

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **MEJORA APLICADA EN LA EMPRESA SOLAGRO S.A.C. MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Marjory Abadia Rios**

**Código 20120003**

**Katherine Ariana Zuñiga Moreno**

**Código 20131503**

**Asesor**

Carlos Augusto Lizárraga Portugal

Lima – Perú

Junio de 2021



**IMPROVEMENT APPLIED IN THE  
SOLAGRO SAC COMPANY USING LEAN  
MANUFACTURING TOOLS**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes de la empresa.....	1
1.1.1.    Presentación de la Empresa.....	1
1.1.2.    Problemática observada .....	1
1.2. Objetivos de la investigación.....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos.....	2
1.3. Alcance de la investigación .....	2
1.4. Justificación de la investigación .....	3
1.5. Hipótesis de la investigación .....	4
1.6. Marco referencial.....	4
1.7. Marco conceptual.....	6
<b>CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PROCESO A SER MEJORADO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Análisis del Macro Entorno .....	13
2.2. Análisis del Sector Competitivo .....	17
2.3. Análisis de la Dirección Estratégica .....	19
2.4. Análisis del Modelo de Negocio .....	21
2.5. Análisis del macroproceso .....	22
2.6. Análisis de la estructura organizacional.....	26
2.7. Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves - línea base.....	27
2.7.1.Determinación de oportunidades de mejora .....	31
2.8. Selección del Proceso a mejorar .....	32
<b>CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA O PROCESO OBJETO DE ESTUDIO. .....</b>	<b>33</b>
3.1. Diagnóstico del proceso a mejorar.....	33

3.2. Value Stream Map (VSM) del proceso.....	35
3.3. Análisis de los indicadores Lean del proceso .....	37
3.4. Análisis de oportunidades de mejora en el proceso .....	38
3.5. Determinación y selección de causas raíces a mejorar .....	40
<b>CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>44</b>
4.1. Planteamiento de alternativas de solución .....	44
4.2. Determinación y ponderación de criterios de evaluación .....	45
4.3. Selección de alternativas de solución.....	46
<b>CAPÍTULO V: EVALUACIÓN TÉCNICA DEL MODELO DE MEJORA PROPUESTO</b>	<b>48</b>
5.1. Diseño de modelo de mejora.....	48
5.2. Establecimiento del Ritmo de Producción .....	49
5.3. Balancear la producción (calcular el Pitch o tiempo de paso) .....	52
5.4. Estructuración de flujo continuo (suavizado y en lotes pequeños) .....	53
5.5. Validación técnica del modelo de mejora propuesto .....	58
<b>CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO SOCIAL DEL MODELO DE MEJORA PROPUESTO</b>	<b>74</b>
6.1. Desarrollo, implementación y Aseguramiento del modelo de mejora....	74
6.2. Determinación de la inversión, los recursos y los flujos económicos del modelo.....	76
6.3. Evaluación económica y financiera del modelo de mejora propuesto....	80
6.4. Impacto social del modelo de mejora propuesto.....	86
6.5. Evaluación de resultados a la luz de la aplicación de riesgos y amenazas para su implementación .....	87
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Objetivos Empresariales y Específicos de la empresa Solagro SAC .....	20
Tabla 2.2 Requisitos del cliente y como se satisfacen.....	23
Tabla 2.3 Análisis Balanced ScoreCard de la empresa SOLAGRO SAC.....	28
Tabla 2.4 Problemas hallados en la empresa Solagro .....	31
Tabla 2.5 Resumen de las encuestas.....	32
Tabla 3.1 Calculo del Takt Time .....	37
Tabla 3.2 Resumen de Indicadores Lean del proceso .....	38
Tabla 3.3 Tabla de Identificación de Problemas .....	39
Tabla 3.4 Riesgos asociados en cada actividad del proceso.....	40
Tabla 4.1 Matriz de enfrentamientos de factores .....	46
Tabla 4.2 Ranking de Factores .....	47
Tabla 5.1 Demanda mensual e índice estacional para los años 2017 - 2019.....	50
Tabla 5.2 Demanda mensual del cliente por cuatrimestre.....	51
Tabla 5.3 Cálculo del Takt Time por cuatrimestre .....	51
Tabla 5.4 Cálculo del Pitch por cuatrimestre .....	52
Tabla 5.5 Cantidad de Producción Diaria mensual por Cuatrimestre .....	53
Tabla 5.6 Cálculo de Número de Operario por cuatrimestre .....	54
Tabla 5.7 Cálculo de Células de Trabajo por cuatrimestre .....	56
Tabla 5.8 Reducción del Lead Time al año .....	59
Tabla 5.9 Tiempos de la situación actual .....	66
Tabla 5.10 Tiempos de la situación futura Cuatrimestre I .....	68
Tabla 5.11 Tiempos de la situación futura Cuatrimestre II .....	69
Tabla 5.12 Tiempos de la situación futura Cuatrimestre III.....	71
Tabla 5.13 Comparación de indicadores entre ambos escenarios .....	72
Tabla 6.1 Programa de implementación de la Propuesta de Solución .....	74
Tabla 6.2 Cronograma de Actividades (Diagrama de Gantt) .....	75
Tabla 6.3 Cálculo de total de ingresos anuales de un operario en SOLAGRO .....	77
Tabla 6.4 Detalle de la inversión del diagnóstico de la empresa.....	77
Tabla 6.5 Cálculo del total de ingresos anuales de un operario en SOLAGRO.....	78
Tabla 6.6 Cálculo de inversión para adecuaciones en células de trabajo.....	78

