiempos campo San Luis II (manzanas) situación actual.....	150
Anexo 14: distancias y tiempos campo San Luis III (manzanas) situación actual.....	151
Anexo 15: distancias y tiempos campo Los Gualles I (manzanas) situación actual.....	152
Anexo 16: distancias y tiempos campo Los Gualles II (manzanas) situación actual.....	153
Anexo 17: distancias y tiempos campo Los Gualles I (viñas) situación actual.....	153
Anexo 18: distancias y tiempos campo Los Gualles II (viñas) situación actual.....	154
Anexo 19: distancias y tiempos campo Los Gualles (nogales) situación actual.....	155
Anexo 20: diagrama de procesos básicos para simulación.....	156
Anexo 21: tabla t-student.....	157
Anexo 22: distancias y tiempos campo Cielito I (manzanas) con mejoras.....	158
Anexo 23: distancias y tiempos campo Cielito II (manzanas) con mejoras.....	159
Anexo 24: distancias y tiempos campo Cielito (kiwis) con mejoras.....	160
Anexo 25: distancias y tiempos campo Cielito (peras) con mejoras.....	160
Anexo 26: distancias y tiempos campo Cielito (cerezas) con mejoras.....	161
Anexo 27: distancias y tiempos campo Carolita (manzanas) con mejoras.....	162
Anexo 28: distancias y tiempos campo Carolita (viña) con mejoras.....	162
Anexo 29: distancias y tiempos campo Ciprés (manzanas) con mejoras.....	163
Anexo 30: distancias y tiempos campo Shangrilá (manzanas) con mejoras.....	164
Anexo 31: distancias y tiempos campo Shangrilá (viña) con mejoras.....	164

Anexo 32: distancias y tiempos campo San Luis I (manzanas) con mejoras.....	165
Anexo 33: distancias y tiempos campo San Luis II (manzanas) con mejoras.....	166
Anexo 34: distancias y tiempos campo San Luis III (manzanas) con mejoras.....	167
Anexo 35: distancias y tiempos campo Los Gualles I (manzanas) con mejoras.....	168
Anexo 36: distancias y tiempos campo Los Gualles II (manzanas) con mejoras.....	169
Anexo 37: distancias y tiempos campo Los Gualles I (viñas) con mejoras.....	169
Anexo 38: distancias y tiempos campo Los Gualles II (viñas) con mejoras.....	170
Anexo 39: distancias y tiempos campo Los Gualles (nogales) con mejoras.....	171
Anexo 40: avance construcción cargadero Carolita.....	172
Anexo 41: avance construcción cargadero Carolita.....	172
Anexo 42: avance construcción cargadero Shangrilá.....	173
Anexo 43: avance construcción cargadero Shangrilá.....	173

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta una descripción inicial de la organización de Frutasol en donde se desarrollará el proyecto, la problemática que abarca este, además de sus objetivos y resultados esperados.

1.1. Lugar de aplicación

Frutasol S.A. es una empresa que tiene más de 20 años de experiencia en el mercado agrícola, su sector productivo se divide en tres grandes áreas ubicadas en los Niches, km 11, al oriente de la ciudad de Curicó en la Región del Maule. Dichas áreas son las empresas Agrícola Frutasol Chile S.A., Agroindustrial Frutasol S.A. y Exportadora Frutasol Chile S.A.

A continuación, se presenta una breve información de cada empresa:

- I. Agrícola Frutasol Chile S.A.:** zona de campos con una superficie de 579,15 hectáreas destinadas a la producción de manzanas, kiwis, cerezas, nueces y uva de mesa, el sector presenta las condiciones ideales de suelo y clima para la producción de fruta en condición y sabor. Está equipada con una moderna tecnología, cuenta con riego mecánico y tecnificado en todos los campos y todo el equipamiento necesario para controlar la calidad de producción.
- II. Agroindustrial Frutasol S.A.:** nació como necesidad de continuar con la cadena de embalaje y frío hace 20 años, la cual se ha renovado para contar con nuevas tecnologías y además trabajar con las últimas normas con variados envases y calidades cada vez más exigentes. Cuenta con dos líneas de producción con una capacidad de 23 ton/hora destinadas al proceso y embalaje de manzanas y peras. La empresa posee 29 cámaras frigoríficas en total, de las cuales 18 son cámaras de frío para régimen de atmósfera controlada para 21.000 Bins (4 de ellas son cámaras de atmósfera controlada dinámica) y, 11 son cámaras para frío convencional con capacidad hasta 11.500 bins. También cuenta con dos túneles de enfriamiento rápido con capacidad para 40 pallets cada uno y atmósfera controlada. Además tiene 7.000 pallets como capacidad estática y 60.000 bins en promedio son procesados en cada temporada (Frutasol, 2018).
- III. Exportadora Frutasol Chile S.A.:** tiene como principal característica la eficiencia, cuyo volumen de exportación obtiene 800.000 cajas. Aquí se termina un ciclo que comienza en la zona central de Chile y finaliza en diversos lugares del mundo, como lo son Europa, Asia,

Norteamérica, Sudamérica, Centroamérica y Medio Oriente, en donde la fruta de más alta calidad llega a manos de los consumidores, gracias al trabajo efectivo, preciso y riguroso de las empresas Frutasol.

Frutasol cuenta con alrededor de 570 hectáreas de plantaciones repartidas en 6 campos: Cielito, Carolita, Ciprés, Shangri-lá, San Luis y Los Gualles; en ellos se procesan manzanas, peras, kiwis, cerezas, nogales, uva de vino y arándanos. Para obtener mejores resultados, sus productos son sometidos a una serie de tratamientos como lo son la poda, raleo, aplicación de fungicidas, pesticidas, entre otros, relacionado con la siembra y cuidados del fruto, hasta aquellos que derivan en el embalaje y exportación.

Es en este lugar y dentro de este rubro donde se llevará a cabo el proyecto que estudia la aplicación y funcionamiento de los fitosanitarios en los diferentes campos de Frutasol, a través de nebulizadoras manejadas mediante un tractor.

1.1.2 Misión de la empresa

“Frutasol es una empresa frutícola dedicada a la producción, embalaje y comercialización de fruta seca de alta calidad e inocua, incorporamos eficiencia e innovación a nuestros procesos productivos, satisfaciendo los requerimientos y exigencias de nuestros clientes y mercados, comprometidos con nuestros colaboradores y con la comunidad, en concordancia con el mejoramiento continuo, sustentabilidad y cuidado del medio ambiente”.

1.1.3 Visión de la empresa

“Lograr ser una empresa líder y competitiva en la producción de fruta de exportación de alta calidad, por medio de la innovación tecnológica y la gestión de su talento humano, mejorando, expandiendo y diversificado sus especies y plantaciones frutícolas, manteniendo un fuerte compromiso social y medio ambiental, y fortaleciendo nuestros lazos con clientes y colaboradores”.

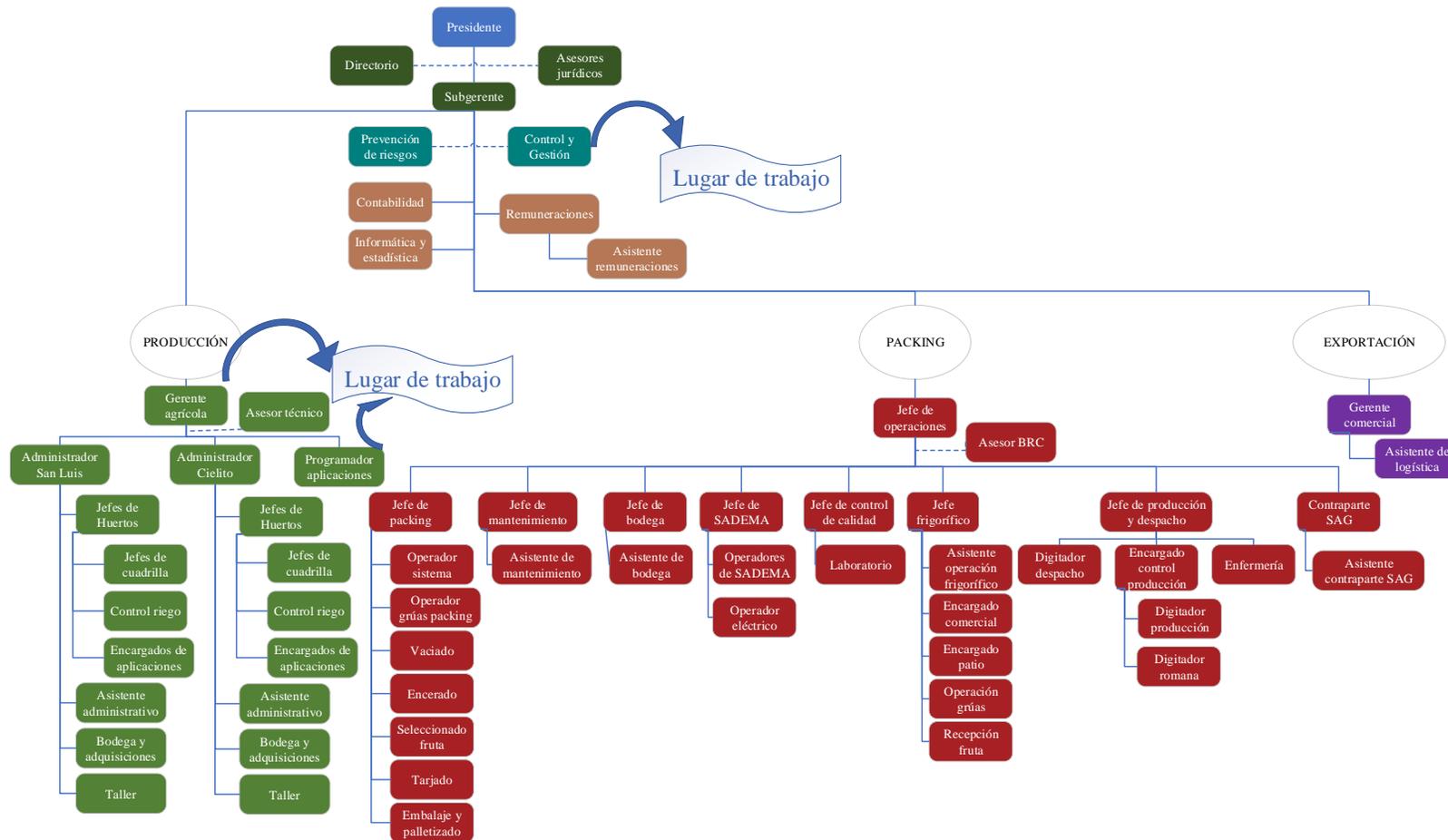
1.1.4 Estructura organizacional

Una organización se puede articular de diferentes formas, siempre respondiendo a sus objetivos, al entorno y recursos disponibles y a la forma en la que opera en el mercado. Además, permite establecer protocolos, procesos optimizados y resultados controlados, que se ajustan al conocimiento del personal sobre cuál es su posición e importancia dentro del funcionamiento del sistema propuesto. En el caso de Frutasol S.A. se puede observar un diagrama organizacional como el que se muestra en la Ilustración 1, cabe destacar que siendo tres las empresas involucradas, estas interactúan con ciertas áreas como se explica a continuación.

El organigrama es encabezado por el presidente, el cual está junto al directorio, los asesores jurídicos y subgerente para la dirección principal de la empresa. Es el subgerente quien tiene el cargo más alto y se encuentra a diario para la toma de decisiones importantes y que no contemplan la consulta del directorio y de los asesores jurídicos. Luego, se encuentra el asesor de riesgos y control y gestión con sus colaboradores, quienes trabajan en las diferentes áreas de la empresa, ya que, sus tareas deben abarcar la mayoría de los puestos del grupo. Contabilidad, el área encargada de apoyar la administración y economía de las tres empresas que tiene a cargo, se ocupa de gestionar el proceso de cálculo y pago de remuneraciones y honorarios de todo el personal; y, por último, informática y estadística, que ayuda a las demás áreas en el ámbito tecnológico y programacional, para mantener los sistemas de información y aplicativos, así como también elaborar y difundir información estadística de las empresas.

Después de los departamentos nombrados se despliegan los 3 organigramas correspondientes a producción, *packing* y exportación. Se detalla el más importante y el lugar donde se lleva a cabo este proyecto, en el sector de producción, donde se encuentra un gerente agrícola, quien tiene un asesor técnico que está a cargo del administrador de San Luis, y de Cielito

Ilustración 1: organigrama Frutasol



Fuente: Administración Frutasol

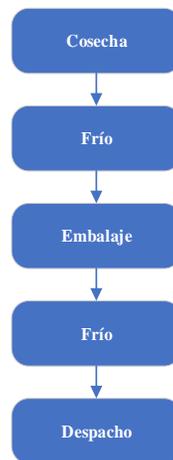
y de un programador de aplicaciones. Dichos administradores a la vez están a cargo de los jefes de huertos, asistente administrativo, asistente de bodega y adquisiciones y taller. Por su lado, los jefes de los huertos son responsables de los jefes de cuadrilla, control de riego y de los encargados de aplicaciones.

Para la investigación que conlleva el proyecto, el área de Control y Gestión y el gerente agrícola junto al programador de aplicaciones son quienes dan la información relevante de la situación actual de la empresa, y son los interesados en que en un futuro se pueda implementar el presente proyecto.

1.1.5 Procesos

Es importante destacar que Frutasol S.A. solo se encarga del proceso completo de la pera y manzana, el resto de la fruta es cosechada y despachada a otras empresas donde la someten a nuevos tratamientos, ya que, no se cuenta con líneas de producción que permitan realizar dichas tareas. En el caso del kiwi, es embalado en otro *packing* del mismo nombre. En la Ilustración 2 se presenta un esquema general del proceso productivo de las peras y manzanas en el Agrícola Frutasol.

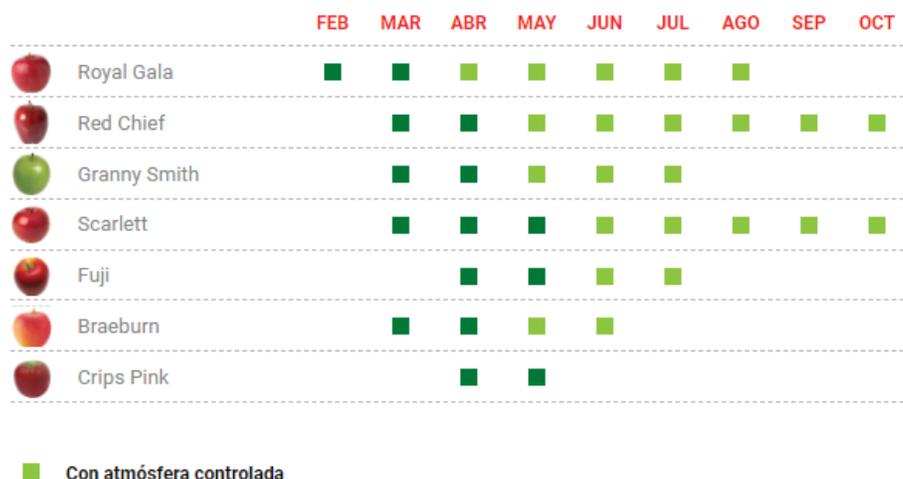
Ilustración 2: diagrama de procesos grupo Frutasol



Fuente: elaboración propia

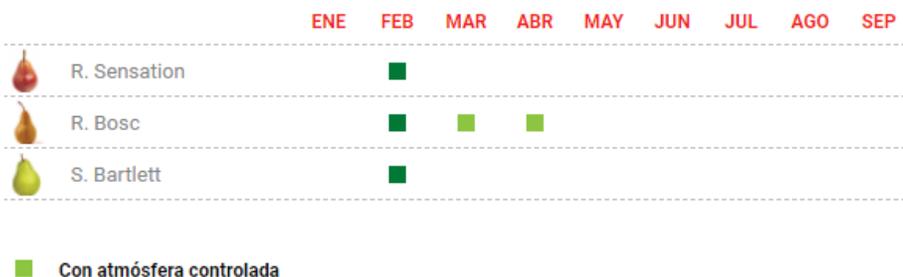
El proceso general comienza en el momento de la cosecha, previo cuidado de los árboles frutales, contempla un tiempo dado por las condiciones de la temporada, pero generalmente la cosecha de manzana, pera y kiwi se presentan entre los meses de la Ilustración 3, Ilustración 4 e Ilustración 5, respectivamente. Luego, se lleva a almacenaje en frío para, posteriormente, embalar la fruta de acuerdo con las condiciones solicitadas por el cliente. Vuelve al almacenaje en frío hasta ser despachada a destino.

Ilustración 3: período cosecha manzana



Fuente: (Frutasol, 2018)

Ilustración 4: período cosecha pera



Fuente: (Frutasol, 2018)

Ilustración 5: período cosecha kiwi



(Frutasol, 2018)

1.1.6 Participación y principales mercados

Los productos principales que se venden por parte de la exportadora son las cajas de manzanas de 18, 19 y 21kg, de peras de 18kg y de kiwis de 10kg, en las variedades que tiene cada fruta, en el caso de las manzanas son *Royal Gala*, *Red Chief*, *Granny Smith*, *Scarlett*, *Fuji*, *Braeburn* y *Crips Pink*, en el caso de las peras son *Red Sensation*, *Russet Bosc* y *Seckel Bartlett*, y en los kiwis la variedad es *Hayward*.

1.2 Descripción de la problemática

Actualmente, la empresa Agrícola Frutasol S.A. cuenta con una gran cantidad de hectáreas de diferentes cultivos y con pocos cargaderos para la aplicación de los productos, además de esto se presenta que existe un bajo número de bombadas de líquidos de químicos por turno, 4 bombadas en promedio, los que son de suma importancia para obtener el mejor resultado en la fruta deseada, ya sea para eliminar, controlar o repeler plagas. Es por esta razón que se hace necesario ejecutar un estudio de optimización de la capacidad de las nebulizadoras (máquina usada para la aplicación), y la cantidad, capacidad y ubicación de cargaderos.

Es significativo mencionar que se considera baja la cantidad de bombadas por turno, debido a que, por una parte, el gerente agrícola tiene el conocimiento de que en promedio deben ser 6 bombadas por turno, y por otra parte, al realizar 4 bombadas en el turno, no se logra cumplir con las fechas de aplicaciones fijadas, lo que produce que dos aplicaciones de diferentes productos se tengan que aplicar mezcladas en una sola para cumplir con las fechas, siempre y cuando los

productos sean compatibles, cuando no lo son ocurre un retraso y es ahí cuando se da paso a las plagas, hongos y enfermedades, debido a que no son atacadas a tiempo.

Cabe destacar que cada campo cuenta con una cierta cantidad de cuarteles, que no son de tamaño homogéneo, ya que, cada cuartel presenta una variedad de fruta diferente del mismo año, lo que implica que el mojamiento (cantidad de litros por hectárea que se deben aplicar) varía en cada cuartel, y con esto, varía la velocidad con la que se debe aplicar cada producto químico.

En la presente temporada, junio 2017 - mayo 2018, hubo una situación puntual, un importante porcentaje de la fruta cosechada contenía un hongo llamado *Venturia*, un 20,7% de la fruta comercial lo presentó, esto sin contar la fruta que se seleccionó en el huerto al momento de cosechar, además, en lenticela se presentó un 7,1%. Todo esto tuvo como consecuencia una reducción importante en la cantidad de fruta exportada, produciendo una pérdida considerable para la empresa, ya que la fruta al pasar por línea y ser rechazada adquiere un costo mayor para la empresa y también al venderla como fruta comercial se obtiene un valor mucho menor.

1.3 Objetivos del proyecto

Para abordar la problemática, se deben establecer un objetivo general y objetivos específicos para que con estos se logre una orientación sobre los alcances del proyecto a ejecutar, y tener una clara idea de lo que se desea conseguir.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar propuestas, verificadas por simulación, que permitan disminuir al menos en un 25% el tiempo total de aplicación de fitosanitarios, mediante apertura de cargaderos y mejora de procesos, para cumplir con las fechas de aplicaciones y lograr atacar las diferentes plagas.

Esta cantidad ha sido establecida de acuerdo con dos consideraciones, un experto en calibraciones de maquinaria, Mario Muñoz Bustamante, de Torno Spa y un experto en riego, el agrónomo Eduardo Guzmán, de TrioRiego. Ambos, de acuerdo a sus experiencias, han asegurado

y se han comprometido a mejorar, considerablemente, la cantidad de bombadas por turno en el campo de Frutasol, ya que, por un lado, existe una calibración estándar donde solo se modifican las presiones y las marchas de la maquinaria, lo que permite ahorrar tiempo en calibraciones dentro de los turnos, y, por otro lado, en el sistema de carga de agua se espera llegar a los 4 minutos. Por lo tanto, con estos datos podemos decir que se puede mejorar en un porcentaje mayor al 20%.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar el estado actual del proceso de aplicación de químicos, mediante un análisis estático de los registros de aplicación, para identificar el origen del problema.
- Generar un modelo que al realizar la simulación represente la situación actual, para evaluar cómo se encuentra el proceso y posteriormente se hagan las modificaciones pertinentes de acuerdo a las mejoras propuestas.
- Desarrollar dos diferentes estrategias que permitan realizar modificaciones al modelo de la situación actual, específicamente, junto a la maquinaria actual probar ubicaciones de cargaderos propuestas por el área agrícola de la empresa, y el segundo, ubicar nuevos cargaderos sin considerar los existentes, todo esto para disminuir el tiempo total de aplicaciones.
- Realizar cambios en el sistema de carga de agua y calibración de maquinaria, mediante la estandarización de acuerdo a recomendaciones de expertos, todo esto para disminuir el tiempo total de aplicaciones.
- Hacer evaluación de impacto de la propuesta de mejora seleccionada, el cual permita tomar una decisión adecuada de acuerdo con el presupuesto que tiene la empresa.

1.4 Resultados tangibles esperados

- Un informe que presente la proyección del desempeño del equipo considerando los dos escenarios.

- Informe con plan de implementación de la propuesta seleccionada y evaluación económica de los casos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En el presente capítulo se realiza el marco teórico con todas las herramientas con las que se puede solucionar el problema planteado y modelos de simulación. Además, se establece la metodología de trabajo para llegar a la solución de la problemática que se tiene en la aplicación de fitosanitarios en los campos.

2 Marco teórico

Se presenta a continuación el marco teórico, el que integra un conjunto de herramientas y teorías enfocadas hacia la problemática presente en el proyecto.

2.1 Estudio de tiempos de trabajo

“El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida”, (Ingeniería Industrial on line, 2018).

2.1.1 Herramientas para el estudio de tiempos

Los materiales fundamentales para el estudio de tiempos son:

- **Cronómetro:** mecánico o electrónico, es importante que se encuentre en óptimas condiciones para que no afecte de forma negativa la medición de tiempos.
- **Tablero de observaciones:** tablero liso donde se fijan los formularios para anotar las observaciones, es importante que sea rígido y más grande que el formulario.
- **Formularios de estudio de tiempos:** están los formularios para consignar datos mientras se hacen las observaciones, donde van los datos esenciales, y los formularios para analizar los datos reunidos, el que permite evaluar los tiempos tomados.

2.1.2 Delimitación y cronometraje del trabajo

- **Descomposición de la operación en elementos:** el elemento es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis, es importante para separar el tiempo productivo del improductivo, evaluar con mayor exactitud, aislar los elementos que causan mayor fatiga y extraer los tiempos de los

elementos de mayor repetición para establecer los datos estándar. Los elementos se dividen en: **elementos repetitivos**, que son los que reaparecen en cada ciclo de trabajo; **elementos casuales**, son los que no reaparecen en cada ciclo de trabajo, sino a intervalos regulares o irregulares; **elementos constantes**, son aquellos con tiempo básico de ejecución siempre igual; **elementos variables**, son de tiempo básico de ejecución cambiante según las características del producto, equipo o proceso, dimensiones, o calidad; **elementos manuales**, son los que realiza el trabajador; **elementos mecánicos**, son los realizados automáticamente por una máquina a base de fuerza motriz; **elementos dominantes**, son los que duran más tiempo que cualquiera de los elementos realizados simultáneamente; y los **elementos extraños**, son los que al ser analizados no resultan ser una parte necesaria del trabajo.

- **Delimitación y definición de los elementos:** una vez que se ha descompuesto la operación en elementos se delimitan, es decir, se establecen conjuntos sucesivos de estos que indicarán los puntos de partida, parada o anotación según el método que se utilice para cronometrar. Es importante apoyarse de eventos relevantes y de fácil identificación sensorial, deben ser lo más breve posible, separar los elementos manuales de los mecánicos, separar los elementos constantes de los variables, y cronometrar aparte los elementos que no aparecen en todos los ciclos (casuales y extraños).

2.1.3 Cálculo del número de observaciones (tamaño de la muestra)

El tamaño de la muestra es un proceso vital y tiene como objetivo determinar el valor del promedio representativo para cada elemento. Los métodos más utilizados para determinar el número de observaciones son el método estadístico y el método tradicional.

- **Método estadístico:** requiere que se verifiquen cierto número de observaciones preliminares (n'), para luego poder aplicar la siguiente fórmula que tiene un 95,45% de nivel de confianza y un margen de error de $\pm 5\%$:

Ecuación 1: cálculo de número de observaciones por Método Estadístico

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Fuente: (Lohr, 2000)

Donde:

n : tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' : número de observaciones del estudio preliminar

\sum : suma de los valores

x : valor de las observaciones

40: constante para un nivel de confianza de 94,45%

- **Método tradicional:** consiste en seguir un procedimiento sistemático, el cual es el siguiente:

1. Se realiza una muestra tomando 10 lecturas, si los ciclos son \leq a 2 minutos y 5 lecturas si son $>$ a 2 minutos, ya que hay más confiabilidad en tiempos más grandes que en tiempos pequeños, donde la probabilidad de error puede aumentar.
2. Se calcula el rango o intervalo de los tiempos de ciclo, es decir, restar del tiempo mayor el tiempo menor de la muestra:

$$R(\text{rango}) = x_{max} - x_{min}$$

3. Calcular la media aritmética o promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

$\sum x$: sumatoria de los tiempos de muestra

n : número de ciclos tomados

4. Hallar el cociente entre rango y la media:

$$R / \bar{X}$$

5. Buscar cociente en la Tabla 1, donde se encuentra el número de observaciones a realizar para obtener un nivel de confianza del 95% y con un nivel de precisión de $\pm 5\%$.

Tabla 1: cálculo del número de observaciones

R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: (Lohr, 2000)

2.1.4 Cronometraje de los elementos

Es la medición de los tiempos que demora el personal en llevar a cabo los elementos de trabajo definidos. Existe el **cronometraje acumulativo** que es donde se hace funcionar el reloj de forma ininterrumpida durante todo el estudio, y está el **cronometraje con vuelta a cero**, que consiste en tomar los tiempos directamente a cada elemento. Es importante señalar el horario de inicio y finalización del estudio, dado que esta información será muy relevante en un eventual estudio de fatiga.

2.2 Técnicas de muestreo aleatorio

El muestreo es el proceso de seleccionar un conjunto de individuos de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar el total de la población, (Ochoa, 2015). Existen dos categorías: muestreo probabilístico y muestreo no probabilístico.

- 1. Muestreo probabilístico:** es aquella técnica de muestreo en la cual las muestras son recogidas en un proceso que brinda a todos los individuos de la población una probabilidad conocida de ser incluida en la muestra, pero no es necesario que el elemento de la población tenga la misma probabilidad, sino sólo ser diferente de cero.
- 2. Muestreo no probabilístico:** es aquella técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso en base a la opinión, donde un experto del tema se encarga de seleccionar las muestras.

Para no redundar en información irrelevante respecto a la información en métodos de muestreo, solo se presentan los asociados al proyecto presente, los que están asociados al muestreo probabilístico, debido que el muestreo debe contar con una completa objetividad, donde no se da cabida a la opinión y la toma de muestra debe ser empírica, ya que se trata de un problema de selección de datos aleatoria, y estas características las presenta el muestreo probabilístico.

2.2.1 Muestreo aleatorio simple

Es la técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo y que, por lo tanto, están descritos en el marco muestral, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra, (Ochoa, Netquest, 2015).

Para el cálculo del tamaño de la muestra aleatoria se debe tener presente caracteres como el parámetro, el estimador, el error muestral, el nivel de confianza y la varianza poblacional.

- **Parámetro:** es la característica de la población que es objeto de estudio.
- **Estimador:** es la función de la muestra que usa para medirlo.
- **Error muestral:** es la pérdida de representatividad al momento de elegir los elementos de la muestra.
- **Nivel de confianza:** es la probabilidad de que la estimación se ajuste a la realidad, en otras palabras, que esté en el intervalo determinado basado en el estimador y que capte el valor verdadero del parámetro a medir.

La determinación del tamaño de la muestra depende de los parámetros que se desean estimar, debido a que el estudio puede dirigirse a conseguir la media aritmética (μ), una proporción poblacional (ρ), diferencias de medias ($\mu_1 - \mu_2$), o una diferencia de proporciones ($\rho_1 - \rho_2$), además es necesario tener el conocimiento del tamaño de la población, y si es finita o infinita.

Para realizar el cálculo del tamaño de la muestra para la media aritmética se requiere de las siguientes variables:

- Z : nivel de confianza elegido
- σ : desviación estándar de una variable cuantitativa
- e : error máximo
- N : tamaño de la población

Ecuación 2: tamaño muestral para la media aritmética para población finita

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

Fuente: *Elaboración propia en base a* (Vivanco, 2005)

Ecuación 3: tamaño muestral para media aritmética para población infinita

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 N - 1 + Z^2 \sigma^2}$$

Fuente: *Elaboración propia en base a* (Vivanco, 2005)

Para calcular el tamaño de muestra para la proporción poblacional se requiere de:

- Z: nivel de confianza elegido.
- ρ : desviación estándar de una variable cuantitativa.
- e: error máximo
- N: tamaño de la población

Ecuación 4: tamaño muestral para la proporción poblacional para población finita

$$n = \frac{Z^2 \rho(1 - \rho)}{e^2}$$

Fuente: *Elaboración propia en base a* (Vivanco, 2005)

Ecuación 5: tamaño muestral para la proporción poblacional para población infinita

$$n = \frac{Z^2 \rho(1 - \rho) N}{e^2 N - 1 + Z^2 \rho(1 - \rho)}$$

Fuente: *Elaboración propia en base a* (Vivanco, 2005)

2.2.2 Muestreo aleatorio sistemático

Este método exige que los elementos componentes de la población tengan un orden de posición, como filas, tarjetas, etc. Consiste en escoger un individuo inicial de forma aleatoria entre la población y, a continuación, seleccionar para la muestra a cada enésimo individuo disponible en el marco muestral.

En palabras más técnicas, se comienza con el número i (número al azar), y los elementos que integran la muestra, ocupan el lugar de $i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k$, siendo k el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra: $k=N/n$.

El número i que se utiliza como punto de partida, corresponde a un número aleatorio entre i y k , (Vivanco, 2005).

2.2.3 Muestreo aleatorio estratificado

Consiste en dividir toda la población que es objeto de estudio en diferentes subgrupos o estratos disjuntos, de manera que un individuo solo puede pertenecer a un estrato. Una vez definidos los estratos, para crear la muestra se seleccionan individuos empleando una técnica de muestreo cualquiera a cada uno de los estratos por separado. Si por ejemplo se emplea muestreo aleatorio simple en cada estrato, se habla de muestreo aleatorio estratificado. Del mismo modo, se puede usar otras técnicas de muestreo en cada estrato (muestreo sistemático, aleatorio, etc.), (Ochoa, Netquest, 2015).

Por lo tanto, este tipo de muestreo simplifica los procesos en comparación a los dos antes mencionados, debido a que reducen el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Considera categorías típicas diferentes entre sí, por lo que cada estrato funciona de forma independiente.

2.2.4 Muestreo aleatorio por conglomerados

Esta técnica aprovecha la existencia de grupos o conglomerados en la población que representan correctamente el total de la población en relación a la característica que queremos medir. Dicho de otro modo, estos grupos contienen toda la variabilidad de la población. Este muestreo consiste en seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados y posteriormente realizar una investigación de todos los elementos pertenecientes a los elegidos, (Ochoa, Netquest, 2015).

2.3 Métodos de aplicación de fitosanitarios a huertos frutales

La experiencia en esta área dice que, muchas veces, la razón del fracaso de un tratamiento fitosanitario es una mala aplicación y no tanto el producto en sí. Aunque se elija el mejor producto fitosanitario del mercado, si no se aplica de forma correcta, su efectividad será muy baja o nula, por lo que es importante estudiar las diferentes formas de aplicación de los fitosanitarios, (Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural - Cabildo de Tenerife, 2014).

Los productos fitosanitarios se aplican de forma general sobre el cultivo o el suelo de tres diferentes formas:

- **Líquida:** el producto se aplica, mezclado con agua, sobre el cultivo o el suelo.
- **Sólida:** se aplica el producto formulado sobre el cultivo o el suelo, directamente como sólido, en polvo o en gránulos.
- **Gaseosa:** el producto se aplica en forma gaseosa sobre el cultivo o el suelo. Este tipo de tratamientos está reservado para empresas especializadas con personal formado y que disponga del Carnet de Fumigador. Con el Carnet de Manipulador de Productos Fitosanitarios del nivel básico o cualificado no se pueden aplicar productos en forma gaseosa.

Las aplicaciones líquidas son las más frecuentes por la facilidad de manipulación, aplicación y dosificación en campo.

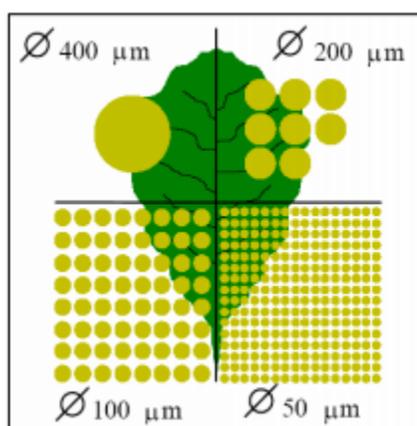
2.3.1 Pulverización

Se basa en la emisión de un caldo formado por agua y el fitosanitario, que se deposita en forma de gotas sobre el cultivo o el suelo. Es la forma de aplicación que más se utiliza. La pulverización es el método normal de referencia a utilizar para el control de plagas y enfermedades en cultivo, así como para las malas hierbas.

La maquinaria para este tipo de aplicación es el pulverizador, del que existe una amplia variedad de equipos y el tamaño de la gota es el aspecto más importante a tener en cuenta en el tratamiento.

El producto pasa en formas de gotas por el aire desde el pulverizador a la planta o al suelo. Por ello hay que prestar especial atención a las condiciones del clima, en especial al viento y la humedad. Al transportarse el producto en forma de gotas, las características de la gota son especialmente importantes en la pulverización.

Ilustración 6: superficie cubierta con diferente diámetro de gota

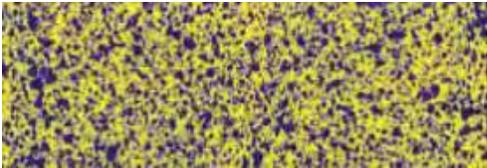
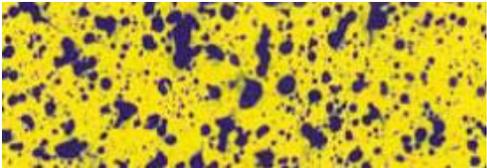


Fuente: (Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural, 2014)

Además de tener en cuenta los posibles problemas por deriva de las gotas, la elección del tamaño de gota se basa en el tipo de producto a utilizar:

- Si lo que se desea es que el producto recubra la mayor parte de la superficie de la planta (productos de contacto), el tamaño de las gotas debe ser fino. Un tamaño de gota fina también consigue un gran número de impactos para alcanzar individuos pequeños y escondidos. El tamaño de esta gota para este tipo de tratamiento estaría entre 150 y 400 micras (0,15 a 0,4mm).

Ilustración 7: características del tamaño de las gotas

Tamaño de gota pequeño	Tamaño de gota grande
Mejor adherencia (se queda en la hoja)	Peor adherencia (se resbala)
Mejor penetración en la planta	Peor penetración en la planta
Mayor deriva (el viento las arrastra)	Menor deriva (el viento no las arrastra)
Menor alcance (se evaporan antes de llegar)	Mayor alcance (no se evaporan antes de llegar al cultivo)
Mayor cubrición (con la misma cantidad de caldo, se moja más)	Menor cubrición (con la misma cantidad de caldo, se moja menos)
Papel hidro-sensible con gotas finas: 	Papel hidro-sensible con gotas gruesas: 

Fuente: (Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural, 2014)

- Si lo que se pretende es mojar la planta (productos sistémicos) conviene que las gotas sean un poco mayores, ya que pueden secarse demasiado rápido, impidiendo que la planta absorba la materia activa. El tamaño de gota estaría entre 400 y 600 micras (0,4 y 0,6mm).
- En el caso de los herbicidas, sobre todo si existen riesgos de deriva a cultivos cercanos, se recomienda el uso de gotas grandes, entre 600 y 800 micras (0,6 a 0,8mm).

El tamaño de la gota se consigue con una elección adecuada de las boquillas y manejando la presión de trabajo de la maquinaria.

2.3.2 Aplicación en el riego localizado

Se basa en la aplicación del producto fitosanitario a través del agua de riego, mediante los sistemas de riego localizado, normalmente en riego por goteo. En la etiqueta debe estar la autorización expresa de su uso por medio de riego localizado. Ésta técnica se usa normalmente para el control de plagas y enfermedades en cultivo con productos sistémicos específicos o bien para problemas de plagas y enfermedades de suelo.

Como ventajas principales, tiene que se aprovecha el riego para una aplicación de fitosanitarios, con menores costes de mano de obra que otros sistemas, un menor riesgo por exposición de las personas que aplican los fitosanitarios, así como de residuos en las cosechas.

Como inconvenientes, además de que sólo pueden aplicarse en riego localizado, es que sólo determinados productos fitosanitarios pueden aplicarse de esta manera y que puede provocar que se forme un líquido que provocaría la obstrucción del sistema con aguas de baja calidad.

2.3.3 Espolvoreo

En el espolvoreo se aplica el producto sólido en forma de polvo sobre el vegetal. Normalmente se usa una corriente de aire mediante un fuelle o turbina que arrastra el producto y lo deposita en la planta. El espolvoreo ha sido de forma tradicional de aplicación del azufre.

El espolvoreo se usa para el control de plagas y algunas enfermedades en cultivo, siendo un método a tener en cuenta en cultivos de follaje denso, donde es difícil que las gotas de la pulverización lleguen. Es una técnica rápida, al aplicarse directamente el producto formulado, no requiere agua (lo que es importante en zonas de sequía), y tiene una muy buena penetración en el follaje, mejor que la pulverización.

Las máquinas que se usan para aplicar estos productos son los espolvoreadores, existiendo desde equipos de mano hasta equipos arrastrados por tractores.

Sin embargo, es una técnica muy dependiente del viento que puede llevar con mucha facilidad el polvo fuera de la zona de tratamiento, logrando provocar que llegue a zonas no afectadas (deriva). La gama de productos con formulaciones para espolvoreo es mucho más reducida que para pulverización. Otros inconvenientes son en algunos casos, la poca adherencia del producto sobre la planta y la posibilidad de fitotoxicidades cuando hay altas temperaturas en el caso del azufre.

Cuando se utiliza un producto en espolvoreo tiene mayor persistencia que en pulverización, lo que en algunos casos puede ser una ventaja y en otros casos un inconveniente. Un ejemplo de lo segundo podría ser cuando se azufra el racimo de uvas cerca del envero, en algunos casos el producto llega a transmitir sabores extraños al mosto.

2.3.4 Aplicación de gránulos

Existen formulaciones de gránulos en el mercado especificadas para su aplicación directa al suelo (GR). Se utilizan para problemas de plagas y enfermedades de suelo, normalmente antes de la siembra o trasplante. Estos productos se aplican de forma homogénea al suelo o más frecuentemente, localizados en los surcos.

Para su aplicación suelen usarse abonadoras centrífugas o similares, en tratamientos a toda la superficie, y en el caso de tratamientos localizados, sembradoras con aplicadores, siendo la siembra y el tratamiento simultáneo. En pequeñas explotaciones, la aplicación se produce de forma manual, siendo entonces prioritaria la protección de manos y brazos.

Puede ser conveniente, sobre todo con dosis de aplicación baja, la mezcla del fitosanitario granulado con otro material, para facilitar la distribución del producto, como arena o algún abono orgánico. Hay que procurar que el tamaño del gránulo y el del material sea similar para que se mezclen bien.

2.3.5 Aplicación localizada en cebos

Algunas formulaciones de insecticidas y prácticamente todas las formulaciones de rodenticidas vienen en forma de cebos, en los que la materia activa viene mezclada con un alimento para que la plaga lo consuma y sufra una intoxicación. Esta forma de aplicación es bastante segura para el aplicador y genera muy pocos residuos en los cultivos y el medio ambiente al no liberarse el fitosanitario.

También se podría englobar en este apartado las trampas para captura de insectos mediante atrayentes alimenticios (moscas de la fruta) o feromonas (adultos de orugas o picudo de la platanera). Una vez que entran los insectos a la trampa, mueren bien al quedarse atrapados dentro o por la presencia de algún fitosanitario que los mata.

2.3.6 Fumigación

Es la aplicación de productos en estado gaseoso o que se convierten en gases luego de un proceso. Están orientadas a la desinfección de espacios cerrados (almacenes, camiones, etc.) o del suelo. Este tipo de tratamientos está reservado para empresas especializadas con un personal formado y que disponga del Carnet de Fumigador. Con el Carnet de Manipulador de Productos Fitosanitarios del nivel básico o cualificado no se pueden aplicar productos en forma gaseosa o que generen gases.

2.4 Metodología de la simulación

La simulación tiene como principal objetivo la predicción, es decir, puede mostrar lo que sucederá en un sistema real cuando se realicen cambios en el sistema bajo ciertas condiciones. La idea es ensayar diversas alternativas con el fin de elegir y adoptar la mejor en el sistema real, procurando ser la óptima o que sea lo suficientemente aproximada, (Fiuba, 2018).

2.4.1 Fases que comprende la simulación

Los pasos para realizar la simulación de un sistema, de manera secuencial, consiste en los siguientes pasos, según (Rossetti, 2010):

- 1. Planteamiento del problema:** esta primera fase junto con la siguiente son previas a lo que se entiende comúnmente como realizar un modelo de simulación, y son tanto o más importantes como la propia fase de modelado. Esta etapa se trata de entender el sistema real, identificando los problemas que se van a tratar de resolver. A continuación se definen las variables de entrada y salida del sistema, y los procesos y operación de los que consta

el sistema real. Con todo ello se plantea un primer esquema de cómo va a ser el flujo del modelo de simulación.

2. **Recolección de datos:** esta segunda fase, también previa a la construcción del modelo, es esencial, puesto que se trata de recoger todos los datos necesarios para poder reflejar fielmente el sistema real en el modelo de simulación. Un buen análisis de estos datos, otorgará gran fidelidad al modelo. En esta etapa, también se elige qué datos van a ser aleatorios y cuáles serán determinísticos.
3. **Construcción del modelo de simulación:** es donde se construye el modelo de simulación, dividiendo el trabajo en dos subetapas. La primera de ellas, trata de comprender el sistema basándose en la definición de las variables internas y en lo que sucede cada vez que ocurre un evento. Por otra parte en la segunda subetapa, se construye el modelo paso a paso, definiendo bien las entidades, atributos, recursos, etc. Además es imprescindible elegir el lenguaje de implementación y definir el diseño de experimentos.
4. **Verificación:** la verificación es un asunto de consistencia interna entre el modelo lógico y lo simulado.
5. **Validación:** esta etapa trata de ver si hay correspondencia entre el sistema real y el modelo de simulación, es decir, si el modelo refleja fielmente lo que sucede en el sistema real. El modelo y su implementación se deben ir refinando en función de los resultados de la validación.
6. **Simulación:** es el proceso de repetir el comportamiento del sistema mediante el modelo, bajo diferentes condiciones en su operación o en sus estímulos: ésta por lo general se realiza aprovechando los medios computacionales, debido a la rapidez y precisión que brindan.
7. **Análisis de los resultados:** es la fase donde se analizan los datos de salida de la simulación para poder comprender el comportamiento del sistema y poder dar respuestas al sistema real.

2.5 Evaluación económica de proyectos

La evaluación del impacto económico consiste en emitir un juicio sobre la bondad o conveniencia de una proposición; para lo que es necesario definir previamente el o los objetivos perseguidos. Es absolutamente necesaria cuando se presentan opciones para la solución de un mismo problema, o para alcanzar los objetivos deseados.

La evaluación económica de proyectos compara sus costos y beneficios económicos con el objetivo de emitir un juicio sobre la conveniencia de ejecutar dichos proyectos en lugar de otros. La evaluación económica puede y debe también aplicarse a múltiples decisiones “menores” (subproyectos) en la formulación de los mismos; por ejemplo, la conveniencia de trabajar con segundos y terceros turnos, fuentes de energía, compra de equipos nuevos o usados, áreas de influencia, calidad del producto que se entregará, publicidad, entre otros, (Fontaire, 2008).

2.6 Metodología de solución

Aquí se da lugar a la descripción de las actividades secuenciadas dentro de la metodología establecida para cumplir con el objetivo establecido.

2.6.1 Diagnóstico de la situación actual

Visitar terreno y estudiar las tareas que contempla la aplicación de químicos en los campos, tomar tiempos de cada tarea implicada, y estudiar variables que involucrarían el modelo de simulación.

2.6.2 Evaluar posibles ubicaciones de cargaderos y estudiar nueva maquinaria

Estudiar las potenciales ubicaciones de cargaderos nuevos que podrían abrirse, debido a que existen normas vigentes que se deben cumplir e implican delimitar el terreno, ya que no se puede instalar un cargadero en cualquier lugar por el uso de químicos cuando existen fuentes de agua cerca. Además, realizar un estudio de una maquinaria nueva para la aplicación de químicos, las

nebulizadoras, que son las máquinas necesarias para la aplicación de químicos y existen variadas capacidades que se pueden implementar.

2.6.3 Evaluar cambios estructurales en el proceso de aplicación de fitosanitarios

Consiste en realizar cambios en el proceso de aplicación de acuerdo a las recomendaciones indicadas de un experto en calibración de maquinaria y un experto en sistema de riego para disminuir tiempos de la mayoría de las tareas que se deben realizar en el proceso de aplicación de fitosanitarios.

2.6.4 Desarrollo de propuestas

Se trata de realizar el modelo físico que incluye las variables involucradas en el proceso de las bombas y se indican las opciones que existen para la solución de la problemática, crear las rutas en los mapas de cada campo para realizar la simulación de procesos, con su debida verificación y validación de las propuestas dadas.

2.6.5 Comparar resultados

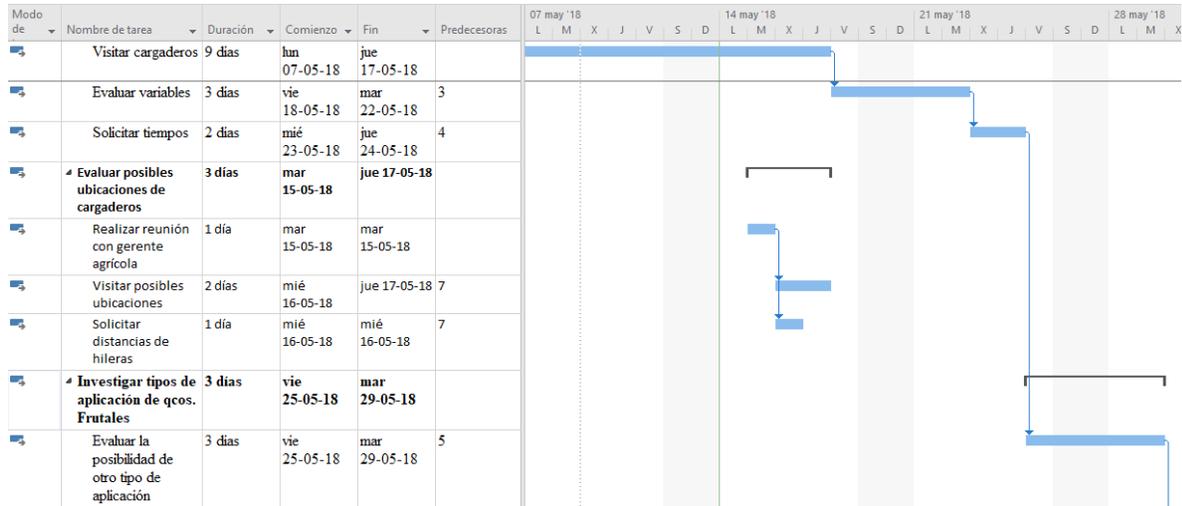
Realizar una comparación de resultados obtenidos en cada simulación, ya que en cada campo habrá diferentes simulaciones debido a las diferentes características de cada uno. Esto se replica en cada uno de los 6 campos.

2.6.6 Evaluar impacto

Finalmente, se hace un estudio con una evaluación económica de la mejor propuesta entregada, donde se hace una estimación de los gastos involucrados para llevar a cabo la solución a la problemática presente.

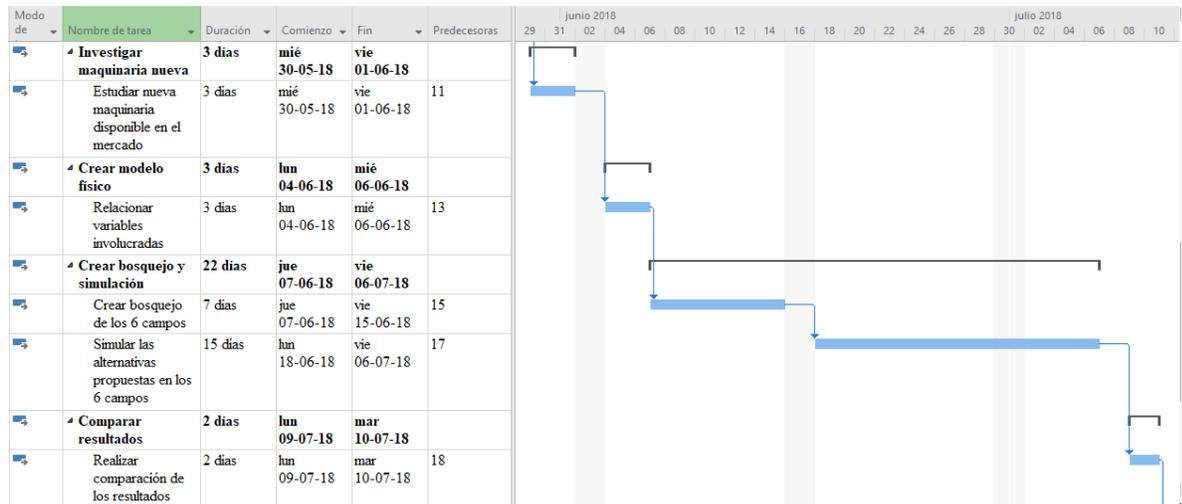
2.7 Carta Gantt

Ilustración 8: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte I)



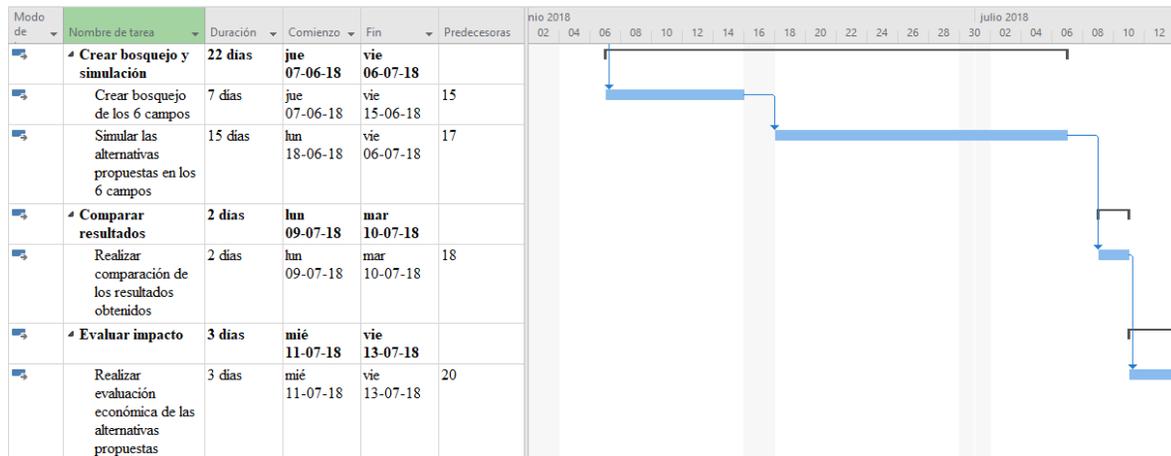
Fuente: elaboración propia

Ilustración 9: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte II)



Fuente: elaboración propia

Ilustración 10: Carta Gantt de actividades de la metodología del proyecto (parte III)



Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se presenta el diagnóstico detallado de la situación actual del proceso de aplicación de fitosanitarios en el área agrícola de Frutasol, para lo cual se realiza un levantamiento de procesos, y análisis de los tiempos de las bombadas.

3 Diagnóstico de la empresa

En el primer capítulo, se describe de forma general las características principales de la empresa Frutasol S.A. como ubicación, rubros a los que se dedica, productos que ofrece, su estructura organizacional y procesos generales de la empresa completa. Para lograr tener una mayor claridad de lo que ocurre, se realiza una descripción más detallada de la aplicación de fitosanitarios y otros temas importantes a considerar.

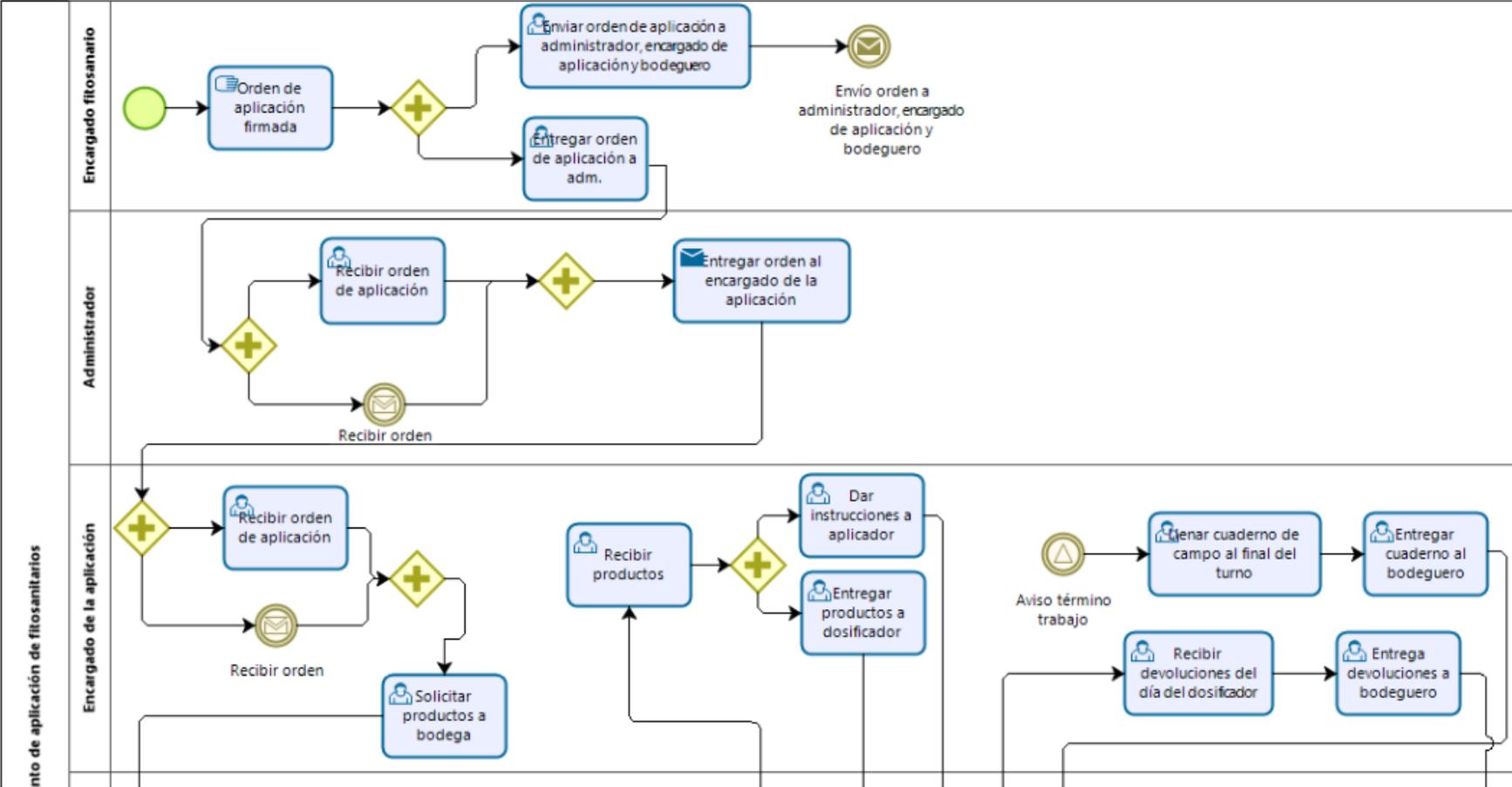
Para iniciar con el diagnóstico, se realiza un levantamiento de procesos de la aplicación de fitosanitarios en forma general, donde se detallan los involucrados en los procesos y qué tareas se realizan en la aplicación. Además, se hace un estudio de la situación de cada campo, ya que cada uno de estos tiene su forma de trabajar y proceder en las aplicaciones, situación y cantidad de cargaderos diferentes, tipo de terreno y cantidad de tractores, entre otros factores que hacen diferenciar de un campo y otro.