Tabla 6.7 Cálculo del total de ingresos anuales del Gestor de Implementación.....	79
Tabla 6.8 Detalle de los costos variables del escenario actual .....	80
Tabla 6.9 Detalle de los costos variables del escenario futuro .....	81
Tabla 6.10 Calculo de Kd .....	82
Tabla 6.11 Calculo de CPPC .....	83
Tabla 6.12 Flujo económico de la situación actual .....	84
Tabla 6.13 Flujo económico del proyecto de mejora propuesto .....	85
Tabla 6.14 Valor Bruto de Producción respecto del personal ocupado .....	87
Tabla 6.15 Resumen de resultados para las variables de entrada.....	88
Tabla 6.16 Resumen de resultados para las variables de salida .....	91

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Análisis del Modelo de Negocios de la Empresa Solagro .....	22
Figura 2.2 Macroproceso de la empresa Solagro .....	24
Figura 2.3 Diagrama de Bloque del Proceso de Producción.....	25
Figura 2.4 Organigrama de la empresa Solagro SAC, 2020 .....	27
Figura 2.5 Línea de tendencia del indicador Retorno de Inversión.....	29
Figura 2.6 Línea de tendencia del indicador Rotación de Inventarios .....	30
Figura 2.7 Línea de tendencia del indicador Incremento de Ventas .....	30
Figura 3.1 Value Stream Map del proceso de producción .....	36
Figura 3.2 Análisis Funcional de los problemas hallados .....	42
Figura 3.3 Matriz de Causa-Efecto.....	43
Figura 5.1 Comparativo de demanda del cliente entre los años 2017 - 2019.....	49
Figura 5.2 VSM Fututo para el Cuatrimestre I.....	60
Figura 5.3 VSM Fututo para el Cuatrimestre II .....	61
Figura 5.4 VSM Fututo para el Cuatrimestre III .....	62
Figura 5.5 Modelo de simulación del escenario actual .....	65
Figura 5.6 Utilización de Recursos en el escenario actual .....	66
Figura 5.7 Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre I .....	67
Figura 5.8 Utilización de Recursos para el Cuatrimestre I.....	68
Figura 5.9 Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre II.....	69
Figura 5.10 Utilización de Recursos para el Cuatrimestre II .....	70
Figura 5.11 Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre III.....	70
Figura 5.12 Utilización de Recursos para el Cuatrimestre III .....	71
Figura 6.1 Resultados de @Risk para a variable Demanda del Cuatrimestre I.....	88
Figura 6.2 Resultados de @Risk para a variable Demanda del Cuatrimestre II .....	89
Figura 6.3 Resultados de @Risk para a variable Demanda del Cuatrimestre III.....	89
Figura 6.4 Resultados de @Risk para a variable Precio (en soles) .....	90
Figura 6.5 Resultados de @Risk para a variable Costo (en soles) .....	90
Figura 6.6 Resultados de @Risk para a variable VAN .....	91
Figura 6.7 Resultados de @Risk para a variable TIR .....	92
Figura 6.8 Impacto de las variables de entrada en la variable VAN .....	92

Figura 6.9 Impacto de las variables de entrada en la variable TIR .....93



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Encuesta de Desempeño Funcional .....	104
Anexo 2	Toma de tiempos del proceso de producción de una bolsa de controladora biológico estándar .....	108
Anexo 3	Bondad de Ajuste de la toma de tiempos en la empresa SOLAGRO SAC..	121

## RESUMEN

La empresa Solagro no ha tenido los objetivos esperados por la gerencia durante los años 2017, 2018 y 2019, en los cuales presenta márgenes brutos de 15%, 12% y 11%, los cuales son inferiores a la meta de 20%. Se planteó aplicar herramientas Lean para proponer una solución al problema principal.

Realizando un análisis de la situación actual a través un Value Stream Map (VSM), se logró identificar el despilfarro en el proceso productivo y, junto con un diagrama de relación causa-efecto y con el apoyo de la herramienta de análisis “Thibaut”, se identificaron las causas raíz del problema principal “Demora en la Producción”. A partir de dichas causas se plantearon diferentes alternativas de solución.

A partir del análisis de factores cualitativos y cuantitativos se escogió una herramienta Lean llamada Heijunka. Debido a la estacionalidad de la demanda, se planteó desarrollar un Heijunka cuatrimestral. Esta propuesta fue complementada con el aseguramiento de la misma a través del desarrollo de 4 capacitaciones anuales a los operarios, además de inspecciones trimestrales que tuvieron como objetivo evaluar puntos críticos de control en cada etapa del proceso productivo.

Como resultado de la mejora, se obtuvo un B/C de 2,66 soles y un VAN de 736 044,02 soles el cual, al ser positivo, comprobó la viabilidad del proyecto. Así también, se hizo uso del software “ARENA” el cual permitió simular los escenarios actual y futuro del proyecto, de esta manera se demostró una reducción del lead time del proceso en un 98,47%.

La evaluación de riesgos realizada mediante la herramienta @Risk permitió conocer que el proyecto de mejora es viable porque, con un intervalo de confianza del 90%, el VAN siempre será positivo y TIR será mayor al COK. Mientras que la variable con mayor impacto al modelo es el Precio.

**Palabras claves:** mejora de procesos, manufactura esbelta, controlador biológico, heijunka, simulación de procesos.

## ABSTRACT

The Solagro company has not had the objectives expected by management during the years 2017, 2018 and 2019, in which it presents gross margins of 15%, 12% and 11%, which are lower than the goal of 20%. It is proposed to apply Lean tools to propose a solution to the main problem.

By performing an analysis of the current situation through a Value Stream Map (VSM), it has been possible to identify waste in the production process and, together with a cause-effect relationship diagram and with the support of the analysis tool "Thibaut", the root causes of the main problem "Delay in Production" were identified. From these causes, different solution alternatives were proposed.

From the analysis of qualitative and quantitative factors, a Lean tool called Heijunka was chosen. Due to the seasonality of the demand, it was proposed to develop a quarterly Heijunka. This proposal is complemented with the assurance of the same through the development of 4 annual trainings to the operators, in addition to quarterly inspections that will aim to evaluate critical control points at each stage of the production process.

As a result of the improvement, there will be a B / C of 2,66 soles and a NPV of 736 044,02 soles, which, being positive, indicates the viability of the project. Likewise, the "ARENA" software was used, which allowed simulating the current and future scenarios of the project, in this way a reduction in the lead time of the process was demonstrated by 98,47%.

The risk assessment carried out using the @Risk tool allowed us to know that the improvement project is viable because, with a confidence interval of 90%, the NPV will always be positive and the IRR will be greater than the COK. While the variable with the greatest impact on the model is the Price.

**Keywords:** process improvement, lean manufacturing, biological controller, heijunka, process simulation.

# **CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Antecedentes de la empresa**

### **1.1.1. Presentación de la Empresa**

La empresa Soluciones Agrosostenibles SAC, razón comercial SOLAGRO es una empresa que se dedica a la elaboración de controladores biológicos naturales en forma de hongos.

Se ubica en la avenida Metropolitana Mz F1-Lt5, urbanización San Isidro en la ciudad de Trujillo, La Libertad. Su RUC es el 20481349550 y tiene tres CIIU, los cuales son: 3290 – Otras Industrias Manufactureras N.C.P, 7490 – Otras Actividades Profesionales, Científicas y Técnicas N.C.P, 4620 – Venta al por mayor de materias primas agropecuarias y animales vivos. La empresa cuenta con 41 trabajadores a marzo de 2019.

Fue fundada en el año 2006 como alternativa sostenible para las empresas agrícolas locales debido a la creciente demanda de mercados extranjeros como Estados Unidos y Europa que exigen altos estándares de calidad en sus alimentos y esto implica disminuir al mínimo la cantidad de pesticida que posee un alimento.

### **1.1.2. Problemática observada**

En términos generales, se pudo evidenciar que la empresa Solagro SAC ha presentado una disminución paulatina en el Margen Neto en los últimos tres años (2017: 15%, 2018: 12% y 2019: 11%). En el desarrollo de la presente Tesis, se tuvo como objetivo llegar a las causas raíz de dicha problemática y se planteó una propuesta de mejora que permita superar los principales problemas asociados.

En tal sentido, se planteó realizar el estudio que corresponda a la siguiente pregunta de investigación: ¿Será posible mejorar el desempeño de la empresa Solagro SAC aplicando técnicas de Lean Manufacturing?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

El objetivo general de la Tesis propuso realizar una propuesta de mejora en la empresa SOLAGRO SAC mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing con el fin de reducir el despilfarro de recursos en los procesos productivos.

### **Objetivos específicos**

El objetivo general fue desarrollado a partir de los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico inicial en la empresa Solagro para identificar oportunidades de mejora.
- Identificar las causas raíz de las oportunidades de mejora encontradas.
- Proponer alternativas de solución y seleccionar la mejor propuesta.
- Validar la propuesta de mejora de manera técnica, económica y socialmente.

## **1.3. Alcance de la investigación**

La presente Tesis refirió una mejora aplicada en la empresa Solagro SAC, la cual se dedica a la producción de controladores biológicos naturales a partir de hongos y cuyas instalaciones están ubicadas en la urbanización San Isidro en la ciudad de Trujillo. El estudio se realizó durante el periodo 2017 y 2019. El nivel de la Tesis se presentó como una propuesta de mejora validada técnica y económico, cuya implementación y ejecución será decisión de la gerencia de la empresa.