3.1 Levantamiento de procesos en la aplicación de fitosanitarios

Para comprender de mejor forma el proceso de aplicación de fitosanitarios, se realiza un diagrama de flujo detallado (Ilustración 11 y en la Ilustración 12) donde se puede ver la secuenciación de los procesos y los cargos involucrados en este.

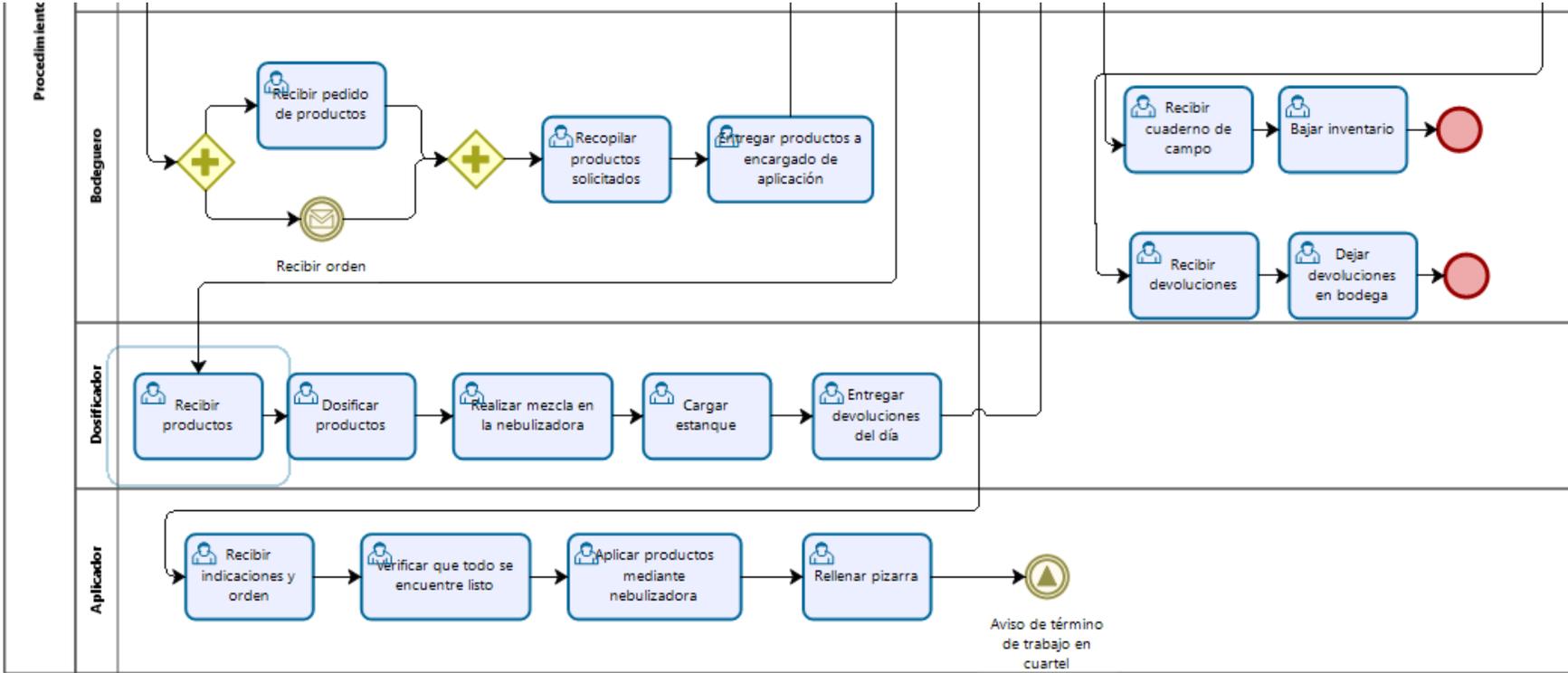
El proceso de aplicación de fitosanitarios comienza en el momento en que el encargado de los fitosanitarios obtiene la orden de aplicación firmada por parte del gerente agrícola, la cual cuenta con toda la información e indicaciones respecto a las bombadas de las aplicaciones (cada bombada son 1.000 o 2.000 litros de químicos mezclados con agua, dependiendo de la capacidad de la nebulizadora), entre las indicaciones se encuentra el número del cuartel en el que se hará la bombada, la marcha del tractor y presión que se debe aplicar, los tractores destinados con el número y tipo de boquilla adecuada, entre otros datos necesarios.

Ilustración 11: Procedimiento de aplicación de fitosanitarios (parte I)



Fuente: elaboración propia

Ilustración 12: Procedimiento de aplicación de fitosanitarios (parte II)



Fuente: elaboración propia

Esta orden es enviada por el encargado de fitosanitarios al administrador, encargado de aplicación y bodeguero, por medio de correo electrónico y la orden impresa original es entregada al administrador del campo.

Cuando el administrador del campo recibe la orden de aplicación se la entrega al encargado de aplicación, el que la recibe y solicita los productos químicos al encargado de bodega, quien recibe la orden, recopila los productos demandados y hace la entrega de los productos al encargado de aplicación. Luego de esto, el encargado de aplicación recibe los productos por parte de bodega y le entrega los productos al dosificador y le indica las instrucciones al aplicador.

El dosificador está encargado de recibir los productos, hacer la dosificación, mezclar en la nebulizadora y cargar el estanque. Luego de que el aplicador recibe las indicaciones junto a la orden, se encarga de verificar que todo esté bien y hace la aplicación de la bombada donde fue destinado. Al terminar la bombada se dirige a la pizarra ubicada en la caseta de dosificación que se encuentra en el cargadero, y sigue con las otras aplicaciones hasta terminar el turno de ocho horas.

Al finalizar, el encargado de aplicación llena el cuaderno de campo con toda la información de las bombadas realizadas que se encuentra en la pizarra y le entrega el cuaderno al bodeguero. Además, el encargado de aplicación recibe las devoluciones del día por parte del dosificador, que las entrega al bodeguero.

Por último, el bodeguero recibe el cuaderno de campo y baja inventario y, además, recibe las devoluciones que las deja en la bodega. Cabe destacar que hay casos como en Los gualles y La meseta que no hay dosificador y son los aplicadores que se encargan de reemplazar las tareas.

Se puede observar que hay un traspaso de la orden de aplicación impresa original y el envío de esta por correo electrónico, lo que indica que una de las dos es innecesaria. Por lo tanto, se debería elegir solo una vía de comunicación para hacer el procedimiento más expedito. También, en el caso de la entrega de los productos químicos por parte del bodeguero, podría hacerlo

directamente al dosificador, para no perder tiempo al pasar por el encargado de la aplicación, ya que el dosificador cuenta con la orden y sabe los productos y cantidades necesarios.

3.2 Situación actual de cada campo

La zona agrícola de Frutasol cuenta con 6 diferentes campos: Cielito, Carolita, Ciprés, Shangrilá, San Luis y Los Gualles, cada uno de estos cuenta con una forma particular de trabajar, desde el tipo de terreno, cantidad y condiciones de cargaderos, densidad de cuarteles (cantidad de plantas por hectáreas), entre otros factores importantes que marcan diferencias entre un campo y otro. Debido a esto, surge la necesidad de detallar la situación actual y descripción del procedimiento de aplicación en cada campo.

Los cargaderos son los lugares donde se realiza la dosificación y carga de los fitosanitarios en la nebulizadora y se rellena con agua hasta completar los 1.500 o 2.000 litros, de acuerdo con la capacidad de la nebulizadora. Estos cargaderos tienen una estructura más o menos estándar, principalmente los siguientes requerimientos:

- Una losa de cemento con impermeabilidad (pintura con base epóxica) donde se ubica el tractor.
- Hidrante, donde se encuentra la salida de agua para cargar la maquinaria.
- Los excedentes de agua que caen al piso al momento de cargar la nebulizadora deben ser dirigidos a un pozo ciego.
- Una caseta para dosificación, donde debe incluir zona de control de derrames (sector marcado con pala, escoba y 2 baldes, uno vacío y otro con arena limpia), pesa digital, mesón, pizarra, señaléticas de seguridad, probetas y jarros dosificadores.
- Una rejilla con candado para almacenar los herbicidas.
- Contenedor para envases vacíos.
- Ducha de emergencia.
- Lavamanos.

- Estanque (casos donde no hay una fuente de agua constante)

A continuación, se presenta en detalle la situación actual de cada campo junto a los tiempos que toma cada actividad dentro de los procesos de aplicación de fitosanitarios.

3.2.1 Campo Cielito

Este campo tiene 183,94 hectáreas, 167,48 de ellas están plantadas y conformadas por 28 cuarteles, de los cuales 18 son de manzanas, 2 de peras, 5 de cerezas, 2 de kiwi y una está arrancada; 4,22 hectáreas están construidas, 0,8 hectáreas pertenecen al tranque y 11,44 hectáreas corresponden canales y otros.

Aquí se cuentan con dos cargaderos, el cargadero 1 está operativo y el cargadero 2 no lo está, el que se encuentra operativo tiene una losa de cemento, un hidrante donde se cargan los 2.000 litros en 5 minutos, una caseta para la dosificación de productos químicos junto a una pizarra para escribir lo que se hace en el turno, no tiene zona de control de derrames, tiene pesa digital, mesón, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, rejilla con candado para almacenar los herbicidas, tiene un contenedor para envases vacíos, ducha de emergencia y lavamanos, además cuenta con un estanque de 8.000 litros, que rinde para 4 bombadas de 2.000 litros.

El cargadero 2 cuenta con la losa de cemento, el hidrante donde sale el agua y la caseta para dosificación, no tiene zona de control de derrames, tiene pesa digital, mesón, pizarra, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, no tiene rejilla con candado para almacenar los herbicidas, tiene contenedor para envases vacíos y ducha de emergencia, no tiene lavamanos y también falta la implementación de un estanque o una matriz, de acuerdo a lo más conveniente es que se desea terminar con la instalación de este cargadero. En la Ilustración 13 y en la Ilustración 14 se pueden ver la situación actual del cargadero 1 y del cargadero 2 respectivamente.

Ilustración 13: cargadero 1 Cielito



Fuente: elaboración propia

Ilustración 14: cargadero 2 Cielito



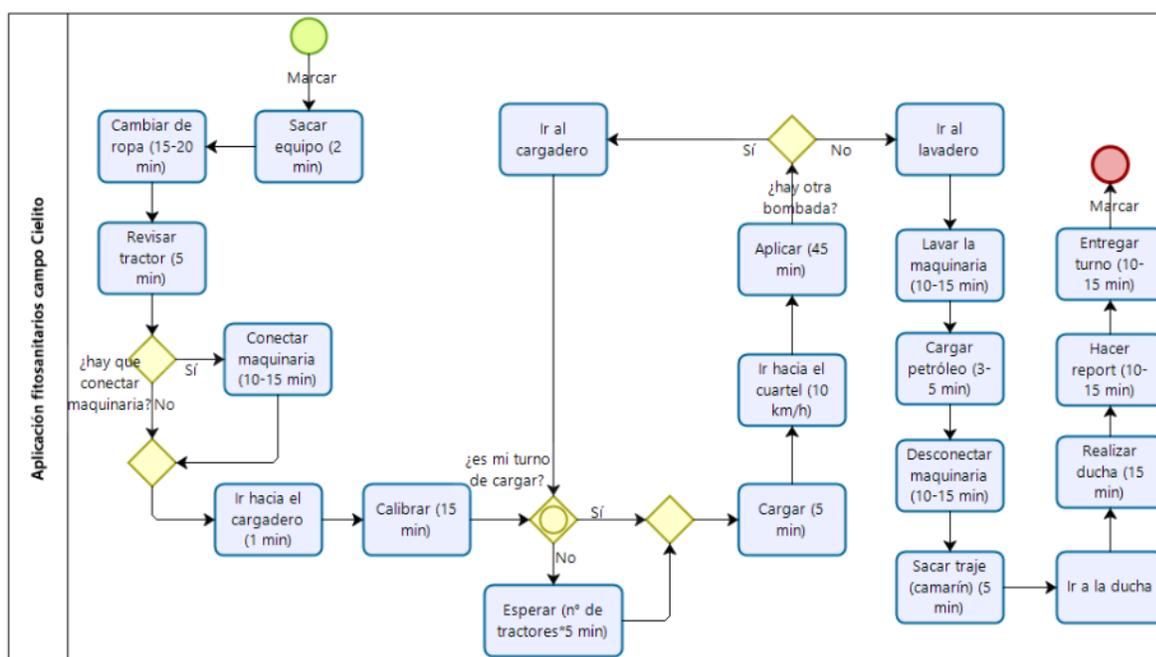
Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el procedimiento de la aplicación de las bombas de fitosanitarios, que se muestra en la Ilustración 15, comienza con la llegada de cada aplicador, para luego dirigirse a sacar el

equipo, cambiarse de ropa, revisar el tractor y, si es necesario, conectarlo para luego ir al cargadero y calibrar.

Luego, se carga la nebulizadora con agua y los productos químicos que se deben aplicar, debido a que sólo se puede cargar una nebulizadora a la vez, dependiendo del lugar que le toque cargar el operador en cuestión, tiene que esperar 5 minutos por cada tractor que esté antes de este, y al finalizar el proceso de carga, se dirige hacia el cuartel indicado y aplica, en promedio, durante 45 minutos. Luego repite el mismo proceso una vez que vuelve al cargadero, es decir, espera para después cargar, ir al cuartel y aplicar, esto por 4 repeticiones en promedio, en cada turno. Al terminar se dirige al lavadero y lava la maquinaria, luego carga petróleo, desconecta la maquinaria, se saca el traje para ir a la ducha, y termina con el *report* que entrega al siguiente turno.

Ilustración 15: proceso de aplicación fitosanitarios campo Cielito



Fuente: elaboración propia

3.2.2 Campo Carolita

Este campo tiene una capacidad de 29,13 hectáreas, donde tienen 24,73 hectáreas plantadas, 5 cuarteles, 4 son de manzanas y 1 de uva, 0,8 hectáreas pertenecen al tranque y 3,6 son superficie de canales y otros. Cuenta con un cargadero que no está operativo, solo tiene una loza que no abarca toda la maquinaria, un hidrante para el agua y un estanque de 1.500 litros. Tampoco cuenta con bomba ni cañería, su estado actual es deplorable, por lo que no es utilizado, como se muestra a continuación:

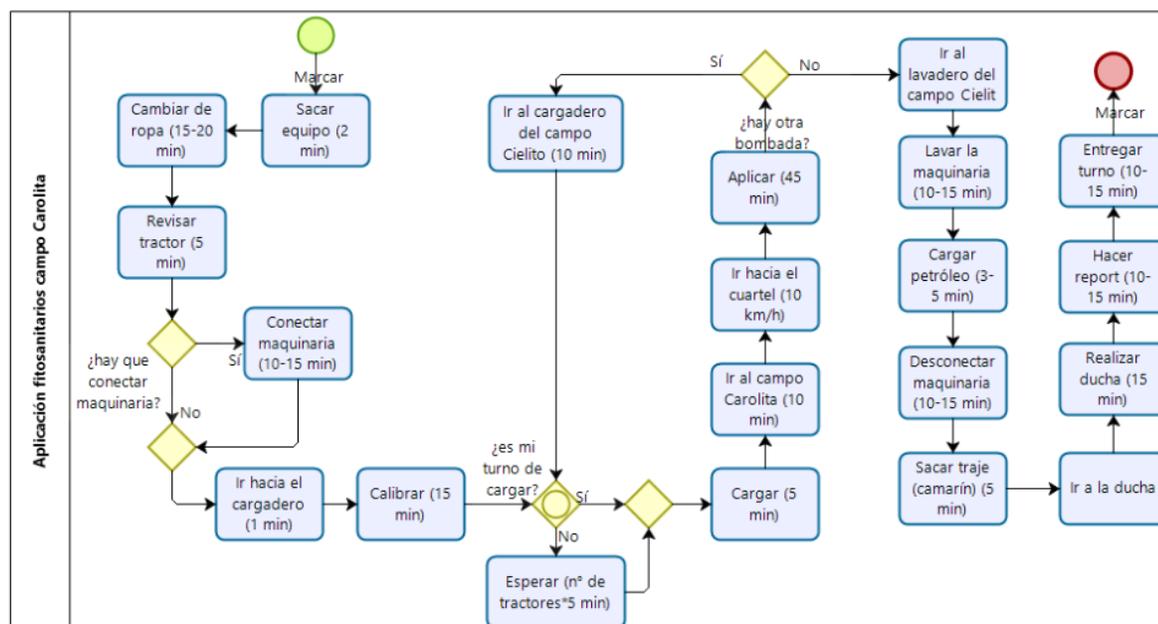
Ilustración 16: cargadero Carolita



Fuente: elaboración propia

La aplicación de fitosanitarios en el campo Carolita en sí es lo mismo que se hace en Cielito, con la diferencia de que se carga la maquinaria en el campo Cielito, porque no hay cargadero en Carolita, por lo tanto, solo se hace un trayecto más largo al momento de ir a cargar, como se puede ver en el siguiente diagrama, donde se pueden ver las actividades junto al tiempo que toma cada actividad.

Ilustración 17: proceso de aplicación fitosanitarios campo Carolita



Fuente: elaboración propia

3.2.3 Campo Ciprés

Este campo cuenta con 60,16 hectáreas, de las cuales 54,83 están plantadas, se compone de 9 cuarteles de manzanas, 0,33 hectáreas corresponden a construcción, 0,15 hectáreas son del patio de acopio y 4,85 hectáreas son de la superficie de canales y otros. Aquí se cuenta con un cargadero, que tiene una caseta para dosificar, la losa de cemento, un hidrante para la salida de agua y un estanque de 4.500 litros, un tambor como pozo ciego pero está lleno de barro que complica su limpieza, no tiene zona de control de derrames, si tiene una pesa digital, un mesón, una pizarra, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, una rejilla con candado para almacenar los herbicidas, un contenedor para envases vacíos, una ducha de emergencia y un lavamanos, los que se pueden observar en la Ilustración 18.

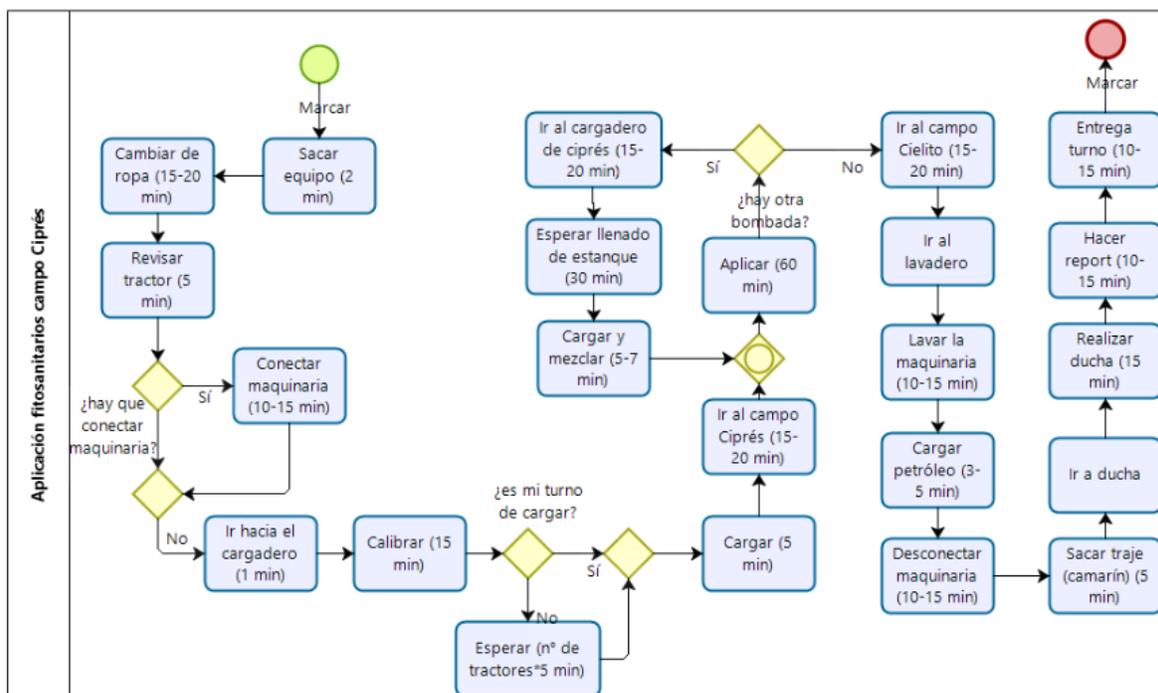
Ilustración 18: cargadero Ciprés



Fuente: elaboración propia

La aplicación de fitosanitarios en el campo Ciprés es similar al caso de Carolita, pero en vez de hacer todas las cargas en Cielito, se realiza solo la primera carga en Cielito, ya que en Ciprés cuentan con un cargadero, por lo tanto, la carga de las máquinas se hace en Ciprés desde la segunda. Como se puede ver en la Ilustración 19, junto al tiempo que toma cada actividad.

Ilustración 19: proceso de aplicación fitosanitarios campo Ciprés



Fuente: elaboración propia

3.2.4 Campo Shangrilá

Este campo tiene 68,25 hectáreas, 62,15 hectáreas son de plantaciones, las que cuentan con 4 cuarteles, 3 son plantaciones de manzanas y 1 de uva, 0,2 hectáreas son construcciones, 0,39 hectáreas son del patio de acopio, 0,35 hectáreas de la superficie de bosque y 5,16 hectáreas de canales y otros.

El cargadero que cuenta con una losa de cemento, un pozo ciego, una caseta para dosificación de los productos químicos junto a una pizarra, una pesa digital, un mesón, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, una rejilla con candado para almacenar los herbicidas, un contenedor para envases vacíos, una ducha de emergencia, un lavamanos y un estanque de 6.000 litros, el que es alimentado por una matriz y el agua es impulsada por una bomba, como se puede observar en el diagrama que se muestra a continuación. Además, en este campo hay un cargadero

no oficial, que cuenta con la losa de cemento, un hidrante para la salida del agua y caseta para dosificación, pero está al lado de un canal, por lo que no cumple con las normas establecidas.

Ilustración 20: cargadero Shangrilá

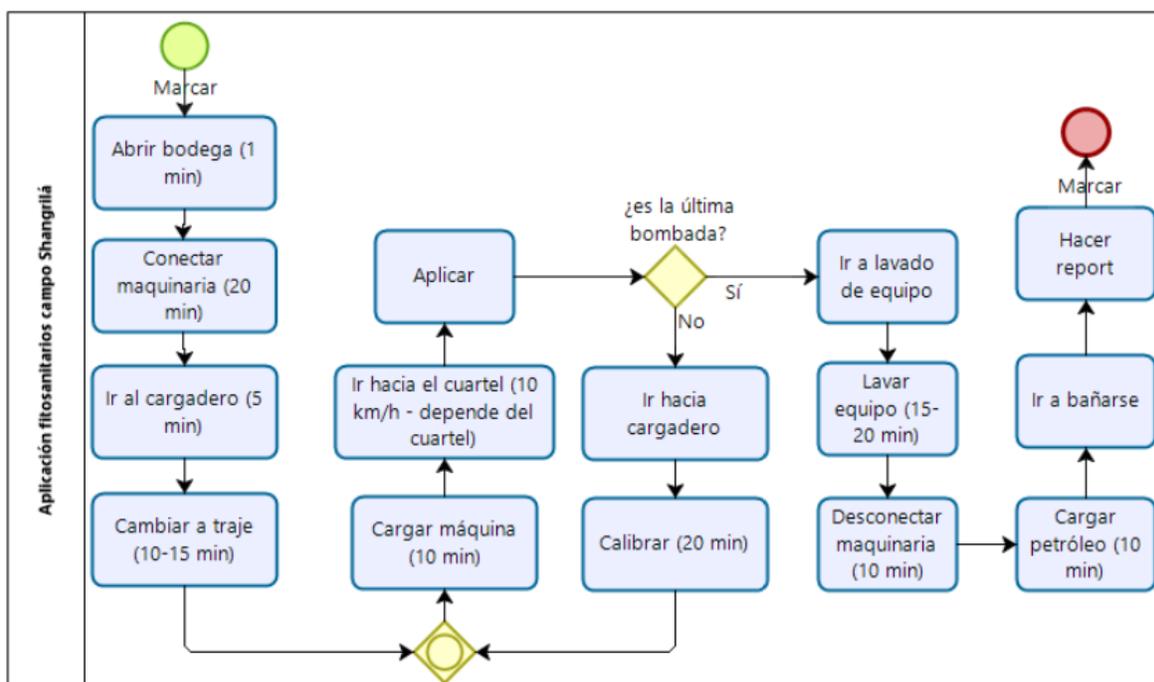


Fuente: elaboración propia

Referido al procedimiento de la aplicación de las bombadas de fitosanitarios en el campo Shangrilá, se puede observar completamente en la Ilustración 21, donde se pueden ver las actividades junto al tiempo que toma cada actividad.

Comienza con la llegada de cada aplicador, llega y marca, para luego dirigirse a la bodega y abrirla, conecta la maquinaria y se dirige al cargadero. En el camarín se pone el traje, carga la máquina y se dirige al cuartel indicado para realizar la bombada, la aplica y repite estas dos últimas tareas 3 veces más, ya que son 4 bombadas en promedio las que se realizan en este campo. Cuando se terminan, el operador se dirige a lavar el equipo y luego a la bodega, donde desconecta la maquinaria y carga petróleo para ir a guardar el tractor. Después de realizar todas estas tareas con la maquinaria, el aplicador se dirige al camarín a bañarse, para finalmente ir a la oficina a completar el *report* y salir de su turno luego de marcar.

Ilustración 21: proceso de aplicación fitosanitarios campo Shangrilá



Fuente: elaboración propia

3.2.5 Campo San Luis

Este campo tiene 203,75 hectáreas, de las que 157,03 están plantadas, 3,61 hectáreas son construcciones, 0,18 hectáreas es isla, 21,34 hectáreas pertenecen al patio de bins y 21,59 hectáreas corresponden a canales y otros. Además, este campo se compone de 24 cuarteles, 23 son de manzanas y 1 se encuentra arrancada para una futura plantación.

Actualmente, existen dos cargaderos, pero uno se encuentra operativo. El cargadero 1 que se encuentra operativo, cuenta con una losa de cemento para dos tractores junto a sus nebulizadoras, cuenta con un pozo ciego. Tiene una caseta para la dosificación con una pizarra, una pesa digital, un mesón, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, una rejilla con candado para almacenar los herbicidas, un contenedor para envases vacíos, ducha de emergencia y lavamanos. Además, cabe mencionar que el sistema de carga de agua es mediante una matriz alimentada de un

tranque, pero que tiene la fuerza para alimentar solo una salida de las dos que tiene, por lo que se puede cargar solo una nebulizadora a la vez.

El cargadero 2 cuenta solo con una manga para cargar agua y una losa para la maquinaria, al tener un sistema gravitacional, este cargadero se utiliza solo cuando se corta la luz, ya que se alimenta desde el tranque que se encuentra más arriba, y por gravedad cae el agua para cargar. Pero este cargadero solo es utilizado en casos de emergencia, cuando se corta la luz. En la Ilustración 22 e Ilustración 23 se pueden observar respectivamente la situación actual del cargadero operativo y no operativo.

Ilustración 22: cargadero 1 San Luis



Fuente: elaboración propia

Ilustración 23: cargadero 2 San Luis

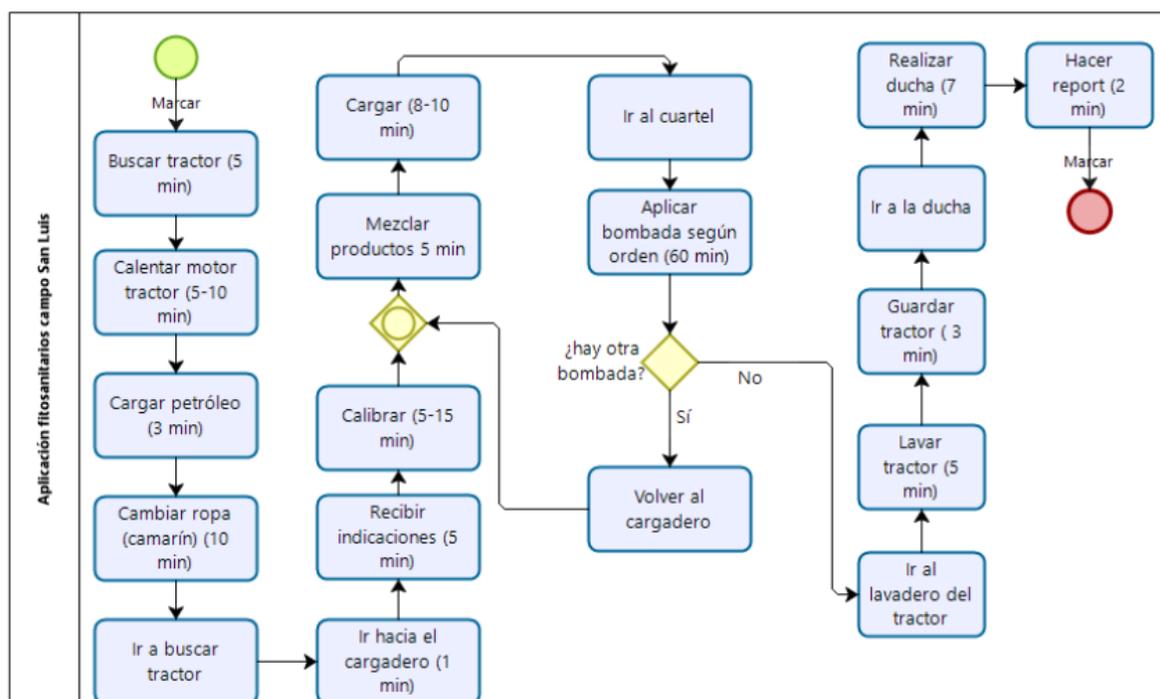


Fuente: elaboración propia

En relación con el procedimiento de la aplicación de las bombadas de fitosanitarios en el campo San Luis, se puede observar completamente en el diagrama que se muestra a continuación, donde se pueden ver las actividades junto al tiempo que toma cada actividad.

Comienza con la llegada de cada aplicador, va en busca del tractor y lo enciende para calentar el motor, luego carga petróleo y una vez que lo dejó cargado se dirige al camarín a cambiarse de ropa, terminando esto se dirige al cargadero y recibe las indicaciones. Luego, calibra y hace la mezcla de productos, carga el agua y se dirige al cuartel para realizar la bombada según las indicaciones, se repiten estas tres últimas tareas 3 veces más, ya que realizan 4 bombadas por turno. Después de terminar las aplicaciones, el aplicador se dirige al lavadero para lavar la maquinaria y luego lo guarda para dirigirse a la ducha, donde se baña y finalmente se va a la oficina a completar el *report*, para terminar su turno.

Ilustración 24: proceso de aplicación fitosanitarios campo San Luis



Fuente: elaboración propia

3.2.6 Campo Los Gualles y Meseta

El campo Los Gualles y Meseta cuenta con 140,67 hectáreas en total, se dividen en 38,54 hectáreas para el sector Los Gualles y 102,13 hectáreas en la Meseta. En el sector de Los Gualles hay 28,6 hectáreas plantadas, 0,51 hectáreas son del tranque, 0,69 hectáreas de construcción, 5,93 hectáreas de caminos perimetrales y 2,81 hectáreas de canales y otros. Aquí se tiene un cargadero con una losa de cemento, un pozo ciego, una caseta para dosificación que cuenta con una pesa digital, un mesón, una pizarra, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, una rejilla con candado para almacenar los herbicidas, un contenedor para los envases vacíos, una ducha de emergencia y un lavamanos, y el formato de carga de agua es mediante un hidrante, y el agua es impulsada por una bomba, la que es alimentada por el canal, además cuenta con un pozo séptico, como se puede ver en la siguiente imagen:

Ilustración 25: cargadero Los Gualles



Fuente: elaboración propia

En el sector de la Meseta hay 68,45 hectáreas plantadas, 0,43 hectáreas son del tranque, 8,95 hectáreas corresponden a caminos perimetrales, 0,48 hectáreas al patio de bins y 15,55 hectáreas de canales y otros. En este sector se tiene un cargadero que se abastece con un tranque y una meseta de riego mediante un hidrante, además tiene una losa de cemento, una caseta de dosificación con una pesa digital, un mesón, una pizarra, señaléticas de seguridad, probetas, jarros dosificadores, una rejilla con candado para almacenar los herbicidas, un contenedor para envases vacíos, una ducha de emergencia y un lavamanos, además tiene un pozo séptico, es el mismo sistema utilizado en el sector de Los Gualles, que se puede ver en la imagen siguiente:

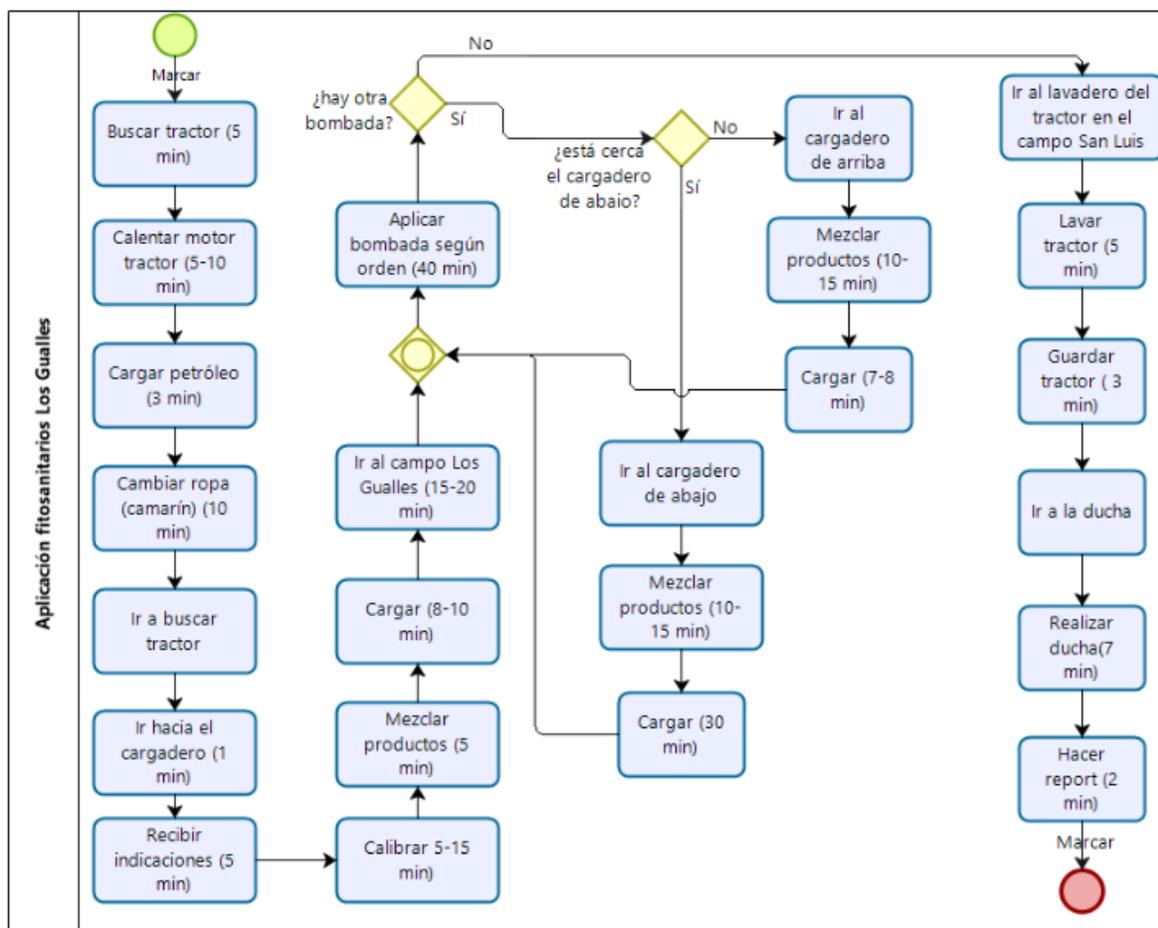
Ilustración 26: cargadero La Meseta



Fuente: elaboración propia

Respecto al procedimiento de la aplicación de las bombadas de fitosanitarios en el campo Los Gualles se puede observar completamente en la Ilustración 27, donde se pueden ver las actividades junto al tiempo que toma cada actividad. En este campo se comienza cargando la primera bombada en San Luis, donde se realizan las primeras tareas de la misma forma, con la diferencia que, para la segunda bombada, se carga en uno de los dos cargaderos que hay en el campo Los Gualles, dependiendo del que se encuentre más cerca. Terminadas las 3 bombadas promedio, los aplicadores se vuelven a San Luis y lavan el tractor junto a todas las demás tareas que se presentaron en el punto anterior, en el procedimiento de aplicación de fitosanitarios de San Luis.

Ilustración 27: proceso de aplicación fitosanitarios campo Los Gualles



Fuente: elaboración propia

3.3 Situación de las aplicaciones en general

De acuerdo a las diferentes variables que se ven involucradas en el proceso de aplicación, se podría pensar que es un proceso muy dinámico, debido a las repercusiones si cae lluvia, la estación en la que se está, la temperatura del ambiente, nivel de mojamiento (litros/hectárea a aplicar), velocidad del tractor, estado del suelo, densidad del cuartel (distancia entre cada planta entre hileras y entre cada fila), entre otras. Pero el proceso en sí no lo es, ya que siempre se hace de la misma forma y es el mismo procedimiento, siempre es necesario hacer las mismas tareas en todos los turnos, lo

que varía es el tiempo de aplicación, tiempo total de mezcla de productos, tiempo de carga, entre otros.

En relación a la situación en general de los cargaderos, se puede concluir que la cantidad de cargaderos no es el único problema que presenta el sector agrícola de Frutasol, ya que, mediante las entrevistas que se tuvo junto a los aplicadores se pudo observar que existen problemas estructurales, como por ejemplo, las cañerías implementadas en los cargaderos no son las adecuadas para las bombas que se tienen, reduciendo el caudal que sale por el hidrante que carga la maquinaria, lo que trae como consecuencia una demora de incluso 30 minutos en cargar los 2.000 litros de una máquina, derivando en la pérdida de una bombada por turno, ya que es mucho el tiempo que toma en cargar.

En el momento en que se detectó este problema se contactó a un servicio de riego e ingeniería, quien indicó que las bombas en los cargaderos tienen capacidad para entregar un caudal más grande, por lo que se tiene respaldo de un experto en el tema que verifica el problema detectado, específicamente es Eduardo Guzmán S. de TrioRiego, quien se ha encargado de las mediciones y cálculos necesarios.

Otro problema detectado es el cambio de boquillas que realizan en la mayoría de las aplicaciones, esta tarea necesita tiempo para poner las boquillas adecuadas según la orden de aplicación dada, lo que toma 20 minutos cada una y transformándose en una hora del total del turno. En el momento que se le informó al departamento de gestión este problema, coincidió con la visita a la empresa de un experto en calibración, Mario Muñoz Bustamante que pertenece a Torno Spa, por lo que se aprovechó la instancia para verificar si la situación actual de aplicación estaba deficiente. Luego de resolver todas las dudas junto al departamento de Control y Gestión, se llegó a la conclusión de que el proceso de aplicación se puede mejorar en comparación a cómo se realiza en la actualidad, ya que existe la opción de disminuir a sólo hacer cambio de boquillas al 10% del total de aplicaciones, aumentar la velocidad de aplicación y estandarizar las boquillas para un rango de mojamiento, cambios que el experto asegura con su experiencia que mejorarían en un gran porcentaje, ahorrando principalmente en mano de obra, petróleo y productos (fitosanitarios).

Otra problemática observada es que hay ocasiones en que la bombada no se aplica por completo, sino que quedan 1.000 litros, y el aplicador tiene que volver a la oficina del administrador a consultar dónde aplica el resto de producto, por lo que la orden que se realiza no contempla esta situación, lo que está mal, debido que al momento de hacer las órdenes, el encargado de fitosanitarios debe tener en cuenta que al operador le quedará producto, por lo que debe avisar al administrador para que lo tenga en consideración y le dé las indicaciones al operador en un inicio.

También hay otros problemas en el ámbito de cumplimiento de normas, como lo es pintar la losa de cemento con pintura con base epóxica, ya que con todos los productos que caen en este lugar, la norma exige realizar una mantención anual de esta losa, pintando para cada nueva temporada. Y, además, ningún cargadero tiene una zona de control de derrames con pala, escoba y dos baldes (uno con arena limpia), que se utiliza cuando hay un derrame de productos fitosanitarios accidentalmente y no quede nada de residuo en el lugar que ocurrió el accidente. Dado estos problemas, es necesario tener en consideración estos dos incumplimientos al momento de la restauración de los que tienen fallas y en los nuevos cargaderos que se van a implementar. Para el caso de la pintura, en los materiales se considerarán para todos los cargaderos, y en cuanto al pozo séptico, en todos los nuevos cargaderos estará considerado hacer uno, ya que es indispensable en un cargadero.

Además de todo lo que se ha mencionado, el experto en calibraciones de Torno Spa, Mario Muñoz Bustamante, entregó un informe técnico después de una revisión total de las máquinas que tiene la empresa, verificando el estado general de las máquinas pulverizadoras y chequeo de RPM de los tractores para poder llevar a cabo el servicio de calibración. Se concluyó que las máquinas están en buenas condiciones en general, pero se encontraron problemas en la salida de la pulverización, en el grupo de aire, arrojó que en varias máquinas tienen distintos surtidores en los ramales de salida, lo que produce una pulverización desigual (brisa de líquido que forma); también las 18 máquinas revisadas están con placas y difusores “J”, las que no son recomendables por el tipo de gota, calidad de cerámica y manipulación.

Otra falencia que se logró visualizar es que varios equipos tienen distintos tipos de surtidores y algunos sin antigotas, los que al cerrar los arcos permiten que estos corten y no siga saliendo producto químico por los surtidores, y es primordial el uso de antigotas con los que se puede lograr un ahorro de producto entre un 2% y 6%.

Por último, es importante destacar que el traslado desde Cielito a Carolita y Ciprés resulta ser una acción muy riesgosa en el sentido que se trasladan productos químicos que en el caso de un accidente de la camioneta que se transporta, puede provocar un derrame tóxico, con el que se puede tener graves consecuencias, por lo que es importante mantener productos químicos en cada campo.

CAPÍTULO 4: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En el presente capítulo se plantea el análisis de los datos entregados por la empresa, correspondiente a las distancias que existe en las plantaciones de cada cuartel en los diferentes campos, para la posterior estimación del tiempo total que toma la aplicación en una hectárea en dichos cuarteles, dada la distancia y velocidad entregada por los aplicadores.

4 Estandarización de datos

Después del estudio de la situación actual del proceso de aplicación de fitosanitarios y luego de todas las visitas realizadas a los campos y entrevistas a los aplicadores de los diferentes campos, se pudo conocer la gran variación que existe entre una aplicación y otra, ya que cada cuartel presenta una fruta diferente y a la vez, cada árbol se encuentra con un marco de plantación y crecimiento diferente, características que hacen variar el tiempo de las aplicaciones. Por otro lado, resulta que hay escenarios que se repiten con mayor frecuencia, lo que permite que se pueda simular el episodio más representativo, en vista que la simulación no permite crear procesos altamente dinámicos, es por esta razón que se decide estandarizar los tiempos y procesos involucrados en las aplicaciones.

Cabe destacar que esta decisión se ha tomado debido a que, si se aumenta la cantidad de bombadas de un turno, dadas ciertas condiciones, se espera que esto también se replique en condiciones diferentes, ya que los tiempos aumentan o disminuyen de forma proporcional, porque la distancia recorrida siempre es la misma, y por ende tiende a ser representativo de la misma forma si se hiciera de cada caso que existe. Por lo tanto, dada la justificación presentada, hay ciertas condiciones que se han homogeneizado dentro del proceso de aplicación que se presentan en el siguiente apartado.

4.1 Análisis de tiempos de los procesos dentro de la aplicación

Debido a las características nombradas, por un lado, se tiene que existen bombadas de 400, 500, 800, 1.000, 1.200, 1.500, 2.000, 2.500 y 3.000 litros por hectárea, pero en la mayoría de los casos se aplican bombadas de 1.000 y 2.000 litros por hectárea, por lo que se decide simular el proceso de una bombada con 1.000 litros por hectárea, para que a la vez establecer que la bombada se aplica completa y no a medias como ocurre en algunas ocasiones.

Por otro lado, se decide que la velocidad promedio de aplicación es de 3,5km/h, ya que con la marcha y presión configurada en los tractores al momento de aplicar, resulta esta velocidad,

además esta información es dada por el programador de aplicaciones, que es quien calcula estos valores mediante una planilla en Excel.

Para el caso de la velocidad de los tractores en el traslado, por información entregada por el programador de aplicaciones y los aplicadores, se estableció que es de 10km/h, porque este es el promedio que se trasladan entre cargadero y cuartel, a veces debido al tipo de suelo se va a una menor o mayor velocidad, pero por lo general lo hacen a la velocidad dicha anteriormente.

Por último, los tiempos de los procesos realizados durante la aplicación son variados en cada campo, por lo que se toman los tiempos promedio en cada campo, dado por los aplicadores en las entrevistas realizadas personalmente en terreno, los cuales se describen a continuación:

I. Campo Cielito, Carolita y Ciprés

En el caso de Carolita y Ciprés, la primera aplicación se carga en el campo Cielito, y luego de hacer todos los procesos anteriores a la carga, se dirigen a Carolita o Ciprés según corresponda, el traslado de Cielito a Carolita es de 10min y desde Cielito a Ciprés es entre 15 y 20min. Los tiempos de los demás procesos se presentan a continuación:

- Sacar traje: 2min
- Cambiar ropa: entre 15 y 20min
- Revisar tractor: 5min
- Conectar maquinaria: entre 10 y 15min
- Calibrar: 15min
- Cargar maquinaria con agua y productos: 5min
- Lavar maquinaria: entre 10 y 15min
- Cargar petróleo: entre 3 y 5 min
- Desconectar maquinaria: entre 10 y 15min
- Sacar traje: 5min
- Realizar ducha: 15min
- Hacer “*Report*”: entre 10 y 15min

- Entregar turno: entre 10 y 15min

II. Campo Shangrilá

- Abrir bodega: 1min
- Conectar maquinaria: 20min
- Cambiar traje: entre 10 y 15min
- Cargar maquinaria con agua y productos: 10min
- Calibrar: 20min
- Lavar maquinaria: entre 15 y 20 min
- Desconectar maquinaria: 10min
- Cargar petróleo: 10min
- Realizar ducha: 15min
- Hacer “*Report*”: entre 10 y 15min

III. Campo San Luis

- Buscar tractor: 5min
- Calentar motor de tractor: entre 5 y 10min
- Cargar petróleo: 3min
- Cambiar ropa: 10min
- Recibir indicaciones: 5min
- Calibrar: entre 5 y 15min
- Dosificar y mezclar productos: entre 10 y 15min
- Cargar maquinaria con agua: entre 8 y 10min
- Lavar maquinaria: 5min
- Realizar ducha: 7min
- Hacer “*Report*”: 5min

IV. Campo Los Gualles (Inicio en el Campo San Luis)

- Buscar tractor: 5min
- Cargar petróleo: 3min
- Cambiar ropa: 10min

- Recibir indicaciones: 5min
- Calibrar: entre 5 y 15min
- Dosificar y mezclar productos: entre 10 y 15min
- Cargar maquinaria con agua y productos: entre 8 y 10min
- Ir al campo Los Gualles: entre 15 y 20min
- Cargar agua y productos (cargadero 1): entre 20 y 30min
- Cargar agua y productos (cargadero 2): entre 7 y 8min
- Ir al campo San Luis: entre 15 y 20min
- Lavar maquinaria: 5min
- Realizar ducha: 7min
- Hacer “*Report*”: 5min

4.2 Estimación de tiempos a partir de datos

A causa de que cada cuartel presenta un marco de plantación diferente, en cada uno de estos se recorre una distancia distinta, la que puede ser calculada con la cantidad de plantas existentes en cada cuartel y la distancia sobre hilera que presenta la plantación de la fruta, dicha información se encuentra disponible en el área de producción, específicamente es el Gerente agrícola quien facilita en un Excel los marcos de plantación (distancia entre hileras x distancia sobre hileras), la cantidad de plantas totales y el número de hectáreas de cada cuartel, datos que junto a la velocidad de aplicación promedio, permitieron obtener el tiempo de aplicación de cada hectárea en los diferentes cuartes.

El cálculo de las distancias y los tiempos se pueden observar desde el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde la distancia total se calcula multiplicando el total de plantas con la distancia sobre-hilera(SH), luego se saca la proporción de la hectárea simulada, debido a que las simulaciones se hacen con hectáreas enteras, y luego con la distancia obtenida y la velocidad promedio de

aplicación, se obtiene el tiempo que demora en aplicar cada hectárea, las que posteriormente se ingresan a la simulación.

CAPÍTULO 5: DESARROLLO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se muestra cómo se procede con el desarrollo del proyecto luego del estudio de la situación actual, el hallazgo de los problemas y la recolección de datos obtenidos en las visitas a terreno y la información proporcionada por la empresa. En este apartado se describen paso a paso los procesos que se llevarán a cabo junto a las metodologías y herramientas necesarias.

5.1 Simulación de procesos

Para ejecutar el desarrollo del modelo de simulación del proceso de aplicación de fitosanitarios en los campos, se deben investigar los procesos que se quieren simular, las características del sistema, las razones por las que se va a llevar a cabo la simulación, entre otras. Por todo esto, se procede a nombrar y posteriormente a mostrar el desarrollo de cada una de las etapas de la simulación, las que son las siguientes:

1. Formulación
2. Definición del sistema
3. Formulación del modelo
4. Colección de datos
5. Implementación del modelo en el simulador
6. Verificación
7. Validación
8. Diseño del experimento (mejoras del proyecto)
9. Experimentación
10. Interpretación
11. Implementación
12. Documentación

Las últimas dos etapas (implementación y documentación) no se llevarán a cabo por límites de tiempo destinado para el proyecto.

Con todas las etapas mencionadas se desarrolla el proyecto en los campos de Frutasol, desarrollando en cada una de las etapas el uso de herramientas obtenidas por la ingeniería, las que son importantes y necesarias para obtener los resultados esperados.

Luego de haber hecho todos los pasos nombrados, se lleva a ejecución el desarrollo de alternativas para lograr aumentar la cantidad de bombadas por turno que aplica cada tractor.

5.2 Formulación del problema

Aquí es donde se definen los objetivos de la simulación junto a la empresa, donde se tienen los siguientes factores:

- **Variables de interés:** cantidad de bombadas llevadas a cabo en un turno por cada tractor.
- **Tiempos de interés:** cantidad de minutos efectivos necesarios para aplicar cada bombada que hacen los tractores, además el tiempo total de todos los traslados que se ejecutan entre cada cuartel y el cargadero utilizado.
- **Resultados que se esperan de la simulación:** modelo que represente la realidad del proceso de aplicación de fitosanitarios en los huertos.

Por último, se llega acuerdo junto a la empresa de entregar los tiempos nombrados anteriormente junto al porcentaje de mejora esperado obtenido de las propuestas.

5.3 Definición del sistema

En esta etapa se define el alcance que tendrá la simulación del proceso en cuestión, es decir, aquí se identifica en qué proceso se da inicio y en cual da por finalizada la simulación llevada a cabo.

Para lograr concretar el alcance, se hace un estudio y levantamiento de los procesos que se involucran en la aplicación de fitosanitarios, el cual ya ha sido estudiado anteriormente en el apartado 3.2 Situación actual de cada campo, los que presentan 8 procesos principales que se muestran a continuación:

- Buscar tractor
- Cambiar de ropa o ducha
- Recibir indicaciones
- Preparar maquinaria
- Aplicar
- Lavar maquinaria

- Realizar ducha
- Hacer “*Report*”

El modelo de simulación está centrado en los tiempos totales que existen dentro del proceso de aplicación, debido a que cada tarea efectuada involucra tiempo, el que provoca un aumento en el total del proceso a estudiar, es por este motivo que el alcance contempla desde un inicio la tarea de ir a buscar el tractor, para finalizar con la creación del “*Report*” y finalización del turno.

5.4 Formulación de la simulación

Para comenzar con la formulación se deben definir todos los procesos que conforman el sistema y el cómo serán vistos, debido a que el aspecto fundamental del proceso estudiado es el tiempo total que se demoran en aplicar una bombada. Por otro lado, las entidades que están en el sistema son los aplicadores junto al tractor y la nebulizadora.

Luego de tener claro los aspectos más importantes del proceso de simulación, junto con el problema u oportunidad de mejora, se reconocen los procesos indispensables para realizar la simulación.

En el presente proyecto se engloba el proceso de aplicación de fitosanitarios en siete grandes procesos, los que son:

- Preparar maquinaria
- Cambio de ropa o ducha
- Carga de maquinaria
- Aplicación bombada
- Lavado maquinaria
- Carga de petróleo
- Hacer “*Report*”

Además, se consideran los procesos secundarios del proceso de aplicación, los que toman menos tiempo en ejecutarlos:

- Calentar motor de tractor
- Recibir indicaciones
- Calibrar
- Dosificar y mezclar productos
- Cargar maquinaria con agua
- Lavar maquinaria
- Cargar petróleo
- Desconectar maquinaria
- Guardar maquinaria
- Realizar ducha

Todos los procesos nombrados se pueden observar en el diagrama de procesos básicos para simulación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) para el cual se estudian los tiempos efectivos de las rutas desde los cargaderos a los cuarteles y los tiempos de cada proceso nombrado anteriormente, todo lo necesario para medir el proceso total de las aplicaciones de fitosanitarios en los campos.