Por otra parte, la Tesis tuvo como limitaciones: la distancia, el tiempo y la información. La distancia debido a que la empresa se encuentra en Trujillo, La Libertad, por lo que se recurrió a videoconferencias con los colaboradores de la empresa. El tiempo porque se trató de una Tesis que tiene como límite un año, por lo que fue indispensable planificar bien el tiempo para la realización del proyecto. Y, por último, la información porque el rubro en el que se desempeña la empresa es muy joven por lo que no existen estudios de este sector. Esta limitación fue muy importante y se cubrió con entrevistas, tanto miembros de la empresa como a especialistas en el sector y clientes.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

A continuación, se detallan las justificaciones que sustentaron la presente tesis:

##### **Justificación Técnica**

La presenta Tesis se justificó técnicamente ya que existen distintas herramientas de Lean Manufacturing que permiten su aplicación y además es factible el acceso a información técnica de la empresa en cuestión. Así también, se revisaron tesis que aplicaron herramientas similares, las cuales fueron tomadas como guía para el presente desarrollo.

##### **Justificación Económica**

Dentro del mercado de productos de control biológicos naturales, dado que es un mercado joven, se da preferencia a los competidores que tengan los costos fijos más bajos. El uso de herramientas de Lean Manufacturing fue viable para el presente estudio, ya que su filosofía ayuda a disminuir los costos de producción (Rajadell & Sánchez, 2010). En SOLAGRO se vende una bolsa de maíz con hongos a 9,5 soles y el costo de producción unitario es de 6,5, por lo que, si se llegara a disminuir los costos de producción, los márgenes de utilidad serían mayores. Además, en un estudio similar aplicado a una empresa del sector textil en Colombia aplicando las herramientas Lean, se llegó a la conclusión que la mejora generaría ingresos de \$ 15 446 600 mensuales a la empresa (Infante & Erazo, 2013). Por lo que se justificó que, aplicando estas herramientas, se pueden incrementar los ingresos de la empresa en estudio.

Por otro lado, el acceso a la planta para recolectar data necesaria para la Tesis es viable ya que la empresa está ubicada en una zona de fácil acceso en la ciudad de Trujillo.

##### **Justificación Social y Ambiental**

La mejora aplicada ayudará a generar mayores ganancias en la empresa, incrementando los bonos que reciban los empleados de tal forma que adquieran mayor poder adquisitivo. También beneficiará a los proveedores y al creciente sector agrícola, los cuales son los principales clientes de la empresa Solagro SAC. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2016), el sector agrícola aporta el 14% del PBI de la región La Libertad, lugar donde se encuentra la mayor parte de clientes de la empresa, ofreciendo oportunidades de desarrollo. Esto también se vio reflejado en los indicadores de Pobreza Extrema ya que presentan un 6,6% por debajo del promedio

nacional. Cabe resaltar otro indicador muy importante sobre el trabajo agrícola, ya que este es altamente inclusivo, no discrimina a las personas por género, grado de instrucción u origen, dando como resultado que para la cosecha de arándano el 70% de la fuerza laboral es representada por mujeres, mientras que, en cultivos como palta y espárragos, esta es representada por un 50%. (Mariátegui, 2018)

### **Justificación de Innovación**

La aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa SOLAGRO fue muy novedosa ya que son muy pocas empresas las que aplican esta metodología y esto nos resta competitividad como país en los mercados regionales y globales. (Alvarado, 2014). Además, esta metodología elimina los desperdicios de los procesos y añade valor al producto. (Rajadell & Sánchez, 2010).

### **1.5. Hipótesis de la investigación**

La mejora aplicada en la empresa SOLAGRO SAC mediante el uso de herramientas de Lean Manufacturing se determinó factible ya que es viable técnica, económica, financiera, social y ambientalmente.

### **1.6. Marco referencial**

En la presente Tesis se analizaron las siguientes fuentes de información con el objetivo de encontrar diferencias y similitudes con la idea original del proyecto:

Meléndez, D. (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijas en la empresa QROMA S.A.*

Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad de Lima. La principal diferencia encontrada en la tesis mencionada es que, en las distintas plantas de QROMA S.A., ya se fueron implementando procesos de adaptación y lineamientos a los fundamentos y herramientas de Lean manufacturing, mientras que en la presente tesis estas mejoras aún no se han implementado, por lo que se planteó proponerlas mediante herramientas de Lean manufacturing. Dentro de las semejanzas, se pudo observar similitud en la definición y aplicación de las distintas herramientas en estudio y similar metodología de análisis utilizada, al desarrollarse dentro de la misma casa de estudio, Universidad de Lima.

Cabarcas et al. (2011). *Análisis y Mejoramiento de la Cadena de Valor de la línea de producción de láminas de una empresa en el sector metalmecánico mediante la aplicación de herramientas de manufactura Lean.*

Artículo de investigación enfocado en la aplicación de las herramientas Lean en el sector metalmecánico. El estudio identificó los desperdicios en cada paso del proceso laminado y para priorizar los desperdicios a eliminar se hizo un análisis con los colaboradores de la empresa y se elaboró una matriz de impacto para encontrar los desperdicios con mayor reincidencia, también se pudo identificar que había desperdicios que impactaban en otros. De este estudio se tomaron como referencia las plantillas para controlar los tiempos y las temperaturas de los hornos, esto es debido a que el proceso de producción en SOLAGRO presenta autoclaves en el proceso de esterilizado que también manejan altas temperaturas.