5.5 Colección de datos

Para poner en funcionamiento un modelo de simulación que sea fidedigno a la realidad del proceso observado, se precisan datos de tiempos que representen el comportamiento de los procesos que se desarrollan en las aplicaciones, para lo cual se investigó las distancias recorridas por los tractores y es en el apartado 4.1 Análisis de tiempos de los procesos dentro de la aplicación y 4.2 Estimación de tiempos a partir de datos donde se presenta la recolección de datos y los valores de dichos tiempos se pueden ver desde el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

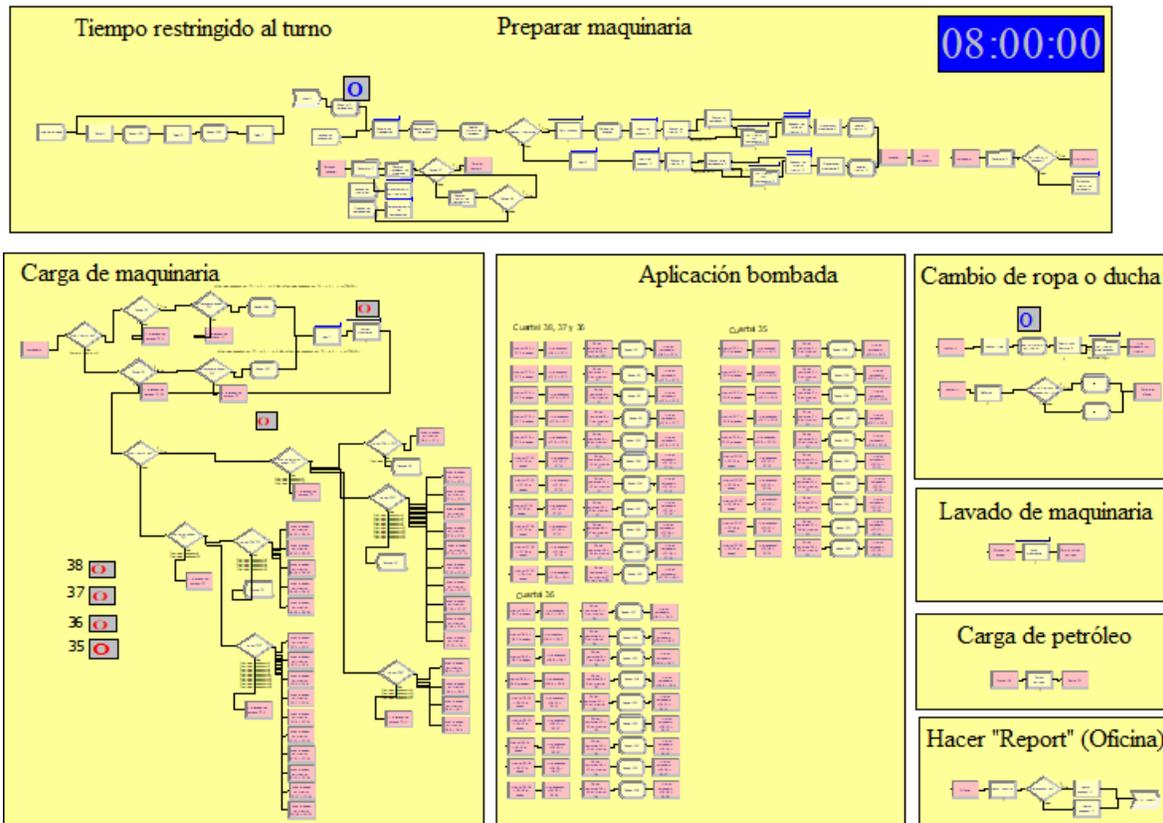
5.6 Implementación de la simulación en el *software*

En esta etapa se concreta el programa a utilizar para efectuar las simulaciones de las aplicaciones en los seis campos de Frutasol, donde se decide entre las diferentes herramientas utilizadas en el transcurso de la carrera de Ingeniería Civil Industrial, que corresponde al *software* de simulación Arena, el que es capaz de simular procesos, rutas, transporte, esperas, decisiones de acuerdo a condiciones, entre otras cosas. En vista de que Arena se ajusta a todo lo que se necesita simular, es el software elegido, pese a que en una primera instancia se pensó en precisar del software OPL (*Optimization Programming Language*), pero debido a que se elaboraría un problema no lineal, se decide ocupar el simulador nombrado.

Una vez definido el programa a poner en funcionamiento y teniendo todos los tiempos requeridos para simular, se comienza a traspasar los procesos básicos mostrados desde el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Luego, se va complementando y complejizando según la realidad del sistema, las decisiones involucradas, los tiempos calculados, la estandarización decidida, etc. A medida que se estudia en mayor detalle el proceso que se encuentran nuevos factores, se van agregando o quitando al modelo para que resulte lo más representativo y real posible.

En la Ilustración 28 se puede observar todos los procesos, rutas, decisiones y esperas que involucra el proceso de aplicación, el cual es representativo para los 6 campos de Frutasol, ya que la diferencia entre unos y otros son los tiempos, dado que todos deben cumplir con los procesos necesarios para llevar a cabo la aplicación.

Ilustración 28: simulación en Arena de la situación actual



Fuente: elaboración propia

5.7 Verificación

Para verificar la simulación efectuada se necesita de diferentes análisis, entre los que se demostrar que los procesos tienen la secuencia real, que las decisiones diseñadas se cumplan, las relaciones entre cada proceso y que las entidades cumplan con todo lo establecido, para luego ver que todas las hectáreas de los cuarteles fueron aplicadas. La confirmación de la validez del modelo implementado se demuestra en el siguiente apartado.

5.8 Validación

Esta acción corresponde a una etapa de suma importancia dentro de la simulación, la que permite concluir si la simulación es admitida o no.

Para validar el modelo simulado se implementan dos tipos de pruebas, de las que una se enfoca en los resultados por medio del uso de pruebas de confiabilidad e hipótesis y la validación restante es la opinión de los expertos en la presentación de la simulación.

Los siguientes parámetros son los utilizados para validar el modelo:

- Cantidad de bombadas por turno: es la totalidad de bombadas aplicadas en el turno por un tractor.

Por otro lado, es importante mencionar que se precisa de, mínimo de un 70% de aprobación para las pruebas de hipótesis y opinión de expertos.

Al validar el modelo por medio resultados se requiere utilizar dos metodologías, primero se selecciona el campo y el tractor a validar la cantidad de bombadas que efectúa. Además, para validar el proceso productivo se requiere hacer las siguientes actividades:

- Calcular el número de simulaciones necesarias
- Correr las simulaciones establecidas
- Validar la hipótesis planteada

5.8.1 Cálculo del número de simulaciones

Con el fin de fijar el número óptimo de simulaciones, se considera la siguiente fórmula, la que considera una muestra de tamaño inicial l_1 , denominada muestra piloto (Dagoberto Obreque y Eduardo Salazar, 2009). Los valores estadísticos son obtenidos de la tabla *t-Student* que se encuentra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** A continuación se presenta la ecuación mediante la cual se decreta el número de simulaciones a ejecutar.

$$n = \frac{s^2 * \left[\left(t_{l_1-1, \frac{\alpha}{2}} \right) \right]}{K^2}$$

Donde:

n = número de simulaciones

t = estadístico de la distribución t-student

l_1 = muestra piloto

α = nivel de rechazo, considerando un nivel de aceptación del 70%

s^2 = estimador de la varianza a simular

K^2 = error máximo permisible entre la media del modelo de simulación y el sist. real

Una vez determinado el número de simulaciones, se debe determinar el número de réplicas por simulación, las que están entre 3 y 10 réplicas (Azarang, 2004). Por lo cual se decide que para cada simulación se ejecutan 4 réplicas debido a la cantidad de modelos a ejecutar.

Ahora, para validar el modelo de simulación se debe utilizar el *test* de hipótesis sobre la media, ya que no se conoce la varianza poblacional del sistema simulado (s^2). La hipótesis para poder aplicar la t de *Student* es que en cada grupo la variable estudiada siga una distribución normal, que se realiza el *test* de una muestra y que las muestras son independientes. Si no se verifica que se cumplen estos supuestos, los resultados de la prueba T de *Student* no tienen ninguna validez.

Planteamiento de la hipótesis sobre la media

$$H_0 : \mu_s = \mu_0$$

$$H_1 : \mu_s \neq \mu_0$$

Donde la hipótesis H_0 se acepta si t estadístico es mayor al valor crítico t_c , con lo cual el modelo estará validado estadísticamente.

La fórmula para determinar el valor crítico es la que se presenta a continuación:

$$t_c = \frac{(\mu_s - \mu_0)}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

t_c = valor crítico

μ_s = media simulada de la variable a ser verificada

μ_0 = media real con la cual se va a comparar

S = desviación estándar de la variable simulada

n = número de simulaciones o experimentos

El tiempo de corrida para la simulación deseado corresponde a 480 minutos, que equivale al tiempo que requiere el turno de aplicación de fitosanitarios para hacer las bombadas especificadas. Por lo tanto no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y en consecuencia se acepta, validando la analogía entre medias del sistema real y el simulado.

5.9 Resultados de la simulación

Presentado todo lo necesario para validar la simulación, se procede a mostrar los resultados de los tiempos obtenidos de la simulación de la situación actual en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 2: resumen resultados de tiempos (min) situación actual

Campo	Aplicar	Trasladar	Calibrar	Cargar
Cielito	6.821,5	1.278,2	645,0	440,0
Carolita	1.125,5	250,5	135,0	60,0
Ciprés	2.633,1	389,0	270,0	145,0
Shangrilá	3.428,2	479,0	270,0	310,0
San Luis	6.794,0	955,7	675,0	800,0
Los Gualles	4.931,7	1.151,1	415,0	1.660,0

Fuente: elaboración propia

Entregados los resultados, se puede observar que los tiempos que varían dado el diagnóstico y las propuestas de mejoras, tienen un tiempo total siguiente de acuerdo a cada campo:

- **Cielito:** 9.184,7 minutos o 153,1 horas o 23,5 turnos
- **Carolita:** 1.571,0 minutos o 26,2 horas o 4,1 turnos
- **Ciprés:** 3.437,1 minutos o 57,3 horas o 8,8 turnos
- **Shangrilá:** 4.487,2 minutos o 74,8 horas o 11,5 turnos
- **San Luis:** 9.224,7 minutos o 153,8 horas o 23,7 turnos
- **Los Gualles:** 8.157,8 minutos o 136,0 horas o 20,9 turnos

CAPÍTULO 6: DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS

En el presente capítulo se presentan todos los cambios que se van a realizar a la situación actual y se van a contemplar en la simulación, estas corresponden específicamente a modificaciones que se harán en los cargaderos y al proceso en sí de las aplicaciones, debido a todos los problemas detectados en el diagnóstico del sector agrícola de Frutasol. Posterior a esto, se efectúa la muestra de resultados obtenidos de la simulación implementada en el proceso de aplicación de fitosanitarios.

6.1 Modificaciones a generar en las aplicaciones de fitosanitarios y cargaderos en los campos

De acuerdo a la situación de cada campo, se estudiarán los posibles cambios en cada uno, ya sea abrir nuevos cargaderos y/o modificar las capacidades de los que se encuentran en la actualidad.

Debido a que existen dos normas importantes que cumplir, los lugares donde se deben ubicar los cargaderos se limitan, por un lado “Global GAP” indica que no se instalen cargaderos cerca de fuentes de agua, ya sea canal, pozo profundo, tranque u otros, aunque no especifica la distancia debida. Pero esta ley se complementa junto a la segunda norma, el protocolo de plaguicidas, el que se establece en el “Decreto Supremo 158, Artículo 11º”, que establece que la distancia mínima que tiene que tener un cargadero a una fuente de agua es de 50m a la redonda medidos desde el borde del área de aplicación, (Biblioteca del Congreso Nacional BCN, 2014).

Dadas todas estas condiciones, se presentan a continuación las potenciales ubicaciones de los nuevos cargaderos y las modificaciones que se esperan realizar a los cargaderos ya existentes. Es importante mencionar que todas las propuestas de ubicaciones de cada uno de los cargaderos, se estudiaron junto al gerente agrícola, encargado de fitosanitarios y el departamento de Control y Gestión de la empresa, por lo tanto, las propuestas están respaldadas por la experiencia que tienen estas personas y los años que llevan conociendo los campos de Frutasol.

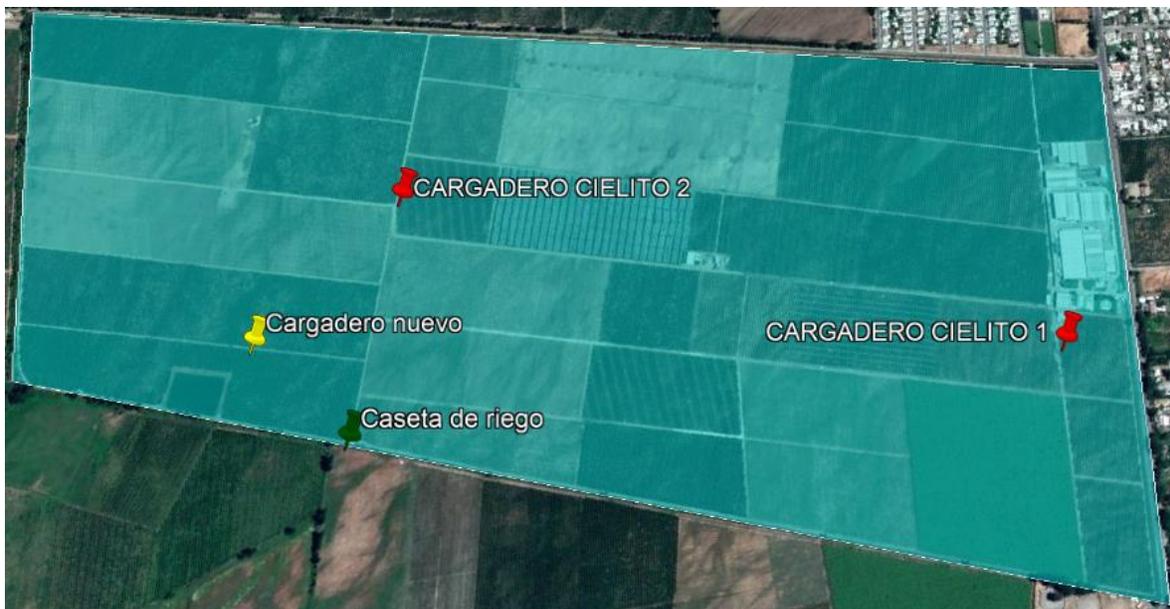
6.1.1 Modificaciones en el campo Cielito

En este campo, se hace necesario realizar dos cambios, uno consiste en finalizar el cargadero 2 con la instalación de una bomba y una matriz que permita impulsar el agua desde un tranque hasta el cargadero, y, por otro lado, abrir un nuevo cargadero dentro del campo, como se puede ver en la Ilustración 29, para que con esto se pueda abastecer toda la plantación del campo con 3 cargaderos disponibles en total. Por lo tanto, es necesario terminar el cargadero 2 y construir la estructura completa del cargadero propuesto, junto al dentro de control en serie, control de succión y descarga e hidrante, además de la cañería que va desde la caseta de riego. Es importante mencionar que el

“cargadero cielito 2” y “cargadero nuevo” serán alimentados de la caseta de riego, donde se va a ocupar la cañería directa que hay desde esta hasta el “cargadero cielito 2” y a la altura que se encuentra el “cargadero nuevo” se dispondrá de una cañería con salida en “T” para poder alimentar dicho cargadero.

Además, es necesario pintar la losa de cemento de los cargaderos que ya se encuentran instalados y establecer una zona de control de derrames con pala, escoba y dos baldes (uno con arena limpia), ya que es fundamental cumplir con estos requerimientos que exigen las normas.

Ilustración 29: propuesta ubicación de cargadero en Cielito



Fuente: elaboración propia

6.1.2 Modificaciones en el campo Carolita

En Carolita surge la necesidad de modificar el cargadero que existe actualmente, pero como está en malas condiciones, se debe hacer un cargadero completamente nuevo, estructura, hidrante, control de succión y descarga, y control en serie, ya que lo que está actualmente no sirve. Además, instalar un estanque de 5.000 litros, ya que se cuenta con uno y no es utilizado, por lo que no se gastaría en la compra de uno. La ubicación del cargadero se muestra en la Ilustración 30. Y es

válido destacar que el cargadero va a ser alimentado desde la caseta de riego, lo que contempla la cañería necesaria para ello.

Ilustración 30: ubicación de cargadero en Carolita



Fuente: elaboración propia

6.1.3 Modificaciones en el campo Ciprés

En este campo se va a agregar otro estanque de 2.000 litros de capacidad, resultando 6.5000 litros totales para cargar las nebulizadoras. Esta modificación permitirá mejorar el tiempo de carga de agua, ya que el estanque en ningún momento quedará vacío, porque en este campo sólo trabajarán dos tractores, lo que permitirá siempre dejar agua en el estanque. Conjuntamente, se implementará el sistema necesario para que comience a andar la bomba de forma automática, eliminando así el problema que se tenía en un inicio.

Además de lo mencionado, es necesario construir un pozo ciego, ya que actualmente se está utilizando un tambor para cumplir la función de pozo ciego, lo que por norma no se debe utilizar, por lo tanto, este y otros motivos vuelven necesaria y urgente la construcción y mejoramiento de los espacios destinados a la producción.

Ilustración 31: ubicación de cargadero en Ciprés



Fuente: elaboración propia

6.1.4 Modificaciones en el campo Shangrilá

En el campo de Shangrilá se va a instalar un cargadero más para que se abastezca todo el campo con dos cargaderos. Se pretende que sea sin estanque, que se alimente por medio de una matriz y una bomba, por lo tanto, este nuevo cargadero debe construirse completamente, exceptuando la estructura de la casa de dosificación, ya que se utilizará la que tiene el cargadero no oficial, y así abaratar costos y aprovechar la estructura que se encuentra en buenas condiciones. Por lo que es necesario instalar para el nuevo cargadero un hidrante, el sistema de control en serie y un control de succión y descarga. La ubicación del nuevo cargadero se puede ver en la siguiente ilustración.

Ilustración 32: propuesta ubicación de cargadero en Shangrilá



Fuente: elaboración propia

6.1.5 Modificaciones en el campo San Luis

Aquí se desean abrir dos cargaderos, ya que hay uno solo en funcionamiento que no da abasto para todo el campo, las modificaciones se enfocan en la mejora del llenado de agua del cargadero 1, con el fin que se puedan llenar dos máquinas a la vez, ya que actualmente el caudal no rinde para dos cargas. Además, se deben abrir dos cargaderos más, el cargadero 2 y el cargadero 3 (opción 1 y opción 2 respectivamente), como se pueden ver en la Ilustración 33, donde se contempla para cada cargadero la instalación de la estructura sólida, el hidrante, control en serie y el control de succión y descarga. Cabe destacar que el cargadero “opción 1” será alimentado por la “caseta de riego 1” y el cargadero “opción 2” se alimentará de la caseta de riego principal.

Ilustración 33: propuesta ubicación de cargaderos en San Luis



Fuente: elaboración propia

6.1.6 Modificaciones en el campo Los Gualles y Meseta

Aquí es necesario mejorar el tiempo de carga de ambos cargaderos, ya que el cargadero 1 se demora 30 minutos en cargar 2.000 litros, y el cargadero 2 toma un tiempo de 7 a 8 minutos en cargar los 2.000 litros, por lo tanto, es necesario modificar cañerías a una de 90”, para llegar a los 5 minutos de carga aproximadamente, ya que las bombas existentes rinden con la capacidad necesaria para cumplir el caudal que se precisa.

Además, se debe abrir un cargadero en la parte de la Meseta, ya que un sector queda muy lejos del cargadero que hay y al ser un camino complejo, la maquinaria se deteriora, por lo que

surge la necesidad de abrir un nuevo cargadero para abastecer este sector que se encuentra más alejado, como se puede ver en la Ilustración 34, que corresponde a “cargadero nuevo” y será alimentado desde el “tranque”, por lo que se necesita instalar la estructura, el hidrante, el centro de control y centro de succión y descarga.

Ilustración 34: propuesta ubicación de cargadero en Los Gualles



Fuente: elaboración propia

6.1.7 Modificaciones en la aplicación de fitosanitarios

De acuerdo a lo conversado con Mario Muñoz Bustamante de Torno Spa, experto en calibración, se pueden hacer varias modificaciones en la maquinaria, lo que implica modificar el proceso de aplicación de fitosanitarios, ya que con las modificaciones sugeridas no existiría cambio de boquillas para todas las aplicaciones, solamente para una cantidad pequeña de aplicaciones (aproximadamente 10% del total), los tractores andarían a una mayor velocidad, específicamente a 6km/h y, además, los tractores no trabajarían a la máxima potencia como se hace hoy en día, siendo esto último un importante beneficio, pues según el informe técnico que Torno Spa envió al

departamento de Control y Gestión, se relaciona al tema con las siguientes palabras: “aumentar la eficiencia en el uso de agroquímicos; beneficio ambiental, puesto que la mayoría de los agricultores sobre dosifica la cantidad de agroquímicos aplicados ante la eventualidad de una aplicación no uniforme; economizar petróleo y mano de obra, esto se logra sustancialmente solamente con una buena calibración y obtener de los tractores entre 480 a 500RPM (revoluciones por minuto) al toma de fuerza del tractor (TDF); lograr un mojamiento homogéneo, esto se logra instalando los multiplicadores de gota y las boquillas de turbulencia de 80 grados; y, ahorro de producto químico, esto se logra instalando los surtidores antigotas logrando un ahorro entre 2% y 6%” y un ahorro en petróleo entre 4% y 6% debido a que los tractores serán utilizados en menos RPM.

6.2 Sectorización de las aplicaciones

Además de las mejoras nombradas anteriormente, se pretende sectorizar las aplicaciones, es decir, destinar los tractores junto a sus nebulizadoras a cada campo, y a la vez también asignarlos para que apliquen en un sector específico, ya que con esto se logra responsabilizar a cada operador con su lugar de trabajo y permite que dé lo mejor de sí para obtener buenos resultados en la fruta, porque si esta resulta dañada, será, en parte, responsabilidad del aplicador del sector.

6.2.1 Sectorización campo Cielito y Carolita

En estos campos se ocuparán 5 tractores, donde la distribución de los cuarteles son los siguientes y se pueden observar en la Ilustración 35 y la Ilustración 36:

- **Tractor 1 (rojo):** Carolita (30-31-32-33-34) – 07 – 08
- **Tractor 2 (lila):** 01 – 04 – 05 – 12 – 18
- **Tractor 3 (calipso):** 03 – 09 – 06 – 11 – 13 – 14 - 2
- **Tractor 4 (amarillo):** 15 – 19 – 20 – 23 – 28 – 27
- **Tractor 5 (verde):** 10 – 17 – 21 – 22 – 25 – 26 – 24

Ilustración 35: sectorización campo Cielito



Fuente: elaboración propia

Ilustración 36: sectorización campo Carolita



Fuente: elaboración propia

6.2.2 Sectorización campo Ciprés

En estos campos se ocuparán 2 tractores, donde la distribución de los cuarteles son los siguientes y se pueden observar en la imagen que se muestra a continuación:

- **Tractor 1 (verde):** 01 – 02 – 03 – 04 - 05
- **Tractor 2 (rojo):** 06 – 07 – 08 – 09

Ilustración 37: sectorización campo Ciprés



Fuente: elaboración propia

6.2.3 Sectorización campo Shangrilá

En estos campos se ocuparán 3 tractores, donde la distribución de los cuarteles son los siguientes y se pueden observar en la imagen que sigue:

- **Tractor 1 (rojo):** 35
- **Tractor 2 (amarillo):** 36
- **Tractor 3 (lila):** 37 – 38

Ilustración 38: sectorización campo Shangrilá



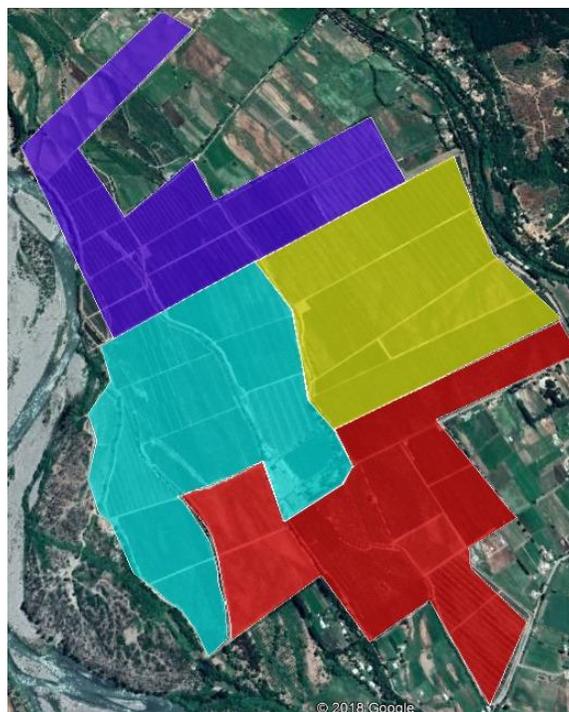
Fuente: elaboración propia

6.2.4 Sectorización campo San Luis

En estos campos se ocuparán 4 tractores, donde la distribución de los cuarteles son los siguientes y se pueden observar en la ilustración siguiente:

- **Tractor 1 (lila):** 60 – 62 – 63 – 64
- **Tractor 2 (amarillo):** 46 – 47 – 48 – 56 – 57
- **Tractor 3 (rojo):** 40 – 41 – 42 – 43 – 44 – 52 – 58 – 59
- **Tractor 4 (calipso):** 45 – 49 – 50 – 51 – 53 – 55 – 54

Ilustración 39: sectorización campo San Luis



Fuente: elaboración propia

6.2.5 Sectorización campo Los Gualles

En estos campos se ocuparán 2 tractores, donde la distribución de los cuarteles son los siguientes y se pueden observar en la imagen que se encuentra a continuación:

- **Tractor 1 (calipso):** 70 – 71 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 – 78 – 79 – 101 – 102 – 103 – 104 – 105 – 106 – 107 – 110 – 111 – 112 – 113
- **Tractor 2 (rojo):** 108 – 109 – 114 – 115 – 116 – 117 – 118 – 120 – 121 – 122 – 123

Ilustración 40: sectorización campo Los Gualles



Fuente: elaboración propia

6.3 Diseño de experimento

Para los experimentos a realizar en el sistema simulado, se considerarán dos escenarios, los que corresponden a los siguientes:

- **Escenario 1:** mantener los procesos iniciales, eliminando el proceso de calibración, aumentar velocidad de aplicación de 3,5 a 5,6km/h y sectorizar de acuerdo a lo planteado en el apartado 6.2 Sectorización de las aplicaciones, además de considerar los nuevos cargaderos para la carga de maquinaria.
- **Escenario 2:** estudio de la mejor ubicación de cargaderos y cantidad de tractores para obtener resultados óptimos.

Estos escenarios son de interés para la empresa, por causa de que el escenario son los cambios que se están gestionando para llevarlo a cabo y es la más accesible, y el segundo escenario permite conocer el óptimo para tener en consideración en un futuro si es que desean hacer cambios.

6.4 Experimentación

En visto de lo presentado en el apartado anterior, se ejecuta a presentar los resultados obtenidos de las simulaciones de los distintos escenarios realizados.

Para iniciar, se muestran los resultados de la simulación con el funcionamiento actual del proceso de aplicación de fitosanitarios en los seis campos:

Tabla 3: tiempo (min) resultados simulación situación actual por cada campo

Campo	Aplicar	Trasladar	Calibrar	Cargar
Cielito	6.821,5	1.278,2	645,0	440,0
Carolita	1.125,5	250,5	135,0	60,0
Ciprés	2.633,1	389,0	270,0	145,0
Shangrilá	3.428,2	479,0	270,0	310,0
San Luis	6.794,0	955,7	675,0	800,0
Los Gualles	4.931,7	1.151,1	415,0	1.660,0

Fuente: elaboración propia

De la tabla de resultados de la situación actual se puede desprender que los tiempos totales por campo de las aplicaciones son las siguientes:

- Cielito: 9.184,7 minutos
- Carolita: 1.571,0 minutos
- Ciprés: 3.437,1 minutos
- Shangrilá: 4.487,2 minutos

- San Luis: 9.224,7 minutos
- Los Gualles: 8.157,8 minutos

6.4.2 Escenario 1

Para proceder con este escenario, se mantienen los procesos de preparación de maquinaria en general, el tiempo de aplicación cambió de 3,5 a 5,6km/h, y los cambios que se efectúan en cada campo se pueden resumir de la siguiente forma:

- Cielito: instalar dos cargaderos
- Carolita: instalar un cargadero
- Ciprés: aumentar capacidad del estanque de 4.500 a 6.500 litros
- Shangrilá: instalar un nuevo cargadero
- San Luis: instalar 2 nuevos cargaderos y el existente se mejorará salida para cargar dos tractores a la vez en 5 minutos.
- Los Gualles: mejorar sistema de carga de ambos cargaderos existentes e instalar nuevo cargadero.

Los resultados obtenidos de la simulación son los siguientes:

Tabla 4: tiempo (min) resultados simulación escenario 1 por cada campo

Campo	Aplicar	Trasladar	Calibrar	Cargar
Cielito	4.201,1	586,6		440,0
Carolita	641,0	59,8		60,0
Ciprés	1.458,2	142,9		145,0
Shangrilá	1.892,7	331,2		155,0
San Luis	3.987,9	609,1		400,0
Los Gualles	2.519,8	385,7	50,0	245,0

Fuente: elaboración propia

De la tabla de resultados de las mejoras, se puede desprender que los tiempos totales por campo de las aplicaciones son las siguientes:

- Cielito: 5.227,7 minutos
- Carolita: 760,8 minutos
- Ciprés: 1.746,1 minutos
- Shangrilá: 2.378,9 minutos
- San Luis: 4.997,0 minutos
- Los Gualles: 3.200,5 minutos

6.4.3 Escenario 2

Para efectuar este escenario, se mantienen los cambios ejecutados en el escenario 1, pero se reubican los cargaderos al lugar donde las distancia a los cuarteles son de menor magnitud. En la siguiente tabla se pueden ver los tiempos de traslados totales, ya que es el único cambio que ocurre en este escenario las óptimas ubicaciones y el tiempo total debido al cambio. Posteriormente se puede ver en las ilustraciones las ubicaciones del presente escenario.