Infante, E. y. (2013) *Propuesta de mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores en una empresa de confecciones por medio de la aplicación herramientas Lean Manufacturing.*

Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad de San Buenaventura Cali. Entre las diferencias encontradas, la tesis en mención se centró en la aplicación de las herramientas Lean en una empresa del sector textil en Colombia. Este estudio busca aumentar la capacidad productiva de la línea de camisetas interiores. Entre las semejanzas encontradas, se encuentra el uso de varias herramientas de Lean Manufacturing como el Value Stream Map (VSM), el cual también se empleó en el presente Tesis. Como resultado de la investigación, se proyectó un aumento de la productividad en 48%, por lo que será tomado como valor referencial para el presente estudio.

McElroy, D. (2017). *Get at the Core.*

Este artículo presenta un estudio realizado por el señor McElroy y sostiene que la causa raíz de error humano no es suficiente porque equivocarse es parte de la naturaleza del ser humano. Por lo tanto, si es que se aplica la técnica de los “5 por qué” para buscar las causas raíz, también se debe preguntar por qué falló la persona, es ahí que se encontrará el verdadero problema. También se debe asegurar que los sistemas sean lo suficientemente robustos como para que puedan ofrecer la misma calidad pese al error

humano. Este artículo fue indispensable para poder profundizar en el análisis de las causas raíz.

Reyes, P. (2002). *Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones.*

Este artículo presenta un breve resumen de lo que son Lean y Six Sigma, y abarca todas las herramientas de Lean. También habla de la realidad de las empresas mexicanas en esa época y su avance con las técnicas de Lean y Six Sigma, cuenta algunas implementaciones y comenta los principales errores cometidos. Este artículo es indispensable porque es importante conocer errores cometidos previamente para evitar que se cometan en la presente Tesis.

Womack, J. y Jones, D. (1996). *Lean Thinking, Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.*

En este libro se plantea una metodología de 5 pasos basándose en las prácticas de manufactura de Toyota para eliminar los desperdicios del proceso de producción de una empresa los cuales son: 1) Identificar valor en productos o servicios específicos, 2) Identificar el proceso que genera valor para la empresa, 3) Organizar cambios en la empresa girando en torno a ese proceso, 4) Crear un sistema pull que responda a los requerimientos del cliente, 5) Buscar continuamente la perfección en ese proceso. Este libro, desde su concepción, ha sido la base de múltiples proyectos de mejora a nivel mundial, por lo que se tomó como referencia para analizar la empresa del presente trabajo.

### **1.7. Marco conceptual**

En la presente Tesis se buscó implementar herramientas de la metodología Lean Manufacturing en la empresa Solagro SAC, por lo que fue de vital importancia el conocer de qué se trata dicha metodología.

#### **Lean Manufacturing**

Lean es una metodología que nació en los años 40 en la empresa Toyota como parte del Sistema de Producción Toyota o TPS por sus siglas en inglés Toyota Production System. En los años más recientes está cobrando mayor fuerza debido a “las grandes transformaciones de la economía, los clientes son cada vez más exigentes, informados y

conscientes del papel importante que juegan, porque son quienes valoran el producto". (Rajadell & Sánchez, 2010) Es por ese motivo que las empresas, si desean ser competitivas, es necesario que sean más flexibles en todos los aspectos y minimicen su uso de recursos, y es ahí donde entra la metodología Lean, la cual busca ajustarse a las necesidades del cliente y eliminar los desperdicios del proceso. (Reyes, 2002)

Esta metodología también se apoya en una serie de herramientas que ayudan a identificar y eliminar desperdicios en la cadena de valor. Estas herramientas son: Value Stream Mapping (VSM), 5S, Kanban, Poka-Yoke, SMED, entre otras. A continuación, se describirán algunas de ellas a mayor detalle:

- **DAP (Diagrama de Actividades del Proceso)**

Este diagrama se utiliza para tener una descripción detallada de los pasos del proceso. Se utiliza una simbología para determinar de qué tipo de actividad se trata y se clasifican en: transformación, transporte, almacena, control y espera. También se deben anotar detalles como el tiempo, cantidad, distancia y superficie. (Rajadell & Sánchez, 2010)

- **Value Stream Mapping (VSM)**

Es una herramienta utilizada para mapear el proceso de forma esquemática para facilitar la identificación de las actividades que aportan valor y separarlas de las que no aportan valor. El mapa consiste en dos fases importantes: el flujo de materiales y el flujo de información, ambos flujos manejan una simbología propia. Los autores Rajadell y Sánchez (2010) presentan los siguientes pasos para la elaboración del mapa: 1) flujo de materiales a partir del cliente, 2) se presentan las operaciones anotadas en el DAP, 3) se representa el flujo de información, 4) se calcula y presenta el lead time 5) se dispone del mapa completo.

- **5S**

Es una metodología de 5 pasos que implican la asignación de recursos, adaptación a la cultura de la empresa y consideración de los aspectos humanos. Se considera que debe ser implementada como la primera herramienta lean en una empresa porque fomenta el trabajo en equipo entre los miembros y el involucramiento de la dirección. Además, es la herramienta Lean más sencilla de aplicar. Sus pasos son: Eliminar (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpieza (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke).

- **Kanban**

Es un sistema de control y programación sincronizada de la producción (Rajadell & Sánchez, 2010, pág. 121). Consiste en que cada proceso retira conjuntos que necesitan de los procesos anteriores, y estos procesos comienzan a producir solamente las piezas que se han retirado, de tal forma que se sincroniza todo el flujo de materiales.