Tabla 5: tiempo (min) resultados simulación escenario 2 por cada campo

Campo	Trasladar	Total
Cielito	557,3	5.198,4
Carolita	53,8	754,8
Ciprés	138,6	1.741,8
Shangrilá	318,0	2.365,7
San Luis	548,2	4.936,1
Los Gualles	366,4	3.181,2

Fuente: elaboración propia

Ilustración 41: nuevas ubicaciones de cargaderos campo Cielito en escenario 2



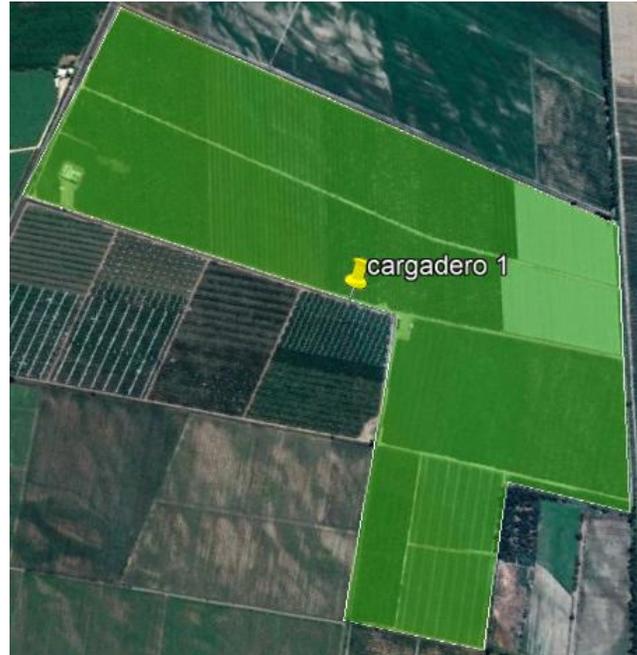
Fuente: elaboración propia

Ilustración 42: nueva ubicación de cargadero campo Carolita en escenario 2



Fuente: elaboración propia

Ilustración 43: nueva ubicación de cargadero campo Ciprés en escenario 2



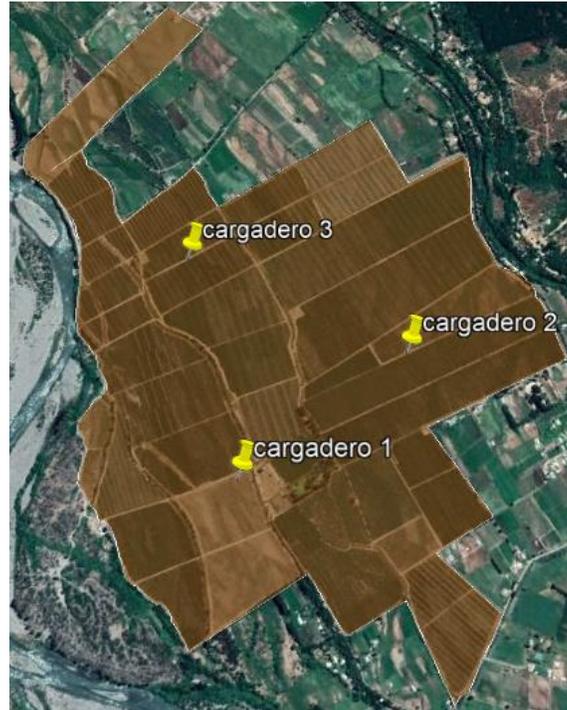
Fuente: elaboración propia

Ilustración 44: nueva ubicación de cargadero campo Shangrilá en escenario 2



Fuente: elaboración propia

Ilustración 45: nueva ubicación de cargadero campo San Luis en escenario 2



Fuente: elaboración propia

Ilustración 46: nueva ubicación de cargadero campo Los Gualles en escenario 2



Fuente: elaboración propia

6.5 Comparación de resultados

Luego de presentar los resultados de los dos escenarios propuestos, se procede a la comparación de cada escenario con la situación actual:

Tabla 6: comparación resultado de tiempo total(min) de situación actual y escenarios 1 y 2

Campo	Situación actual	Escenario 1	% mejora	Escenario 2	% mejora
Cielito	9.184,7	5.227,7	43,1%	5.198,4	43,4%
Carolita	1.571,0	760,8	51,6%	754,8	52,0%
Ciprés	3.437,1	1.746,1	49,2%	1.741,8	49,3%
Shangrilá	4.487,2	2.378,9	47,0%	2.365,7	47,3%
San Luis	9.224,7	4.997,0	45,8%	4.936,1	46,5%
Los Gualles	8.157,8	3.200,5	60,8%	3.181,2	61,0%

Fuente: elaboración propia

Tabla 7: comparación resultado de tiempos(min) de aplicar en situación actual y escenarios 1 y 2

Campo	Aplicar SA	Aplicar E1	% mejora E1	Aplicar E2	% mejora E2
Cielito	6.821,5	4.201,1	38%	4.201,1	38%
Carolita	1.125,5	641,0	43%	641,0	43%
Ciprés	2.633,1	1.458,2	45%	1.458,2	45%
Shangrilá	3.428,2	1.892,7	45%	1.892,7	45%
San Luis	6.794,0	3.987,9	41%	3.987,9	41%
Los Gualles	4.931,7	2.519,8	49%	2.519,8	49%

Fuente: elaboración propia

Tabla 8: comparación resultados de tiempos(min) de trasladar en situación actual y escenarios 1 y 2

Campo	Trasladar SA	Trasladar E1	% mejora E1	Trasladar E2	% mejora E2
Cielito	1.278,2	586,6	54%	557,3	56%
Carolita	250,5	59,8	76%	53,8	79%
Ciprés	389,0	142,9	63%	138,6	64%
Shangrilá	479,0	331,2	31%	318,0	34%
San Luis	955,7	609,1	36%	548,2	43%
Los Gualles	1.151,1	385,7	66%	366,4	68%

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: comparación resultados de tiempos(min) de cargar en situación actual y escenarios 1 y 2

Campo	Cargar SA	Cargar E1	% mejora E1	Cargar E2	% mejora E2
Cielito	440,0	440,0	0%	440,0	0%
Carolita	60,0	60,0	0%	60,0	0%
Ciprés	145,0	145,0	0%	145,0	0%
Shangrilá	310,0	155,0	50%	155,0	50%
San Luis	800,0	400,0	50%	400,0	50%
Los Gualles	1.660,0	245,0	85%	245,0	85%

Fuente: elaboración propia

Tabla 10: comparación resultados de tiempos(min) de calibrar en situación actual y escenarios 1 y 2

Campo	Calibrar SA	Calibrar E1	% mejora E1	Calibrar E1	% mejora E2
Cielito	645,0				
Carolita	135,0				
Ciprés	270,0				
Shangrilá	270,0				
San Luis	675,0				
Los Gualles	415,0	50,0	88%	50,0	88%

Fuente: elaboración propia

Mostrados los resultados, debido a que la empresa no está dispuesta a dejar de utilizar los cargaderos con los que cuenta, se toma en **consideración el escenario 1**, el que presenta entre 43 y 60%, teniendo un **promedio de 50% de mejora** en el total de tiempo de aplicaciones, porcentaje que cumple con los objetivos propuestos inicialmente e incluso los sobrepasa, debido a que no fue sólo una mejora propuesta, sino varias, que en conjunto lograron potenciar significativamente el porcentaje final presentado.

CAPÍTULO 7: ESTUDIO DE MAQUINARIA

En el presente capítulo se presenta el estudio de los tractores y nebulizadoras que se van a implementar dentro del proyecto, ya que la empresa Frutasol quiere y se le hace necesario comprar maquinaria para renovar parte de su flota. Además, aquí se hace una elección de criterios y cálculo de sus ponderaciones, para luego realizar la comparación por medio de cada característica de la maquinaria y la importancia de cada criterio.

7 Descripción y selección de la maquinaria

Para una correcta elección de la maquinaria a utilizar en la aplicación de fitosanitarios, se deben estudiar las opciones del mercado, para hacer una adecuada discriminación de cada maquinaria, es necesario tener en cuenta criterios arbitrarios al momento de observar las características.

A continuación, se expone la descripción de cada equipo necesario para los procesos y su respectiva selección de acuerdo a los discernimientos elegidos de forma arbitraria junto al departamento de Control y Gestión de la empresa.

7.1 Elección de criterios y sus ponderaciones

Para la elección de tractores y nebulizadoras se deben plantear algunos criterios que se utilizarán en cada equipo. Estos criterios son usados para cada proceso específico, donde las variables son comparadas entre sí, por medio de un valor de 1 a 10, correspondiente de menor a mayor importancia, respectivamente.

En el caso de la asignación de puntajes, se debe tener en cuenta el tipo de criterio a utilizar, para caso de los criterios que tienen un mayor valor, tienen un menor puntaje como es la situación del precio de adquisición se utiliza la Ecuación 6, y en caso contrario, como el criterio de la marca, se utiliza la Ecuación 7.

Ecuación 6: puntaje de criterio para menor puntaje

$$\text{Puntaje del criterio}_i \text{ para el equipo}_j = \frac{\min\{\text{valor del criterio}_i \text{ para el equipo}_j, \forall j\}}{\text{valor del criterio}_i \text{ para el equipo}_j} * 10$$

Fuente: (Mateo, 2017)

Ecuación 7: puntaje de criterio para mayor puntaje

$$\text{Puntaje del criterio}_i \text{ para el equipo}_j = \frac{\text{valor del criterio}_i \text{ para el equipo}_j}{\max\{\text{valor del criterio}_i \text{ para el equipo}_j, \forall j\}} * 10$$

Fuente: (Mateo, 2017)

7.2 Tecnología en el proceso de aplicación

En el proceso de aplicación se requiere específicamente de dos máquinas, de un tractor y un nebulizadora. Por lo tanto, a continuación se hace la elección de estas dos máquinas, de acuerdo a lo criterios elegidos arbitrariamente.

7.2.1 Tractor

Para transportar la máquina que aplica los productos, es necesario utilizar un tractor, por lo que es importante elegir un buen tractor, que tenga las condiciones adecuadas para ser utilizado en los diferentes terrenos de los campos. Es por esto por lo que los criterios a considerar son los siguientes:

- **Precio:** costo de adquisición al momento de realizar la compra, a mayor precio, menor puntaje.
- **Marca:** debido a que es importante para la empresa mantener la línea de su flota, se da importancia a seguir la misma marca de la mayoría de los tractores que se tienen en la actualidad. Por lo tanto, se le da mayor puntaje a la máquina que sea *Massey Ferguson*.
- **Precio repuesto:** es el costo de cada repuesto que tiene la máquina, como esta necesita de un constante uso, el cambio de repuesto es constante, por lo que es importante tener en consideración este criterio. A mayor precio, menor puntaje.
- **Facilidad de adquisición de los repuestos:** debido a que hay maquinaria que requiere importar desde el extranjero todos o la mayoría de los repuestos, es necesario considerar este criterio. A mayor facilidad de adquisición, mayor puntaje.

Es importante señalar que estos criterios fueron acordados junto al departamento de Control y Gestión, ya que aquí se toman las decisiones de las maquinarias a comprar y saben los criterios a tener en cuenta al momento de adquirir cualquier maquinaria.

El análisis de importancia relativa de criterios se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11: análisis de importancia relativa de tractores

Matriz	Precio	Marca	Precio repuesto	Facilidad adquisición repuestos	Total	Porcentaje
Precio		3	6	6	19	25%
Marca	7		4	6	13	28%
Precio repuesto	4	6		5	15	25%
Facilidad adquisición repuestos	4	4	5		13	22%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12 se pueden observar los equipos seleccionados y sus características, mientras que en la Tabla 13 se indican las características de los equipos ajustados al número necesario para completar la demanda del proceso. De esta última tabla se obtienen las ponderaciones que finalmente se muestran junto a los puntajes para cada equipo.

Tabla 12: características de los tractores

Modelo	Massey Ferguson MF3640V	Tractor Agrícola John Deere 5076EF	Massey Ferguson MF4275T4F
Ilustración			
Año	2018	2018	2018
Motor	AGCO SISU POWER, 3 cilindros turbo intercooler	John Deere Powertech TM	Perkins 4 cilindros en línea 4.4 cc, 75HP; 275N/m
Transmisión	Selección Mecánica de 12x12 marchas	Sincronizada	Selección Mecánica de 12x4 marchas

Toma de fuerza	Selección independ. 540 y 1.000 RPM	Selección independ. 540- 540E RPM	Selección independ. 540RPM, 67,5HP
Sist. Hidráulico	2 válvulas control remoto, caudal 62l/min, 190 bar	2 válvulas, caudal 60,2l/min, 2.755 psi	1 válvula control remoto, caudal 42l/min, 170 bar
Capacidad levante neumáticos	2.500kg, 190 bar Delanteros 5.50R16 Trasero 12,4R28	1.530kgf (3.374 lb)	2.100kg, 210 bar Delanteros 280/80-R18 Trasero 14,9-R24
Origen	Italia	México	Brasil
Precio Neto	\$22.690.000	\$17.141.519	\$16.190.000

Fuente: cotizaciones enviadas al departamento de Control y Gestión

Tabla 13: características seleccionadas para elección de tractor

Características	Massey Ferguson MF3640V	Tractor Agrícola John Deere 5076EF	Massey Ferguson MF4275T4F
Cantidad	2	2	2
Precio	\$45.380.000	\$34.283.038	\$32.380.000
Marca	Massey Ferguson	John Deere	Massey Ferguson
Precio repuesto	Bajo	Alto	Bajo
Facilidad adquisición repuestos	Alta	Baja	Alta

Fuente: elaboración propia

Tabla 14: matriz de puntajes tractores

Características	Massey Ferguson MF3640V	John Deere 5076EF	Massey Ferguson MF4275T4F
Precio	7,3	10,0	8,3
Marca	10,0	5,0	10,0
Precio repuesto	10,0	3,0	10,0
Facilidad adquisición repuestos	10,0	3,0	10,0

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en la Tabla 15 se observan los puntajes ponderados, por lo que de esta se desprende que la mejor elección es la **Massey Ferguson MF4275T4F**.

Tabla 15: matriz de puntajes ponderados de tractores

Matriz	Ponderación	Massey Ferguson MF3640V	Tractor Agrícola John Deere 5076EF	Massey Ferguson MF4275T4F
Precio total	25%	7,3	10,0	8,3
Capacidad estanque	28%	10,0	5,0	10,0
Elevación	25%	10,0	3,0	10,0
Caudal	22%	10,0	3,0	10,0
Total	100%	9	5,3	9,6

Fuente: elaboración propia

7.2.2 Nebulizadora

Un nebulizador se utiliza para producir una fina pulverización de los productos químicos mediante bombas de aire, aplicando una “lluvia” de gotas a las diferentes plantas. Un buen tratamiento fitosanitario debe conseguir la máxima eficacia biológica y elegir la más adecuada para el cultivo que se tiene. Es por esto por lo que los criterios a considerar son los siguientes:

- **Precio:** costo de adquisición al momento de realizar la compra, a mayor precio, menor puntaje.
- **Marca:** debido a que es importante para la empresa mantener la línea de su flota, se da importancia a seguir la misma marca de la mayoría de los tractores que se tienen en la actualidad. Por lo tanto, se le da mayor puntaje a la máquina que sea *Massey Ferguson*.
- **Velocidad de aire:** es la velocidad con la impulsa el aire la máquina, a mayor velocidad, mayor puntaje

- **N° de boquillas:** es el número total de boquillas que tiene la máquina, entre mayor cantidad de boquillas, mayor puntaje, ya que aumenta la homogeneidad con la que se aplica el producto.

Es importante señalar que estos criterios fueron acordados junto al departamento de Control y Gestión, ya que este es el departamento que toma la decisión de las maquinarias a comprar y saben los criterios que se deben tener en cuenta al momento de comprar cualquier máquina.

El análisis de importancia relativa de criterios se detalla en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 16: análisis de importancia relativa de nebulizadoras

Matriz	Precio	Marca	Precio repuesto	Facilidad adquisición repuestos	Total	Porcentaje
Precio		3	6	6	15	25%
Marca	7		4	6	17	29%
Velocidad de aire	4	6		4	14	23%
N° de boquillas	4	4	6		14	23%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 17 se pueden observar los equipos seleccionados y sus características, mientras que en la Tabla 18 se indican las características de los equipos ajustados al número necesario para completar la demanda del proceso. De esta última tabla se obtienen las ponderaciones que finalmente se muestra junto a los puntajes para cada equipo en la Tabla 19.

Tabla 17: características de las nebulizadoras

Modelo	Atomizador Gama Dominator	Atomizador Jacto ARBUS2000
Ilustración		
Marca	John Deere	Jacto
Estanque	2.000 litros	2.000 litros
Tipo de bomba	Bomba Comet de pistón de 150l/min	Pistón Mod. JP150 de 150l/min
Velocidad de aire	118km/hora	126km/hora
Turbina	900mm de diámetro	850mm de diámetro
Peso	950kg	940kg
Agitador	Mecánico	Mecánico
N° de boquillas	14 boquillas	18 boquillas dobles
Origen	España	Brasil
Precio Neto	\$22.690.000	\$7.990.000

Fuente: cotizaciones enviadas al departamento de Control y Gestión

Tabla 18: características seleccionadas para elección de la nebulizadora

Características	Atomizador Gama Dominator	Atomizador Jacto ARBUS2000
Cantidad	2	2
Precio	\$22.690.000	\$7.990.000
Marca	Gama	Jacto
Velocidad de aire	118km/hora	126km/hora
N° de boquillas	14	18

Fuente: elaboración propia

Tabla 19: matriz de puntajes nebulizadoras

Características	Atomizador Gama Dominator	Atomizador Jacto ARBUS2000
Precio	3,3	10,0
Marca	6,0	10,0
Precio repuesto	Bajo	Bajo
Facilidad adquisición repuestos	Medio-Alto	Medio-Alto

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en la tabla que está a continuación se observa los puntajes ponderados, por lo que de esta tabla se desprende que la mejor elección es el **atomizador Jacto ARBUS2000**.

Tabla 20: matriz de puntajes ponderados de nebulizadoras

Matriz	Ponderación	Atomizador Gama Dominator	Atomizador Jacto ARBUS2000
Precio	25%	3,3	10,0
Marca	28%	6,0	10,0
Precio repuesto	25%	6,0	10,0
Facilidad adquisición repuestos	22%	8,0	8,0
Total	100%	4,6	9,6

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 8: COSTOS DE SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y CARGA DE AGUA

En el presente capítulo se presentan los costos de los servicios necesarios para las mejoras propuestas, específicamente la construcción de los nuevos cargaderos, el cambio de sistema de carga de agua y calibración de la maquinaria. Además se presenta de forma general lo que contempla cada servicio.

8.1 Instalación de cargaderos

La instalación de cargaderos consiste en abrir un cargadero con la casa de dosificación, una losa de cemento impermeabilizada para la carga del tractor, zona de control de derrames, ducha de emergencia, lavamanos, contenedor de envases vacíos y pozo séptico.

Aquí se consideran todos los materiales de construcción y eléctricos necesarios para el correcto uso una vez que estén listos.

8.2 Servicio de calibración de tractores

Este servicio entregado por Torno SPA, consta de la evaluación de la maquinaria, una vista técnica de los tractores que tiene la empresa, servicio de calibración y certificación de las nebulizadoras y materiales necesarios para cumplir con las mejoras y dejar uniforme el tipo de boquillas que se usa en las nebulizadoras y los surtidores antigotas.

8.3 Servicio de carga de agua

El servicio de TrioRiego permite mejorar el sistema de carga de agua de los cargaderos existentes y encargarse de la instalación de los nuevos cargaderos, precisamente constan de la bomba y toda la cañería involucrada, centro de control en serie (para el funcionamiento de la carga), control del sistema de entrada, hidrante (donde sale el agua para la carga de la maquinaria) y, por último, la succión y descarga del agua.

Todo lo nombrado se diseñó para obtener la carga de los 2.000 litros en 5 minutos, por lo tanto, esto fue considerado para calcular la bomba y cañería necesaria y obtener el resultado propuesto.

8.4 Costos totales de servicios

El costo total del escenario 1 propuesto que contempla todos los servicios nombrados en este apartado tienen un costo asociado, el cual no es bajo, por lo que se detalla a continuación todos los gastos que se deben efectuar al momento de llevar a cabo este proyecto.

Tabla 21: costos asociados al proyecto

ÍTEM	COSTO	CANTIDAD	NETO
Total material de un cargadero	\$ 1.698.506	6	\$ 10.191.035
Mano de obra para estructura (Ciprés y Carolita)	\$ 816.000		\$ 816.000
Mano de obra para cada cargadero	\$ 1.632.000	6	\$ 9.792.000
Total costo para cambio de boquillas y calibración de maquinaria	\$10.328.308		\$ 10.328.308
Total costo de sistema de agua en cargaderos			\$ 14.117.647
Materiales para estructura para estanques (Ciprés Carolita)	\$ 411.537		\$ 411.537
Varios			\$ 200.000
TOTAL			\$ 45.856.528

Fuente: elaboración propia en base a cotizaciones entregadas por TrioRiego y Torno SPA

De la tabla presentada se puede desprender que el costo total del proyecto propuesto al momento de hacer la inversión es de \$45.856.528. El valor resultante no es menor, pero la empresa decidió

realizar el proyecto presentado pese al gran costo, la tercera semana de agosto se hizo la calibración de maquinaria y se comenzaron a construir el cargadero de Carolita y Shangrilá, debido a que cada mes se construirán dos cargaderos nuevos. La decisión de llevar a cabo el proyecto es que dada las mejoras logradas se puede mejorar en gran porcentaje el tiempo total de aplicación de fitosanitarios.

CAPÍTULO 9: IMPACTO ECONÓMICO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta la evaluación económica del proyecto. En este capítulo se muestran los resultados finales del flujo de caja correspondiente al escenario elegido, con el fin de determinar la mejor decisión en relación a decidir si el proyecto es factible o no.

9 Evaluación económica

La evaluación económica es la parte más importante de un proyecto, ya que define el realizar o no el proyecto, a partir de la rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión.

9.1 Inversiones

El balance de inversión contempla la compra de dos tractores, dos nebulizadoras, el pago de los servicios contratados y la instalación de los cargaderos, y todo lo que conlleva cada uno y ha sido presentado en los dos capítulos anteriores.

Cabe destacar que la empresa no tiene como opción comprar tractores ni nebulizadoras, se decide proponer la compra de dos de estas dos máquinas, debido a que la maquinaria que tiene ahora la empresa tiene muchos años y se propone tener en consideración la renovación de al menos dos de la flota de 16 tractores junto a la nebulizadora.

En resumen, las inversiones son las siguientes:

- Maquinaria (2 tractores y 2 nebulizadoras): \$48.360.000
- Instalación de cargaderos: \$21.410.573
- Servicios por contratar: \$24.445.955

El total de la inversión resulta de \$94.216.528 para el proyecto de mejoramiento propuesto.

9.2 Ahorros en la operación

Debido a que la calibración permite un ahorro entre el 2 y el 4% en el uso de fitosanitarios y un ahorro entre un 4 y 6% en petróleo, se puede hacer el cálculo del beneficio de las mejoras propuestas con el valor de los presupuestos, contemplados por el departamento de Control y Gestión, para los dos ítems presentados. Los cálculos son los siguientes:

- Si para la temporada 2018-2019 se presupuesta gastar un total de \$595.214.913 en productos fitosanitarios, al ahorrar un 2% con la mejora, se obtiene \$11.904.298.
- En el caso del petróleo, para la temporada 2018-2019 se presupuesta gastar \$39.413.635, un 4% equivale a \$1.576.545.

Calculado los ahorros de petróleo y productos fitosanitarios, el ahorro total sería de \$13.480.843 si se ejecutan las mejoras propuestas.

Es importante mencionar que desde el año 4 existe un incremento en el ahorro debido a que desde el año 2018 se están replantando 20 hectáreas anuales, lo que implica un aumento en el gasto de los productos fitosanitarios y petróleo, por lo tanto se hace un ahorro proporcional a las hectáreas que van aumentando.

Para el caso de la fruta dañada por consecuencia de las aplicaciones se tienen dos casos de daños y los cálculos se hacen con la cantidad de kilogramos que van al mercado interno y a ese total se calcula el porcentaje de venturia y lenticela, luego se saca el total de kg sumando ambos totales, a este valor obtenido se le divide por 19, ya que son los kg que contiene la caja, para luego multiplicar la cantidad de cajas por el precio promedio de la fruta en cuestión, y finalmente se calcula el 80%, ya que se hace el supuesto de que el 20% restante no fue vendida por no cumplir con las condiciones necesarias. El detalle realizado por cada familia se presenta a continuación, ya que cada familia de manzana presenta un valor diferente en el mercado. (Los valores de los precios promedio de venta por familia son tomados de la temporada 2016-2017 debido a que no se tiene actualizado los datos de la temporada recién pasada).

Como se puede ver en las tablas que se muestran a continuación, aplicar correctamente los fitosanitarios permite obtener 65.273 unidades de cajas de las diferentes familias que tiene la manzana, y en cuanto a venta, se ganarían \$8.816.520 considerando si se vende el 80% de las cajas totales y el 20% contiene daños con los que no pueden ser vendidas.

Tabla 22: datos para cálculo kg de venturia y lenticela

Familia	Precio promedio	% venturia	% lenticela	kg vaciados totales	% mercado interno	kg vaciados	kg venturia	kg lenticela
Braeburn	\$ 57	36,0%	8,7%	1.028.600	51%	524.586	188.851	45.639
galas	\$ 239	28,2%	6,9%	4.495.870	27%	1.213.885	342.558	84.244
crisp pink	\$ 275	20%	4%	93.600	7%	6.552	1.310	262
fuji	\$ 187	12%	16%	2.086.430	45%	938.894	114.827	152.101
granny	\$ 116	23%	5%	1.385.280	36%	498.701	115.250	24.736
rojas	\$ 161	24%	8%	2.264.770	24%	543.545	128.820	41.581
Total				11.354.550		3.726.162	891.616	348.562

Fuente: elaboración propia en base a la información proporcionada del depto. de Control y Gestión Frutasol

Tabla 23: cálculo valor total de pérdida de fruta por venturia y lenticela

Familia	total kg	total cajas	80% de cajas	\$
Braeburn	234.490	12.342	9.873	\$ 562.776
galas	426.802	22.463	17.971	\$4.294.975
crisp pink	1.572	83	66	\$ 18.208
fuji	266.927	14.049	11.239	\$2.101.702
granny	139.985	7.368	5.894	\$ 683.718
rojas	170.401	8.968	7.175	\$1.155.141
Total	1.240.178	65.273	52.218	\$8.816.520

Fuente: elaboración propia en base a la información proporcionada del depto. de Control y Gestión Frutasol

9.3 Flujo de caja

A continuación se procede a presentar la evaluación económica de la alternativa seleccionada, teniendo en cuenta todos los costos involucrados en los servicios y en la elección de la maquinaria efectuada en el apartado 7 Descripción y selección de la maquinaria.

Dado que la empresa no tiene en consideración invertir por ahora en maquinaria, se hacen dos flujos de caja, donde el primero (Tabla 24) tiene la inversión de la maquinaria incluida, y el segundo flujo (Tabla 25) no cuenta con renovación de maquinaria, el que hace la diferencia que en

la primera propuesta tiene un periodo de retorno de inversión de 4,2 años y el segundo caso en 2,1 años.

Es importante mencionar que para el caso del ahorro de productos fitosanitarios y petróleo, desde el año 4 se considera la aplicación en 20 hectáreas anuales, por lo que el aumento anual se debe a la proporción de las nuevas hectáreas de acuerdo a lo que se gasta por cada según lo presupuestado para la temporada 2018-2019, monto presentado en el apartado anterior.

Por otro lado, debido al replante de las 20 hectáreas anuales, en el caso de la producción de kilogramos totales de fruta producidos sin venturia ni lenticela, lo calculado en el apartado anterior se refleja desde el año 1 al año 5, ya que se hace el supuesto de que la producción será constante en estos años, y el año 6 y 7 van aumentando en un 10% cada uno. Este supuesto es planteado y respaldado por el gerente agrícola de Frutasol.

El supuesto presentado en relación a la producción de fruta se mantiene bajo la justificación de que al haber recambio de 20 hectáreas anuales, cada año va entrando a producción nuevos huertos que fueron plantados hace menos de 5 años, por lo que se recompensa y mantienen los porcentajes durante 5 años y después van aumentando en los porcentajes planteados. (Explicado por el gerente agrícola de Frutasol)

9.3.1 Información relevante de la evaluación

a) Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable (TREMA)

Para obtener esta tasa, se utiliza la Ecuación 8, donde I corresponde a la tasa de inflación actual del país, y la F es la tasa prima por riesgo.

Ecuación 8: ecuación TREMA

$$TREMA = I + PR + I * PR$$

Fuente: elaboración propia en base a (Universidad Interamericana para el desarrollo, 2018)

Considerando que la prima por riesgo es de 4,56% (Banco Central, 2017) y la inflación actual del país es de 2,67% (Inflation, 2018). Luego del cálculo realizado, arroja un resultado de 7,35% de TREMA.

b) Tasa de descuento:

Para el cálculo de la tasa de descuento existen dos vías para su obtención, el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) o el modelo WACC (*Weighted Average Cost of Capital*).

Para determinar la correcta elección de cual modelo utilizar, primero se tiene que verificar el estado financiero de la empresa. Si la empresa carece de deuda, es recomendable utilizar el modelo CAPM; por el contrario, si la compañía presenta deuda, la mejor opción es el modelo WACC.

Frutasol se caracteriza por no presentar deuda, ya que la mayor parte de sus activos son financiados por la empresa “madre” en Alemania Anton Dürbeck, por lo cual el modelo a utilizar es el CAPM.

El CAPM considera tres índices financieros. Primero la Tasa Libre de Riesgo (R_f), que son aquellos instrumentos financieros como los Bonos del Tesoro de EEUU, o los Bonos del Banco Central de Chile, estos carecen de riesgo ya que la economía de ambos países (EEUU y Chile) son muy saludables y siempre pagan a los acreedores de estos bonos, por lo cual son instrumentos que carecen de riesgo. En segundo lugar, tenemos el coeficiente Beta (β), el cual es una medida de la volatilidad que presenta un activo con respecto a la variabilidad del mercado; lo que en palabras simples indica el riesgo que presenta un activo o un instrumento financiero con respecto al mercado. En tercer lugar, se tiene el Riesgo de Mercado (R_m), el cual es la medida de pérdida/ganancia de un activo o instrumento financiero asociado a la fluctuación de su precio en el mercado de valores o bolsa.

El CAPM se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 9: fórmula CAPM

$$R_i = R_f + \beta_i(R_m - R_f)$$

Fuente: elaboración propia en base a (Enciclopedia financiera, 2018)

Donde:

R_i : es la Tasa de Descuento para el proyecto.

R_f : es la tasa libre de riesgo

R_m : es la tasa de riesgo de mercado

β : es el coeficiente de volatilidad.

Para la obtención de la Tasa Libre de Riesgo se accedió a la página del Banco Central para verificar cuál es la rentabilidad de los bonos que emite, obteniéndose un 2,71% (a 1 año, para el mes de Mayo, (Banco Central, 2018)). Para la Tasa de Riesgo de Mercado, se consultó en la página web de la Bolsa de Valores de Chile, se accedió a los valores en rentabilidad para el IGPA (Índice General de Precios de Acciones), de manera de obtener la rentabilidad promedio para el presente año del mercado accionario, este fue de un 14,23%, (Rankia Chile, 2017). Por último, el coeficiente β se obtuvo a partir de la consulta en la página web DAMODARAN, el cual entrega las diferentes betas para distintas industrias. En este caso, se eligieron los β de “Agricultura” que resulta ser de 0,74 (Damodaran online, 2018).

Reemplazando los valores definidos anteriormente se tiene:

$$R_i = 2,71 + 0,74 (14,23 - 2,71) = 11,23 \sim 11,2\%$$

Este porcentaje obtenido indica el Retorno sobre la Inversión que requerirá el inversionista una vez terminado el proyecto, por lo tanto, define la Tasa de Descuento a la cual debe ser evaluado este proyecto.

c) VAN (Valor Actual Neto)

El cálculo del valor actual neto consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con una inversión. El que es calculado de la siguiente forma:

Ecuación 10: fórmula VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Fuente: elaboración propia en base a (Economipedia, 2018)

Donde:

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

k : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Con los datos obtenidos desde la caja de flujo para el “escenario 1a”, se obtiene un VAN de \$14.831.740 y para el “escenario 1b” resulta un VAN de \$63.195.740 en un periodo de 7 años.

d) TIR (Tasa interna de retorno)

La tasa interna de retorno es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 11: fórmula TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Fuente: elaboración propia en base a (Economipedia, 2018)

Donde:

$VAN = 0$

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo, 7 en este caso

Dado los cálculos hecho con los datos que se encuentran en los flujos de caja de ambos escenarios estudiados, para el “escenario 1a” la TIR es de 16% y para el “escenario 1b” es de un 46% para un periodo que contempla 7 años.

9.3.2 Conclusiones de índices calculados

Obtenidos los resultados que se presentan anteriormente, se puede observar que en ambos escenarios, la TREMA es mayor a la TIR, y que esta última es a la vez mayor a la tasa de descuento calculada, por lo tanto se puede concluir que ambos escenarios son aprobados de acuerdo a los resultados obtenidos.

Tabla 24: flujo de caja con inversión en maquinaria

Ítem/ temporadas	0	1	2	3	4	5	6	7
Ahorro		\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$23.179.015	\$ 24.148.832
Depreciación total		\$ -2.877.420	\$ -2.877.420	\$ -2.877.420	\$ -2.877.420	\$ -2.877.420	\$ - 2.877.420	\$ - 2.877.420
Utilidad		\$ 19.419.943	\$ 19.419.943	\$ 19.419.943	\$ 19.419.943	\$ 19.419.943	\$20.301.595	\$ 21.271.412
Depreciación total		\$.877.420	\$ 2.877.420	\$ 2.877.420	\$ 2.877.420	\$ 2.877.420	\$ 2.877.420	\$ 2.877.420
Inversión total	\$-94.216.528							
Flujo de proyecto	\$-94.216.528	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$23.179.015	\$ 24.148.832
Flujo acumulado	\$-94.216.528	\$-71.919.165	\$-49.621.802	\$-27.324.439	\$ -5.027.076	\$ 17.270.287	\$40.449.302	\$ 64.598.134

Fuente: elaboración propia en base a la información proporcionada del departamento de Control y Gestión de Frutasol

Tabla 25: flujo de caja sin inversión de maquinaria

Ítem/ temporadas	0	1	2	3	4	5	6	7
Ahorro		\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$23.179.015	\$ 24.148.832
Utilidad		\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$23.179.015	\$ 24.148.832
Inversión total	\$-45.856.528							
Flujo de proyecto	\$-45.856.528	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$ 22.297.363	\$23.179.015	\$ 24.148.832
Flujo acumulado	\$-45.856.528	\$-23.559.165	\$ -1.261.802	\$ 21.035.561	\$ 43.332.924	\$ 65.630.287	\$88.809.302	\$112.958.134

Fuente: elaboración propia en base a la información proporcionada del departamento de Control y Gestión de Frutasol

CONCLUSIONES

El objetivo principal del proyecto fue aumentar en al menos un 25% la cantidad de bombadas de fitosanitarios aplicadas por cada tractor en los campos de Frutasol, debido a que la temporada 2017-2018 la fruta cosechada presentó gran cantidad de plagas y defectos que impidió su exportación, disminuyendo con creces el ingreso de la empresa, si bien no se puede tener certeza de que la inadecuada aplicación fue causa del problema existente, si se considera uno de los factores de este.

Por otro lado, cabe destacar que en un principio se me solicitó como memorista sólo el estudio de la cantidad de cargadero y maquinaria, con el tiempo y visitas en terreno, me pude percatar que la cantidad de cargaderos y tractores no eran los principales en la determinación de los tiempos totales de las aplicaciones, sino que habían dos factores sumamente importantes que involucraban tiempo primordial, dichos factores fueron el tiempo de carga de agua de las nebulizadoras y el tiempo en calibrar estas mismas, ya que no se podía entender por qué habían cargaderos que demoraban hasta 30 minutos en hacer la carga que en otros demoraban 5 minutos. Además, el cambio de boquillas que tomaba entre 15 y 20 minutos, tomaba el tiempo de una aplicación prácticamente, ya que había ocasiones en que se hacían hasta 3 veces en el turno.

Es importante mencionar que la simulación resultó ser la herramienta más apropiada para demostrar lo efectivo de las mejoras a la oportunidad o problemática detectada en los campos de Frutasol, ya que Arena permite representar fidedignamente la realidad del proceso completo de la aplicación de fitosanitarios en los campos. Además, se logró demostrar que el objetivo establecido de mejorar en un 25% fue logrado en un mayor porcentaje, en vista de que se implementaron mejoras en los tractores, nebulizadoras y carga de agua, lo que ayudó a aumentar en gran medida el porcentaje logrado, que en promedio resultó ser de un 50%.

En cuanto a la inversión total involucrada del proyecto, si bien resultó ser alta, con el cálculo de los ahorros en petróleo y productos fitosanitarios, se concluyó que de acuerdo a los flujos de

cajas confeccionados, entre 2 y 3 años se recupera el total de lo invertido, por lo que se puede decir que es un proyecto totalmente viable, ya que con el tiempo ese ahorro se puede ir renovando la maquinaria que se ocupa en los huertos y así obtener mejores resultados en los tiempos de aplicación y en consecuencia, en el resultado de la fruta.

En correlación a los ahorros presentados, es válido mencionar que pueden existir otros beneficios en consecuencia de la implementación del proyecto, como lo es el menor desgaste de la maquinaria, ya que con la calibración realizada, los tractores trabajarán con menos rpm (revoluciones por minutos), lo que significa que en el total del turno, la maquinaria tendrá un menor trabajo realizada en su motor, lo que a largo plazo provoca una mayor duración de la vida útil de este.

En relación a la sectorización propuesta, es importante destacar los buenos beneficios que traen como consecuencia, como es por ejemplo un mejor resultado en el trabajo de los aplicadores, ya que el resultado de la fruta, en parte, va a ser de su responsabilidad, ya que si bien hay otros factores como la poda y el raleo, los productos fitosanitarios resultan ser el ingrediente más importante para el resultado de la fruta deseada. Conjuntamente, la sectorización permitirá conocer a totalidad el terreno a aplicar por cada trabajador, ya que él será el único que la recorre y en un tiempo sabrá de memoria como se encuentra el terreno y las plantas que existen, también fijándose del estado de los árboles para dar aviso en el caso de que algo ande mal.

Por último, se puede concluir que el proyecto desarrollado resultó ser viable y cumplidor con todo lo propuesto, ya que la empresa decidió ejecutarlo y llevarlo a cabo desde el día 09 de agosto del presente año, con la construcción del cargadero en Carolita y Shangrilá y con la calibración de la maquinaria la semana del 13 de agosto, por lo que puedo concluir que se consideró el trabajo hecho debido a que se hizo un buen proyecto. Desde el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden ver en las fotos la construcción de los cargaderos.

REFERENCIAS

Azarang, M. R. (2004). *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. Ciudad de México: McGraw Hill.

Banco Central. (2017). Obtenido de <https://si3.bcentral.cl/Boletin/secure/boletin.aspx?idCanasta=1MRMW2951>

Banco Central. (2018). *Base de datos estadísticos*. Obtenido de Series del boletín mensual: <https://si3.bcentral.cl/Boletin/secure/boletin.aspx?idCanasta=1MRMW2951>

Biblioteca del Congreso Nacional BCN. (2014 de septiembre de 2014). *APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES PARA LA SEGURIDAD SANITARIA DE LAS PERSONAS EN LA APLICACIÓN TERRESTRE DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS*. Obtenido de Núm. 158: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1078695>

Dagoberto Obreque y Eduardo Salazar. (2009). Estimación de la eficiencia de máquinas trefiladoras mediante la simulación Montecarlo. *Revista de Ingeniería Industrial*, 51-64.

Damodaran online. (2018). *Betas by Sector (US)*. Obtenido de Multiple data services: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Doctissimo. (mayo de 2018). *Doctissimo*. Obtenido de Diccionario médico: <http://www.doctissimo.com/es/salud/diccionario-medico/rodenticida>

Economipedia. (2018). *Tasa Interna de Retorno (TIR)*. Obtenido de <http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

Economipedia. (2018). *Valor Actual Neto*. Obtenido de <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

- Enciclopedia financiera. (2018). *Formulación del CAPM*. Obtenido de <https://www.encyclopediafinanciera.com/gestioncarteras/capm/formulacion.htm>
- Fiuba. (mayo de 2018). *Sistemas, modelos y simulación*. Obtenido de [materias.fi.uba:](http://materias.fi.uba.ar/7526/docs/teoria.pdf)
<http://materias.fi.uba.ar/7526/docs/teoria.pdf>
- Fontaire, E. R. (2008). *Evaluación social de proyectos*. Obtenido de [Economistas.unsa.edu.ar:](http://www.economicas.unsa.edu.ar/iie/Archivos/Fontaine.pdf)
<http://www.economicas.unsa.edu.ar/iie/Archivos/Fontaine.pdf>
- Frutasol. (2018). *Frutasol*. Obtenido de [Infraestructura:](http://www.frutasol.cl/esp/infraestructura.html)
<http://www.frutasol.cl/esp/infraestructura.html>
- Frutasol. (abril de 2018). *Frutasol*. Obtenido de [Productos-manzana:](http://www.frutasol.cl/esp/manzana-productos.html)
<http://www.frutasol.cl/esp/manzana-productos.html>
- Frutasol. (abril de 2018). *Frutasol*. Obtenido de [Productos-pera:](http://www.frutasol.cl/esp/pera-productos.html) <http://www.frutasol.cl/esp/pera-productos.html>
- Frutasol. (abril de 2018). *Frutasol*. Obtenido de [Productos-kiwi:](http://www.frutasol.cl/esp/kiwi-productos.html) <http://www.frutasol.cl/esp/kiwi-productos.html>
- global-Rates. (2018). *Inflación Chile*. Obtenido de [Índice de precios al consumo \(IPC\):](https://es.global-rates.com/estadisticas-economicas/inflacion/indice-de-precios-al-consumo/ipc/chile.aspx)
<https://es.global-rates.com/estadisticas-economicas/inflacion/indice-de-precios-al-consumo/ipc/chile.aspx>
- Inflation. (2018). *Tasa de inflación Chile*. Obtenido de <https://es.inflation.eu/tasas-de-inflacion/chile/inflacion-historica/ipc-inflacion-chile-2018.aspx>
- Ingeniería Industrial on line*. (2018). Obtenido de [Estudio de tiempos:](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/)
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

Ingeniería industrial on line. (2018). *Cálculo de número de observaciones*. Obtenido de Método estadístico: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1lculo-del-n%C3%BAmero-de-observaciones/>

Ingeniería industrial on line. (2018). *Cálculo del número de observaciones*. Obtenido de Método tradicional: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1lculo-del-n%C3%BAmero-de-observaciones/>

Lohr, S. L. (2000). *Muestreo: Diseño y análisis*. S.A. Ediciones Paraninfo.

Mateo, F. (2017). *Guía para elección de tecnologías*.

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (1996). *Probabilidad y estadística*. Ciudad de México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.

Ochoa, C. (2015 de febrero de 2015). *Netquest*. Obtenido de El muestreo: qué es y por qué funciona: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-que-es-porque-funciona>

Ochoa, C. (08 de abril de 2015). *Netquest*. Obtenido de Muestreo probabilístico: muestreo aleatorio simple: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple>

Ochoa, C. (08 de abril de 2015). *Netquest*. Obtenido de Muestreo probabilístico: muestreo aleatorio simple: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple>

Ochoa, C. (18 de mayo de 2015). *Netquest*. Obtenido de Muestreo probabilístico: muestreo por conglomerados: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-conglomerados>

Ochoa, C. (18 de mayo de 2015). *Netquest*. Obtenido de Muestreo probabilístico: muestreo por conglomerados: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-conglomerados>

Rankia Chile. (2017). *Análisis del IPSA*. Obtenido de Rentabilidad anual IGPA: <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/3526409-rentabilidad-anual-igpa>

Rossetti, M. D. (2010). *Simulation modeling and Arena*. John Wiley & Sons.

Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural - Cabildo de Tenerife. (2014). *Manipulador de Productos Fitosanitarios*. Obtenido de Agrocabildo: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/sost_530_manual%20fitosanitarios%200.pdf

Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural. (febrero de 2014). *Manipulador de productos fitosanitarios*. Obtenido de Métodos de aplicación de fitosanitarios, factores a tener en cuenta para una aplicación eficiente y correcta: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/sost_530_Manual%202014.pdf

Universidad de Sonora. (2018). *tesis.uson.mx*. Obtenido de Capítulo 4: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7444/Capitulo4.pdf>

Universidad Interamericana para el desarrollo. (2018). *Evaluación de Proyecto de Inversión*. Obtenido de http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md1/pos/AN/PI/S09/PI09_Visual.pdf

Vivanco, M. (2005). *Muestreo Estadístico: Diseño y Aplicaciones*. Santiago: Universitaria.

Glosario

Bombadas: se refiere a la cantidad de litros de agua mezclada con productos fitosanitarios, los que son aplicados en una hectárea por las nebulizadoras.

Fitosanitarios: son los productos químicos que tienen diferentes funciones, algunos reducen, eliminan o controlan los daños de las plagas, otros botan las hojas de los árboles o los fertilizan, entre diferentes cosas, cada uno tiene una función diferente que cumplir.

Nebulizadoras: es la maquinaria que aplica en forma de nube la mezcla de agua y fitosanitarios en los huertos de los campos. (Véase Anexo 1: imagen nebulizadora)

Mojamiento: es el nivel de líquido que se quiere obtener en una bombada, cantidad de litros en una hectárea. Este tiene diferentes valores: 800, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500 litros/hectárea.

Calibrar: consiste en el cambio de las boquillas en las nebulizadoras, las que se encargan de definir la densidad de la nube a aplicar para obtener el mojamiento adecuado.

Marco de plantación: es la distancia entre cada hilera de árboles que presenta un cuartel por la distancia que tienen los árboles en la hilera, es decir, entre-hileras por sobre-hileras, el que permite conocer la densidad de cada cuartel.

Cargadero: es el lugar donde se dosifica los productos fitosanitarios y se carga la maquinaria.

Rodenticidas: dicese del producto que mata o destruye animales roedores como las ratas, ratones, topes, etc. (Doctissimo, 2018)

ANEXOS

Anexo 1: imagen nebulizadora



Fuente: elaboración propia

Anexo 2: distancias y tiempos campo Cielito I (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PL/Ha	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación (min)	Tiempo simulación (min) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (min) cada 2 hectárea	Número Há simulación
02	Cripps Pink	4,5	2	1.111	1.814	3.628,0	4.294,0	4.272,6	73,25	36,6	73,2	2
02	Granny Smith	4,5	2	1.111	333	666,0						
06	Galaxy	4,25	2,25	1.046	4.337	9.758,3	11.738,3	11.508,1	197,28	39,5	78,9	5
06	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	880	1.980,0						
10	Cripps Pink	4,5	2,5	889	3.119	7.797,5	8.727,5	8.727,5	149,61	37,4	74,8	4,0
10	Granny Smith	4,5	2,5	889	372	930,0						
11	Brookfield	3,5	1	2.857	7.664	7.664,0	10.262,0	9.523,9	163,27	40,8	81,6	4
11	Granny Smith	3,5	1	2.857	2.598	2.598,0						
13	Brookfield	4,5	2	1.111	2.417	4.834,0	5.480,0	6.088,9	104,38	34,8	69,6	3
13	Granny Smith	4,5	2	1.111	323	646,0						
14	Red Chief	3,75	1,5	1.778	5.993	8.989,5	12.031,5	11.270,7	193,21	48,3	96,6	4
14	Granny Smith	3,75	2	1.333	1.521	3.042,0						
15	Brookfield	3,75	1,2	2.222	9.343	11.211,6	14.915,6	14.709,7	252,17	50,4	100,9	5
15	Granny Smith	3,75	2	1.333	1.852	3.704,0						
16	Granny Smith	5	2	1.000	8.294	16.588,0	23.010,0	22.994,7	394,19	26,3	52,6	15
16	Red Chief	5	2	1.000	3.211	6.422,0						
17	Cripps Pink	3,5	1,3	2.198	9.724	12.641,2	12.641,2	11.414,2	195,7	48,9	97,8	4

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 3: distancias y tiempos campo Cielito II (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PL/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación (min)	Tiempo simulación (min) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (min) cada 2 hectárea	Número Há simulación
19	Brookfield	3,5	1	2.857	6.217	6.217,0	6.815,0	6.837,8	117,2	39,1	78,1	3
19	Granny Smith	3,5	1	2.857	598	598,0						
20	Brookfield	3,5	1	2.857	11.981	11.981,0	11.981,0	11.356,4	194,7	48,7	97,3	4
21	Fuji	4,5	2	1.111	8.344	16.688,0	18.650,0	18.712,4	320,8	35,6	71,3	9
21	Royal Gala	4,5	2	1.111	981	1.962,0						
22A	Braeburn	4	1,5	1.667	6.615	9.922,5	40.115,9	39.758,1	681,6	68,2	136,3	10
22A	Granny Smith	4	1,5	1.667	908	1.362,0						
22B	Jeromine	3,5	1,3	2.198	22.178	28.831,4						
23	Red Chief	5	1,5	1.333	8.854	13.281,0	14.409,0	14.329,4	245,6	27,3	54,6	9
23	Granny Smith	5	1,5	1.333	752	1.128,0						
24	Scarlett	4,5	2,5	889	1073	2.682,5	2.977,5	2.082,2	35,7	35,7		1
24	Royal Gala	4,5	2,5	889	118	295,0						
25	Fuji	4,5	2,5	889	1.707	4.267,5	4.747,5	4.375,6	75,0	37,5	75,0	2
25	Royal Gala	4,5	2,5	889	192	480,0						
26	Scarlett	4,5	1,5	1.481	5.755	8.632,5	9.657,0	10.565,6	181,1	36,2	72,5	5
26	Granny Smith	4,5	1,5	1.481	683	1.024,5						
27	Fubrax	3,7	1,3	2.079	14.054	18.270,2	18.270,2	18.918,8	324,3	46,3	92,7	7
28	Royal Gala	4	2	1.250	7.371	14.742,0	16.302,0	16.756,8	287,3	41,0	82,1	7
28	Scarlett	4	2	1.250	780	1.560,0						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 4: distancias y tiempos campo Cielito (kiwis) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
3	Hayward	4	3,5	714	6.552	22.932	25.186	26.186	448,9	40,8	81,6	11
3	Tomuri Matua	4	3,5	714	644	2.254						
9	Hayward	4,2	3,2	744	6.356	20.339	22.710	23.365	400,5	40,1	80,1	10
9	Chieftain	4,2	3,2	744	741	2.371						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 5: distancias y tiempos campo Cielito (peras) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
07	Red Sensation	5	1,5	1.333	3.336	5.004	8.810	8.688	148,9	29,8	59,6	5
07	Summer Bartlett	5	1,5	1.333	1.788	2.682						
07	Beurre Bosc	5	1,5	1.333	749	1.124						
08	Beurre Bosc	5	1,5	1.333	10.392	15.588	19.794	19.274	330,4	33,0	66,1	10
08	Red Sensation	5	1,5	1.333	2.804	4.206						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 6: distancias y tiempos campo Cielito (cerezas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
01	Sylvia	4	1,5	1.667	570	855	14.766	14.991	257,0	42,8	85,7	6
01	Kordia	4	1,5	1.667	2.400	3.600						
01	Regina	4	1,5	1.667	6.313	9.470						
01	Summit	4	1,5	1.667	561	842						
04	Lapins	4,5	2,5	889	3.890	9.725	9.725	8.861	151,9	38,0	76,0	4
05	Sylvia	4	1,5	1.667	750	1.125	10.983	9.985	171,2	42,8	85,6	4
05	Regina	4	1,5	1.667	4.373	6.560						
05	Kordia	4	1,5	1.667	1.449	2.174						
05	Summit	4	1,5	1.667	750	1.125						
12	Lapins	4,5	2,5	889	2.435	6.088	6.088	6.617	113,4	37,8	75,6	3
18a	Lapins	4	1,5	1.667	210	315	14.076	29.927	513,0	42,8	85,5	12
18a	Regina	4	1,5	1.667	8.403	12.605						
18a	Skeena	4	1,5	1.667	771	1.157						
18b	Lapins	4	2	1.250	686	1.372	16.400					
18b	Skeena	4	2	1.250	1.259	2.518						
18b	Regina	4	1,5	1.667	1.664	2.496						
18b	Sweet Heart	4	2	1.250	5.007	10.014						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 7: distancias y tiempos campo Carolita (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
31	Pacific Gala	4,25	2,25	1.046	2.348	5.283	6.647	6.581	112,8	37,6	75	3
31	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	606	1.364						
32	Brookfield	4,25	2,25	1.046	3.992	8.982	11.639	11.593	198,7	39,7	79	5
32	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.181	2.657						
33	Braeburn	4,25	2,25	1.046	3.730	8.393	10.717	9.259	158,7	39,7	79	4
33	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.033	2.324						
34	Fuji Raku Raku	4,25	2,25	1.046	7.018	15.791	19.638	18.636	319,5	39,9	80	8
34	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.710	3.848						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 8: distancias y tiempos campo Carolita (viña) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
30	Merlot	2,25	1,25	3.556	14.891	18.614	13.756	235,8	59	118	4,0

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 9: distancias y tiempos campo Ciprés (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
01	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	1.506	1.883	1.883	1.846	31,6	31,6		1
02	Fuji	4,5	3	741	4.640	13.920	15.228	15.324	262,7	32,8	65,7	8
02	Royal Gala	4,5	3	741	436	1.308						
03	Royal Gala	4,5	3	741	1.388	4.164	4.554	3.943	67,6	33,8	67,6	2
03	Fuji	4,5	3	741	130	390						
04	Royal Gala	3,5	1,25	2.286	17.463	21.829	27.599	27.995	479,9	40,0	80,0	12
04	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.616	5.770						
05	Royal Gala	4,5	3	741	82	246	20.934	20.750	355,7	39,5	79,0	9
05	Fuji	4,5	3	741	634	1.902						
06	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	9.310	11.638	17.573	17.061	292,5	48,7	97,5	6
06	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.748	5.935						
07	Galaxy	4	2	1.250	3.106	6.212	12.540	12.081	207,1	41,4	82,8	5
07	Fuji Raku Raku	4	2	1.250	3.164	6.328						
08	Cripps Pink	4	2	1.250	4.912	9.824	20.090	20.711	355,1	39,5	78,9	9
08	Galaxy	4	2	1.250	5.133	10.266						
09	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	8.142	10.178	15.379	16.389	281,0	46,8	93,7	6
09	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.161	5.201						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 10: distancias y tiempos campo Shangrilá (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
35	Brookfield	3,5	1	2.857	49.861	49.861	49.861	48.812	836,8	41,8	83,7	20
35	Granny Smith				371	0						
36	Fubrax	3,8	2	1.316	12.169	24.338	24.338	69.951	1.199,2	63,1	126,2	19
36	Granny Smith				901	0						
36	Fubrax	3,8	2	2.857	22.696	45.392						
36	Granny Smith				2.235	0	45.392					
37	Cripps Pink	3,5	1,2	2.381	44.259	53.111	53.111	53.378	915,0	45,8	91,5	20
37	Granny Smith				405	0						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 11: distancias y tiempos campo Shangrilá (viña) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Ha	Plantas Totales	Distancia	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Há simulación
38	Merlot	2,2	1	4.545	4.459	4.459	4.504	77	77,21	1

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 12: distancias y tiempos campo San Luis I (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
40	Imperial Gala	4	1,7	1.471	5.619	9.552	11.371	12.441	213,3	42,7	85,3	5
40	Granny Smith	4	1,7	1.471	1.070	1.819						
41	Galaval	3,5	1	2.857	3.373	3.373	3.373	4.497	77,1	38,5	77,1	2
42	Braeburn	4,5	2	1.111	3.209	6.418	7.176	6.583	112,9	37,6	75,2	3
42	Granny Smith	4,5	2	1.111	379	758						
43	Granny Smith	5	3,5	571	3.076	10.766	13.002	13.287	227,8	32,5	65,1	7
43	Granny Smith	5	2	1.000	621	1.242						
43	Red Chief	5	3,5	571	284	994						
44	Scarlett	4	1,5	1.667	11.857	17.786	18.474	18.899	324,0	40,5	81,0	8
44	Royal Gala	4	1,5	1.667	459	689						
45	Fuji	4,5	2	1.111	1.217	2.434	2.722	2.213	37,9	37,9		1
45	Granny Smith	4,5	2	1.111	144	288						
46	Royal Gala	4,5	2	1.111	8.236	16.472	18.248	17.297	296,5	37,1	74,1	8
46	Scarlett	4,5	2	1.111	888	1.776						
47	Brookfield	3,5	1	2.857	14.897	14.897	14.897	14.161	242,8	48,6	97,1	5