- **Heijunka**

Es una herramienta de Lean Manufacturing que se encarga de nivelar la producción. Esto se logra al adaptar la producción a la demanda fluctuante del cliente. Entre sus beneficios se encuentra la reducción de los inventarios de materia prima, en proceso y producto terminado, ya que producirá en base a la demanda requerida por los clientes, de esta manera se incrementará la flexibilidad del área de producción (Rajadell & Sánchez, 2010) .

- **Hoshin Kanri**

Es una herramienta que permite el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa, mediante la integración y participación de los colaboradores. Esto se logra a través del seguimiento, control y mejora continua (Meléndez, 2017). Su desarrollo se logra mediante la asignación de indicadores en cada nivel de la organización: gerencial, administrativo y operativo.

Como ya se mencionó previamente, estas son herramientas Lean que se consideraron en el presente estudio. Sin embargo, además de estas herramientas, también se utilizaron las siguientes técnicas:

- **5 Por qué**

Es una técnica que ayuda a identificar las causas raíz de un problema. Consiste en agrupar a personas involucradas en un tema y seguir los siguientes pasos: 1) definir el problema y asegurarse de que todo el grupo esté de acuerdo, 2) compartir la información recolectada y comenzar con el primer por qué, 3) el grupo responde y debe haber un consenso que la respuesta sea la adecuada, de ahí se prosigue al siguiente por qué, 4) cuando se encuentre la causa raíz, tomar las acciones correctivas necesarias. (Bienfang, s.f.)

- **Factorial de Klein**

Es una herramienta de diagnóstico empresarial que tiene como objetivo evaluar el desempeño de las áreas de una empresa. Para realizar la evaluación se realizan encuestas a los principales gerentes de la empresa en estudio. Para calcular la efectividad de cada área **E** se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{a + b + c}{n} \times 100\%$$

Siendo:

a = 1 punto (muy adecuado)

b = ½ punto (adecuado)

c = ¼ punto (poco adecuado)

- **Takt Time**

Es el ritmo de la demanda del cliente. Es el ritmo en el que la planta debe producir para poder satisfacer la demanda del cliente. Se obtiene dividiendo el tiempo disponible de la planta entre la demanda del cliente.

El desarrollo de la Tesis se completó de la siguiente forma:

Primero se comenzó por el análisis del macro entorno de la empresa y esto requiere del uso de un análisis llamado PESTEL el cual permitió identificar las oportunidades y amenazas de la empresa considerando los siguientes entornos: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales.

Luego se analizó el sector competitivo de la empresa y esto se realiza mediante el análisis de las Fuerzas de Porter. Esta herramienta permitió desarrollar estrategias para cubrir oportunidades de mejora halladas gracias al análisis de las 5 fuerzas planteadas por Michael Porter. (ThePowerMBA, 2019)

Después se analizó la dirección estratégica de la empresa mediante la revisión de su misión, visión y objetivos empresariales. Y, posteriormente, se realizó un análisis del modelo de negocio mediante el uso de la herramienta Canvas, que permitirá conocer la propuesta de valor de la empresa.

Para realizar el análisis del macro proceso de la empresa, se elaboró un Mapa de Procesos para la empresa de Solagro SAC, tomando en cuenta sus procesos estratégicos, procesos clave y procesos de apoyo.

Adicionalmente, se completó un análisis al organigrama existente de la empresa y se buscó alguna duplicidad de tareas entre los puestos existentes.

Posteriormente, se realizó un análisis a los indicadores generales de los procesos clave con la ayuda de la herramienta Balance Score Card, la cual dividió a los indicadores en cuatro perspectivas: Financiero, Cliente, Procesos Internos y Aprendizaje. Con la aplicación de esta herramienta, se buscó validar qué tan alineados están los indicadores actuales de la empresa y sus desempeños con respecto a las metas trazadas por la empresa.

Con la ayuda de todos los análisis realizados hasta este punto, se identificó las oportunidades de mejora para los procesos de la empresa y, con la ayuda de la herramienta Factorial de Klein descrita en el Marco Conceptual del capítulo de Introducción de la presente Tesis.

Para determinar las causas raíz se realizó un diagnóstico del proceso mediante el uso de la herramienta Value Stream Map (VSM) descrito en el Marco Conceptual del capítulo de Introducción. Con la ayuda de esta herramienta se podrá hallar el Tiempo de Valor Agregado, el Tiempo de No Valor Agregado y el Lead Time del proceso y, adicionalmente, analizar otros indicadores Lean.

Luego, se efectuó un análisis de oportunidades de mejora del proceso, este se realiza mediante el reconocimiento de los 8 desperdicios de producción (Muda en japonés) en cada actividad del proceso. Posterior a la oportunidad de mejora, se realizó un análisis Thibaut. Esta herramienta permitió analizar los resultados obtenidos en el diagnóstico del proceso y contrastarlo en base a análisis de políticas y objetivos, recursos y medios, métodos y procedimientos, y relaciones internas y externas. Luego, del análisis Thibaut, se realizó una matriz causa efecto para determinar la causa principal del problema elegido.

Para determinar la Propuesta de Solución, se plantearon alternativas de solución para corregir la causa principal del problema elegido, y se realizó un análisis cualitativo mediante el planteamiento de criterios de selección. Finalmente, se seleccionó la mejor propuesta.

Para la evaluación técnica del modelo de mejora propuesto, se diseñó el modelo de mejora. Para esta propuesta de mejora, se utilizaron las herramientas Lean descritas en el Marco conceptual y en función de la causa raíz a corregir se eligió Heijunka como herramienta de mejora.

Se validó la propuesta de mejora de dos formas: primero elaborando el VSM de la propuesta de mejora para realizar el cálculo de los nuevos tiempos de valor agregado, tiempo de no valor agregado y lead time; comparando el resultado con los mismos indicadores del escenario actual para estimar la mejora.

La segunda validación se realizó mediante el modelamiento de ambos escenarios del proceso de producción utilizando el software de simulación Arena, software que permite simular los procesos mediante un modelo lógico-matemático y reproducir sus condiciones, así como su comportamiento operacional y dinámico. Es importante señalar, que el objetivo de la simulación fue evaluar el sistema para poder orientar la propuesta hacia la mejor solución posible. (Torres Vega, 2013) Con los resultados obtenidos de Arena, se compararon los indicadores de tiempo de valor agregado, tiempo de no valor agregado, “trabajo en proceso” WIP<sup>1</sup>, tiempo total del sistema (Lead Time) y utilización de recursos de ambos escenarios para conocer el rendimiento de la mejora.

Para la Evaluación económica del modelo de mejora propuesto, primero se definieron los objetivos y metas para la propuesta de mejora. Luego, se elaboró un cronograma con las fechas tentativas de la implementación de cada etapa y se propuso herramientas para controlar el desempeño de la mejora, de tal forma que, de ocurrir algún problema durante el proceso, se podrá atender el problema a la brevedad posible.

Se preparó el presupuesto de la propuesta de mejora, estableciendo los costos requeridos para la implementación y los costos necesarios para el aseguramiento y control de la propuesta. Con toda esta información, se determinó el cálculo del Beneficio-Costo de la propuesta.

Mediante la determinación del valor actual neto (VAN), cuyo valor debe ser positivo, y la comparación del TIR con el COK, se evaluó la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora.

Luego se analizó el impacto social de la propuesta de mejora, determinando una serie de indicadores que evidenciaron los beneficios de la propuesta, entre ellos están la

---

<sup>1</sup> WIP, siglas para work in process, es decir es la cantidad de trabajo **que** se está procesando en un momento determinado.

Intensidad de Capital, la cual ayudó a conocer los ahorros que generó la propuesta y Valor Bruto de la Producción.

Finalmente, se utilizó el software @ Risk para identificar los riesgos asociados a la propuesta de mejora.

## **CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PROCESO A SER MEJORADO**

### **2.1. Análisis del Macro Entorno**

Para analizar el marco global de la empresa, se aplicó el análisis PESTEL. El cuál se divide en fuerzas Políticas, Económicas, Socioculturales, Tecnológicas, Ecológicas y Legales.

#### **Fuerzas Políticas**

El año 2019 fue un año inestable a nivel político. Primeramente, ese año comenzó con el inicio del periodo 2019-2022 de los gobiernos regionales. El 1 de enero de ese año, Manuel Llempén Coronel asumió sus funciones como gobernador regional de La Libertad. Gobernador Llempén: La Libertad será en 2020 líder en inversión con desarrollo social. (1 de enero de 2020). Mientras que Daniel Marcelo juramentó como alcalde de la ciudad de Trujillo. El 23 de abril, este último fue condenado a 4 años de prisión por haber liderado una licitación valorizada en 92 820 soles. 4 años de carcel para Daniel Marcelo por direccionar compra de bloqueadores. (23 de abril de 2019). Dicha condena fue ratificada por la Sala de Apelaciones Transitoria Especializada en Extinción de Dominio del Poder Judicial de La Libertad el 28 de noviembre. Trujillo: ratifican condena de cuatro años de prisión suspendida contra alcalde Daniel Marcelo. (28 de noviembre de 2019).

A nivel de país, el 30 de setiembre el presidente Martín Vizcarra decretó la disolución del congreso y llamó a elecciones para elegir un nuevo parlamento para el 20 de enero de 2020. (British Broadcasting Corporation World [BBC News Mundo], 2019)

#### **Fuerzas Económicas**

Según el balance del año 2018 elaborado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI, 2018), el sector agropecuario presentó un crecimiento de 7,5% a comparación del año anterior. Entre los cultivos que presentaron mayor incremento productivo son el arroz cáscara con un crecimiento de 15,8%, favorecido buenas condiciones climáticas; el arándano con un crecimiento de 78,2%, favorecido por

mayores áreas instaladas para exportación en La Libertad y Lambayeque; aceituna con un crecimiento de 136%, favorecido, al igual que el arroz cáscara, por buenas condiciones climáticas. Otros cultivos que presentaron mejoras productivas son la papa y el café pergamino. (MINAGRI, 2019)

En la región de La Libertad, el sector agropecuario se recupera de la caída de 0,1% que presentó debido al impacto del Fenómeno del Niño Costero que ocurrió en el año 2017. Se presentó un crecimiento de 20,1% con respecto al año anterior, esto gracias al avance de la producción agrícola orientada al mercado interno, principalmente en la producción de arroz cáscara.