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 13: distancias y tiempos campo San Luis II (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
48	Braeburn	4	1,5	1.667	1.554	2.331	2.646	2.067	35,4	35,4		1
48	Granny Smith	4	1,5	1.667	210	315						
49	Scarlett	4,5	2	1.111	2.337	4.674	7.072	6.630	113,7	37,9	75,8	3
49	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.199	2.398						
50	Galaxy	4,5	2	1.111	2.817	5.634	8.344	8.853	151,8	37,9	75,9	4
50	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.355	2.710						
51	Scarlett	4,5	2	1.111	3.891	7.782	11.624	11.028	189,1	37,8	75,6	5
51	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.921	3.842						
52	Jeromine	3,5	1,3	2.198	16.372	21.284	36.049	38.607	661,8	82,7	165,5	8
52	Granny Smith	3,5	11,7	244	1.262	14.765						
53	Galaxy	4,5	2	1.111	12.284	24.568	29.242	30.574	524,1	37,4	74,9	14
53	Fuji	4,5	2	1.111	2.337	4.674						
54	Galaxy	4,25	2,25	1.046	5.081	11.432	13.694	13.580	232,8	38,8	77,6	6
54	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.005	2.261						
55	Scarlett	3,8	1,25	2.105	4.420	5.525	7.485	7.907	135,5	45,2	90,4	3
55	Granny Smith	3,8	2	1.316	980	1.960						
56	Braeburn	4,25	2,25	1.046	11.048	24.858	36.945	37.460	642,2	40,1	80,3	16
56	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	5.372	12.087						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 14: distancias y tiempos campo San Luis III (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
58	Granny Smith	5	2	1.000	1.178	2.356	2.356	1.997	34,2	34,2		1
59	Scarlett	4	1,25	2.000	7.785	9.731	12.713	12.488	214,1	42,8	85,6	5
59	Granny Smith	4	2	1.250	1.491	2.982						
60	Brookfield	3,5	1	2.857	19.899	19.899	27.808	27.836	477,2	47,7	95,4	10
60	Granny Smith	3,5	1,2	2.381	6.591	7.909						
62	Granny Smith	5	3,5	571	2.656	9.296	15.707	15.151	673,2	74,8	149,6	9
62	Granny Smith	6	2,5	667	1.926	4.815						
62	Red Chief	5	3,5	571	456	1.596						
63	Brookfield	3,5	1	2.857	30.333	30.333	35.475	30.390	521,0	32,6	65,1	16
63	Brookfield	3,5	1,2	2.381	4.285	5.142						
63	Granny Smith					0						
64	Fubrax	3,5	1	2.857	12.871	12.871	14.793	14.776	253,3	28,1	56,3	9
64	Fubrax	3,5	1,2	2.381		0						
64	Granny Smith	3,5	1,1	2.597	1.747	1.922						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 15: distancias y tiempos campo Los Gualles I (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
70	Granny Smith	8	8	156	630	5040	5256	4981,99	85,4	21,4	42,7	4
70	Red Chief	8	8	156	27	216						
71	Granny Smith	4,5	2	1.111	888	1776	1784	2221,7	38,1	38,1		1,00
71	Red Chief	4,5	2	1.111	4	8						
72	Granny Smith	5	3,5	571	1.658	5803	6279	6733,5	115,4	28,9	57,7	4
72	Red Chief	5	3,5	571	136	476						
73	Granny Smith	8	8	156	813	6504	6904	9236,1	158,3	39,6	79,2	4
73	Red Chief	8	8	156	50	400						
74	Granny Smith	4	1,7	1.471	932	1584,4	1.584	2.058	35,3	35,0		1
75	Ultra Red Gala	4,5	2	1.111	4.451	8902	10.552	9.628	165,0	33,0	66,0	5
75	Granny Smith	4,5	2	1.111	825	1650						
76	Gala Premium	4,5	2	1.111	4.195	8390	9.826	9.596	164,5	32,9	65,8	5
76	Granny Smith	4,5	2	1.111	718	1436						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 16: distancias y tiempos campo Los Gualles II (manzanas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
77	Granny Smith	8	8	156	583	4664	6408	6472,7	111,0	22,2	44,4	5
77	Granny Smith	4	2	1.250	256	512						
77	Red Chief	8	8	156	154	1232						
78	Galaxy	3,5	1,25	2.286	443	553,75	728	1.508	25,9	26,0		1
78	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	139	173,75						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 17: distancias y tiempos campo Los Gualles I (viñas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
101	Malbec	2,2	1	4.545	5.496	5.496	5.496	4.542	77,9	77,9		1
102	Pinot Noir	2,2	1	4.545	5.594	5.594	5.594	4.548	78,0	78,0		1
103	Pinot Noir	2,2	1	4.545	12.664	12.664	12.664	13.617	233,4	77,8	155,6	3
104	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	8.762	8.762	8.762	9.080	155,7	77,8	155,7	2

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 18: distancias y tiempos campo Los Gualles II (viñas) situación actual

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
105	Pinot Noir	2,2	1	4.545	11.633	11.633	11.633	13.632	233,7	77,9	155,8	3
106	Malbec	2,2	1	4.545	7.853	7.853	7.853	9.082	155,7	77,8	155,7	2
107	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	1.501	1.501	1.501					
108	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	4.157	4.157	4.157	4.564	78,2	78,0		1
109	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	1.365	1.365	1.365					
110	Malbec	2,2	1	4.545	10.176	10.176	10.176	9.086	155,8		155,8	2
111	Malbec	2,2	1	4.545	7.321	7.321	7.321	8.820	151,2		151,2	2
112	Pinot Noir	2,2	1	4.545	7.539	7.539	7.539	8.975	153,9		153,9	2
113	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	6.290	6.290	6.290	4.558	78,1	78,0		1
114	Malbec	2,2	1	4.545	8.327	8.327	8.327	8.954	153,5		153,5	2
115	Malbec	2,2	1	4.545	2.385	2.385	2.385	4.417	75,7	76,0		1
116	Malbec	2,2	1	4.545	7.525	7.525	7.525	8.091	138,7		139,0	2
117	Malbec	2,2	1	4.545	4.012	4.012	4.012	4.559	78,2	78,0		1
118	Malbec	2,2	1	4.545	15.554	15.554	15.554	13.644	233,9	78,0	155,9	3

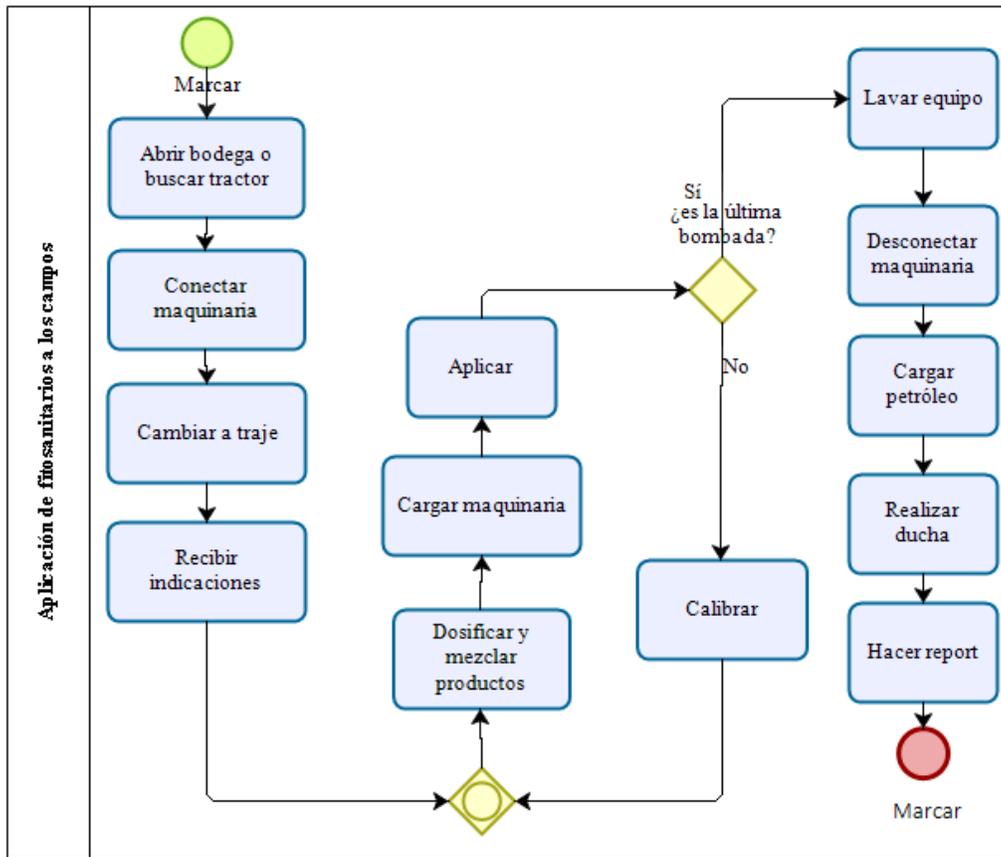
Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 19: distancias y tiempos campo Los Gualles (nogales) situación actual

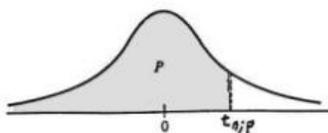
Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
120	Chandler	7	3,5	408	7.547	26.415	27.412	26.967	462,3	23,1	46,2	20
120	Cisco	7	3,5	408	285	998						
121	Chandler	7	3,5	408	4.177	14.620	15.113	15.113	259,1	23,6	47,1	11
121	Cisco	7	3,5	408	141	494						
122	Chandler	7	3,5	408	776	2.716	2.818	2.493	42,7	21,4	42,7	2
122	Cisco	7	3,5	408	29	102						
123	Chandler	7	3,5	408	2.281	7.984	8.201	8.000	137,2	22,9	45,7	6
123	Cisco	7	3,5	408	62	217						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 20: diagrama de procesos básicos para simulación



Fuente: elaboración propia

Anexo 21: tabla *t*-studentDistribución *t* de Student

La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores p y $t_{n;p}$ que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n;p}) = p.$$

n	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
∞	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

Fuente: (Montgomery & Runger, 1996)

Anexo 22: distancias y tiempos campo Cielito I (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PL/Ha	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación (min)	Tiempo simulación (min) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (min) cada 2 hectárea	Número Há simulación
02	Cripps Pink	4,5	2	1.111	1.814	3.628,0	4.294,0	4.272,6	45,78	22,9	45,8	2
02	Granny Smith	4,5	2	1.111	333	666,0						
06	Galaxy	4,25	2,25	1.046	4.337	9.758,3	11.738,3	11.508,1	123,30	24,7	49,3	5
06	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	880	1.980,0						
10	Cripps Pink	4,5	2,5	889	3.119	7.797,5	8.727,5	8.727,5	93,51	23,4	46,8	4,0
10	Granny Smith	4,5	2,5	889	372	930,0						
11	Brookfield	3,5	1	2.857	7.664	7.664,0	10.262,0	9.523,9	102,04	25,5	51,0	4
11	Granny Smith	3,5	1	2.857	2.598	2.598,0						
13	Brookfield	4,5	2	1.111	2.417	4.834,0	5.480,0	6.088,9	65,24	21,7	43,5	3
13	Granny Smith	4,5	2	1.111	323	646,0						
14	Red Chief	3,75	1,5	1.778	5.993	8.989,5	12.031,5	11.270,7	120,76	30,2	60,4	4
14	Granny Smith	3,75	2	1.333	1.521	3.042,0						
15	Brookfield	3,75	1,2	2.222	9.343	11.211,6	14.915,6	14.709,7	157,60	31,5	63,0	5
15	Granny Smith	3,75	2	1.333	1.852	3.704,0						
16	Granny Smith	5	2	1.000	8.294	16.588,0	23.010,0	22.994,7	246,37	16,4	32,8	15
16	Red Chief	5	2	1.000	3.211	6.422,0						
17	Cripps Pink	3,5	1,3	2.198	9.724	12.641,2	12.641,2	11.414,2	122,3	30,6	61,1	4

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 23: distancias y tiempos campo Cielito II (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PL/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación (min)	Tiempo simulación (min) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (min) cada 2 hectárea	Número Há simulación
19	Brookfield	3,5	1	2.857	6.217	6.217,0	6.815,0	6.837,8	73,3	24,4	48,8	3
19	Granny Smith	3,5	1	2.857	598	598,0						
20	Brookfield	3,5	1	2.857	11.981	11.981,0	11.981,0	11.356,4	121,7	30,4	60,8	4
21	Fuji	4,5	2	1.111	8.344	16.688,0	18.650,0	18.712,4	200,5	22,3	44,6	9
21	Royal Gala	4,5	2	1.111	981	1.962,0						
22A	Braeburn	4	1,5	1.667	6.615	9.922,5	40.115,9	39.758,1	426,0	42,6	85,2	10
22A	Granny Smith	4	1,5	1.667	908	1.362,0						
22B	Jeromine	3,5	1,3	2.198	22.178	28.831,4						
23	Red Chief	5	1,5	1.333	8.854	13.281,0	14.409,0	14.329,4	153,5	17,1	34,1	9
23	Granny Smith	5	1,5	1.333	752	1.128,0						
24	Scarlett	4,5	2,5	889	1073	2.682,5	2.977,5	2.082,2	22,3	22,3		1
24	Royal Gala	4,5	2,5	889	118	295,0						
25	Fuji	4,5	2,5	889	1.707	4.267,5	4.747,5	4.375,6	46,9	23,4	46,9	2
25	Royal Gala	4,5	2,5	889	192	480,0						
26	Scarlett	4,5	1,5	1.481	5.755	8.632,5	9.657,0	10.565,6	113,2	22,6	45,3	5
26	Granny Smith	4,5	1,5	1.481	683	1.024,5						
27	Fubrax	3,7	1,3	2.079	14.054	18.270,2	18.270,2	18.918,8	202,7	29,0	57,9	7
28	Royal Gala	4	2	1.250	7.371	14.742,0	16.302,0	16.756,8	179,5	25,6	51,3	7
28	Scarlett	4	2	1.250	780	1.560,0						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 24: distancias y tiempos campo Cielito (kiwis) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
3	Hayward	4	3,5	714	6.552	22.932	25.186	26.186	281	25,5	51,0	11
3	Tomuri Matua	4	3,5	714	644	2.254						
9	Hayward	4,2	3,2	744	6.356	20.339	22.710	23.365	250	25,0	50,1	10
9	Chieftain	4,2	3,2	744	741	2.371						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 25: distancias y tiempos campo Cielito (peras) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
07	Red Sensation	5	1,5	1.333	3.336	5.004	8.810	8.688	93	18,6	37,2	5
07	Summer Bartlett	5	1,5	1.333	1.788	2.682						
07	Beurre Bosc	5	1,5	1.333	749	1.124						
08	Beurre Bosc	5	1,5	1.333	10.392	15.588	19.794	19.274	207	20,7	41,3	10
08	Red Sensation	5	1,5	1.333	2.804	4.206						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 26: distancias y tiempos campo Cielito (cerezas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
01	Sylvia	4	1,5	1.667	570	855	14.766	14.991	161	26,8	53,5	6
01	Kordia	4	1,5	1.667	2.400	3.600						
01	Regina	4	1,5	1.667	6.313	9.470						
01	Summit	4	1,5	1.667	561	842						
04	Lapins	4,5	2,5	889	3.890	9.725	9.725	8.861	95	23,7	47,5	4
05	Sylvia	4	1,5	1.667	750	1.125	10.983	9.985	107	26,7	53,5	4
05	Regina	4	1,5	1.667	4.373	6.560						
05	Kordia	4	1,5	1.667	1.449	2.174						
05	Summit	4	1,5	1.667	750	1.125						
12	Lapins	4,5	2,5	889	2.435	6.088	6.088	6.617	71	23,6	47,3	3
18a	Lapins	4	1,5	1.667	210	315	14.076	29.927	321	26,7	53,4	12
18a	Regina	4	1,5	1.667	8.403	12.605						
18a	Skeena	4	1,5	1.667	771	1.157						
18b	Lapins	4	2	1.250	686	1.372	16.400					
18b	Skeena	4	2	1.250	1.259	2.518						
18b	Regina	4	1,5	1.667	1.664	2.496						
18b	Sweet Heart	4	2	1.250	5.007	10.014						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 27: distancias y tiempos campo Carolita (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
31	Pacific Gala	4,25	2,25	1.046	2.348	5.283	6.647	6.581	71	23,5	47,0	3
31	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	606	1.364						
32	Brookfield	4,25	2,25	1.046	3.992	8.982	11.639	11.593	124	24,8	49,7	5
32	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.181	2.657						
33	Braeburn	4,25	2,25	1.046	3.730	8.393	10.717	9.259	99	24,8	49,6	4
33	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.033	2.324						
34	Fuji Raku Raku	4,25	2,25	1.046	7.018	15.791	19.638	18.636	200	25,0	49,9	8
34	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.710	3.848						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 28: distancias y tiempos campo Carolita (viña) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
30	Merlot	2,25	1,25	3.556	14.891	18.614	13.756	147	36,8	73,7	4,0

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 29: distancias y tiempos campo Ciprés (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
01	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	1.506	1.883	1.883	1.846	20	19,8		1
02	Fuji	4,5	3	741	4.640	13.920	15.228	15.324	164	20,5	41,0	8
02	Royal Gala	4,5	3	741	436	1.308						
03	Royal Gala	4,5	3	741	1.388	4.164	4.554	3.943	42	21,1	42,2	2
03	Fuji	4,5	3	741	130	390						
04	Royal Gala	3,5	1,25	2.286	17.463	21.829	27.599	27.995	300	25,0	50,0	12
04	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.616	5.770						
05	Royal Gala	4,5	3	741	82	246	20.934	20.750	222	24,7	49,4	9
05	Fuji	4,5	3	741	634	1.902						
06	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	9.310	11.638	17.573	17.061	183	30,5	60,9	6
06	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.748	5.935						
07	Galaxy	4	2	1.250	3.106	6.212	12.540	12.081	129	25,9	51,8	5
07	Fuji Raku Raku	4	2	1.250	3.164	6.328						
08	Cripps Pink	4	2	1.250	4.912	9.824	20.090	20.711	222	24,7	49,3	9
08	Galaxy	4	2	1.250	5.133	10.266						
09	Fuji Raku Raku	3,5	1,25	2.286	8.142	10.178	15.379	16.389	176	29,3	58,5	6
09	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	4.161	5.201						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 30: distancias y tiempos campo Shangrilá (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
35	Brookfield	3,5	1	2.857	49.861	49.861	49.861	48.812	523	26,1	52,3	20
35	Granny Smith				371	0						
36	Fubrax	3,8	2	1.316	12.169	24.338	24.338	69.951	749	39,4	78,9	19
36	Granny Smith				901	0						
36	Fubrax	3,8	2	2.857	22.696	45.392						
36	Granny Smith				2.235	0	45.392					
37	Cripps Pink	3,5	1,2	2.381	44.259	53.111	53.111	53.378	572	28,6	57,2	20
37	Granny Smith				405	0						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 31: distancias y tiempos campo Shangrilá (viña) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	Pl/Ha	Plantas Totales	Distancia	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Há simulación
38	Merlot	2,2	1	4.545	4.459	4.459	4.504	48	48,3	1

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 32: distancias y tiempos campo San Luis I (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
40	Imperial Gala	4	1,7	1.471	5.619	9.552	11.371	12.441	133	26,7	53,3	5
40	Granny Smith	4	1,7	1.471	1.070	1.819						
41	Galaval	3,5	1	2.857	3.373	3.373	3.373	4.497	48	24,1	48,2	2
42	Braeburn	4,5	2	1.111	3.209	6.418	7.176	6.583	71	23,5	47,0	3
42	Granny Smith	4,5	2	1.111	379	758						
43	Granny Smith	5	3,5	571	3.076	10.766	13.002	13.287	142	20,3	40,7	7
43	Granny Smith	5	2	1.000	621	1.242						
43	Red Chief	5	3,5	571	284	994						
44	Scarlett	4	1,5	1.667	11.857	17.786	18.474	18.899	202	25,3	50,6	8
44	Royal Gala	4	1,5	1.667	459	689						
45	Fuji	4,5	2	1.111	1.217	2.434	2.722	2.213	24	23,7		1
45	Granny Smith	4,5	2	1.111	144	288						
46	Royal Gala	4,5	2	1.111	8.236	16.472	18.248	17.297	185	23,2	46,3	8
46	Scarlett	4,5	2	1.111	888	1.776						
47	Brookfield	3,5	1	2.857	14.897	14.897	14.897	14.161	152	30,3	60,7	5

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 33: distancias y tiempos campo San Luis II (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
48	Braeburn	4	1,5	1.667	1.554	2.331	2.646	2.067	22	22,1		1
48	Granny Smith	4	1,5	1.667	210	315						
49	Scarlett	4,5	2	1.111	2.337	4.674	7.072	6.630	71	23,7	47,4	3
49	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.199	2.398						
50	Galaxy	4,5	2	1.111	2.817	5.634	8.344	8.853	95	23,7	47,4	4
50	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.355	2.710						
51	Scarlett	4,5	2	1.111	3.891	7.782	11.624	11.028	118	23,6	47,3	5
51	Granny Smith	4,5	2	1.111	1.921	3.842						
52	Jeromine	3,5	1,3	2.198	16.372	21.284	36.049	38.607	414	51,7	103,4	8
52	Granny Smith	3,5	11,7	244	1.262	14.765						
53	Galaxy	4,5	2	1.111	12.284	24.568	29.242	30.574	328	23,4	46,8	14
53	Fuji	4,5	2	1.111	2.337	4.674						
54	Galaxy	4,25	2,25	1.046	5.081	11.432	13.694	13.580	146	24,3	48,5	6
54	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	1.005	2.261						
55	Scarlett	3,8	1,25	2.105	4.420	5.525	7.485	7.907	85	28,2	56,5	3
55	Granny Smith	3,8	2	1.316	980	1.960						
56	Braeburn	4,25	2,25	1.046	11.048	24.858	36.945	37.460	401	25,1	50,2	16
56	Granny Smith	4,25	2,25	1.046	5.372	12.087						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 34: distancias y tiempos campo San Luis III (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
58	Granny Smith	5	2	1.000	1.178	2.356	2.356	1.997	21	21,4		1
59	Scarlett	4	1,25	2.000	7.785	9.731	12.713	12.488	134	26,8	53,5	5
59	Granny Smith	4	2	1.250	1.491	2.982						
60	Brookfield	3,5	1	2.857	19.899	19.899	27.808	27.836	298	29,8	59,6	10
60	Granny Smith	3,5	1,2	2.381	6.591	7.909						
62	Granny Smith	5	3,5	571	2.656	9.296	15.707	15.151	162	18,0	36,1	9
62	Granny Smith	6	2,5	667	1.926	4.815						
62	Red Chief	5	3,5	571	456	1.596						
63	Brookfield	3,5	1	2.857	30.333	30.333	35.475	30.390	326	20,4	40,7	16
63	Brookfield	3,5	1,2	2.381	4.285	5.142						
63	Granny Smith					0						
64	Fubrax	3,5	1	2.857	12.871	12.871	14.793	14.776	158	17,6	35,2	9
64	Fubrax	3,5	1,2	2.381		0						
64	Granny Smith	3,5	1,1	2.597	1.747	1.922						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 35: distancias y tiempos campo Los Gualles I (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
70	Granny Smith	8	8	156	630	5040	5256	4981,99	53,4	13,3	26,7	4
70	Red Chief	8	8	156	27	216						
71	Granny Smith	4,5	2	1.111	888	1776	1784	2221,7	23,8	23,8		1,00
71	Red Chief	4,5	2	1.111	4	8						
72	Granny Smith	5	3,5	571	1.658	5803	6279	6733,5	72,1	18,0	36,1	4
72	Red Chief	5	3,5	571	136	476						
73	Granny Smith	8	8	156	813	6504	6904	9236,1	99,0	24,7	49,5	4
73	Red Chief	8	8	156	50	400						
74	Granny Smith	4	1,7	1.471	932	1584,4	1.584	2.058	22,0	22,0		1
75	Ultra Red Gala	4,5	2	1.111	4.451	8902	10.552	9.628	103,2	20,6	41,3	5
75	Granny Smith	4,5	2	1.111	825	1650						
76	Gala Premium	4,5	2	1.111	4.195	8390	9.826	9.596	102,8	20,6	41,1	5
76	Granny Smith	4,5	2	1.111	718	1436						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 36: distancias y tiempos campo Los Gualles II (manzanas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
77	Granny Smith	8	8	156	583	4664	6408	6472,7	69,4	13,9	27,7	5
77	Granny Smith	4	2	1.250	256	512						
77	Red Chief	8	8	156	154	1232						
78	Galaxy	3,5	1,25	2.286	443	553,75	728	1.508	16,2	16,2		1
78	Granny Smith	3,5	1,25	2.286	139	173,75						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 37: distancias y tiempos campo Los Gualles I (viñas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
101	Malbec	2,2	1	4.545	5.496	5.496	5.496	4.542	49	48,7		1
102	Pinot Noir	2,2	1	4.545	5.594	5.594	5.594	4.548	49	48,7		1
103	Pinot Noir	2,2	1	4.545	12.664	12.664	12.664	13.617	146	48,6	97,3	3
104	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	8.762	8.762	8.762	9.080	97	48,6	97,3	2

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 38: distancias y tiempos campo Los Gualles II (viñas) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
105	Pinot Noir	2,2	1	4.545	11.633	11.633	11.633	13.632	146	48,7	97,4	3
106	Malbec	2,2	1	4.545	7.853	7.853	7.853	9.082	97	48,7	97,3	2
107	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	1.501	1.501	1.501					
108	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	4.157	4.157	4.157	4.564	49	48,9		1
109	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	1.365	1.365	1.365					
110	Malbec	2,2	1	4.545	10.176	10.176	10.176	9.086	97		97,3	2
111	Malbec	2,2	1	4.545	7.321	7.321	7.321	8.820	95		94,5	2
112	Pinot Noir	2,2	1	4.545	7.539	7.539	7.539	8.975	96		96,2	2
113	Sauvignon Blanc	2,2	1	4.545	6.290	6.290	6.290	4.558	49	48,8		1
114	Malbec	2,2	1	4.545	8.327	8.327	8.327	8.954	96		95,9	2
115	Malbec	2,2	1	4.545	2.385	2.385	2.385	4.417	47	47,3		1
116	Malbec	2,2	1	4.545	7.525	7.525	7.525	8.091	87		86,7	2
117	Malbec	2,2	1	4.545	4.012	4.012	4.012	4.559	49	48,8		1
118	Malbec	2,2	1	4.545	15.554	15.554	15.554	13.644	146	48,7	97,5	3

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 39: distancias y tiempos campo Los Gualles (nogales) con mejoras

Cuartel	Variedad	EH	SH	PI/Há	Plantas Totales	Distancia	Distancia total	Distancia simulación	Tiempo simulación	Tiempo simulación (minutos) cada 1 hectárea	Tiempo simulación (minutos) cada 2 hectárea	Número Há simulación
120	Chandler	7	3,5	408	7.547	26.415	27.412	26.967	289	14,4	28,9	20
120	Cisco	7	3,5	408	285	998						
121	Chandler	7	3,5	408	4.177	14.620	15.113	15.113	162	14,7	29,4	11
121	Cisco	7	3,5	408	141	494						
122	Chandler	7	3,5	408	776	2.716	2.818	2.493	27	13,4	26,7	2
122	Cisco	7	3,5	408	29	102						
123	Chandler	7	3,5	408	2.281	7.984	8.201	8.000	86	14,3	28,6	6
123	Cisco	7	3,5	408	62	217						

Fuente: elaboración propia en base a información de Agrícola Frutasol

Anexo 40: avance construcción cargadero Carolita



Fuente: Control de Gestión Frutasol

Anexo 41: avance construcción cargadero Carolita



Fuente: Control de Gestión Frutasol

Anexo 42: avance construcción cargadero Shangrilá



Fuente: Control de Gestión Frutasol

Anexo 43: avance construcción cargadero Shangrilá



Fuente: Control de Gestión Frutasol