A nivel de exportaciones, la región de La Libertad ha presentado un crecimiento de 3,5% a comparación del año anterior, pasando de USD \$510 millones a USD \$527 millones, correspondientes a exportaciones de palta, espárragos, preparaciones utilizadas para la alimentación de animales y arándanos. Mientras disminuyeron las exportaciones de productos como la palta o el arándano en 23,0% y 0,2% respectivamente.

Por otro lado, hay dos proyectos nacionales que afectan al sector agrícola en la región La Libertad (donde la empresa en estudio se encuentra ubicada). Uno de ellos es el Proyecto Especial Olmos-Tinajones, un proyecto de financiamiento privado que tiene una inversión de 258 millones de dólares. Este proyecto busca construir una infraestructura hidráulica destinada al suministro de riego de 43 500 hectáreas de tierra. El otro es el proyecto Chavimochic, el cual se encuentra en su tercera etapa. Es un proyecto de financiamiento público-privado que tiene una inversión de 606,3 millones de dólares. Busca incorporar al riego alrededor de 63 000 hectáreas de tierras nuevas, así como mejorar el riego de 48 000 hectáreas (León, 2019). Ambos proyectos se encuentran paralizados por la situación actual de la empresa Odebrecht, la cual los financió. Esta situación pone en peligro el aumento de hectáreas de cultivo en la región.

### **Fuerza Socio-Cultural**

Las empresas del sector de controladores biológicos se ven favorecidas por la tendencia actual de consumir alimentos saludables. La población se encuentra más informada sobre los alimentos que consumo y su procedencia. Según The Nielsen Company, el 75% de peruanos se siente más cómodo con compañías que son transparentes acerca de la producción y fabricación de cada producto. Esto incluye a la

materia prima utilizada. Lima Orgánica: "el mercado de comida saludable ha evolucionado favorablemente por la demanda del público". (4 de abril de 2017).

Por otro lado, diversas universidades a nivel nacional incluyen el manejo integrado de cultivos mediante controladores biológicos como parte de sus currículos académicos. La Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), ubicada en la ciudad de Trujillo, dicta una maestría de Protección de Cultivos y dentro de su sílabo cuenta con diversos cursos dedicados al control biológico. La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) cuenta con una maestría en Manejo Integrado de Plagas y busca brindar herramientas orientadas a reducir los impactos perjudiciales de los pesticidas. Gracias a que las universidades dan este tipo de capacitaciones es que mayor cantidad de personas ven atractivo el sector de controles biológicos naturales. (Mariátegui, 2018)

### **Fuerzas Tecnológicas**

Para poder ofrecer el producto, las empresas del rubro de controladores biológicos eligen entre la presentación formulada y la que contiene el hongo vivo, la cuál es la que ofrece SOLAGRO. Lamentablemente, los controladores biológicos con el hongo vivo, como es el caso de SOLAGRO, tienen una menor vida útil siendo esta igual a un periodo de 7 días, mientras que el producto formulado dura 1 año. Sin embargo, la eficacia en eliminar las plagas es mayor con el hongo vivo. Por otro lado, esto nos pone en desventaja con los productos sustitutos, pesticidas químicos, puesto a que estos duran entre 2 y 3 años. No hay tecnología especializada disponible en el país para el proceso de producción, a menos que se manden a fabricar a pedido, a cambio de una alta inversión.

### **Fuerzas Ecológicas**

La empresa SOLAGRO es consciente de la importancia de emplear tecnologías limpias en su actuar, primeramente, porque los controladores biológicos que produce son naturales y no contaminan los cultivos, a diferencia de los pesticidas químicos. Se recicla el agua de las autoclaves, condensando el vapor generado en el proceso de esterilización. Los desechos generados en los procesos envían a una empresa recicladora, mientras que las botellas y vidrios en general se pulverizan y se envían a la empresa Owen Illinois para su reciclaje. También, las bolsas pasan por un proceso de lavado y se reciclan. Finalmente, el agua que se utiliza para limpiar la planta se recibe en una poza y, posteriormente, se utiliza para regar.

Adicionalmente, SOLAGRO, al ser una empresa cuyos principales clientes son agricultores, es susceptible a sufrir una disminución en ventas si los cultivos de los clientes son destruidos a consecuencia de un Fenómeno del Niño fuerte. El último Fenómeno del Niño fuerte que vivió el país fue en el año 2017 y, según cifras oficiales del MINAGRI, alrededor de 6000 a 7000 agricultores fueron afectados por ese fenómeno. Minagri: El Niño costero deja entre 6000 y 7000 agricultores afectados. (29 de Marzo de 2017).

### **Fuerzas Legales**

SOLAGRO se desarrolla en un sector que debe observar políticas de estado que se orientan a proteger los espacios destinados a la agricultura y es en el marco de la Ley N° 26744 que el estado promueve el manejo Integrado para el control de plagas en la agricultura a nivel nacional y fomenta una agricultura sostenible empleando métodos menos riesgosos para la salud y el ambiente. Así también, SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú) siendo la máxima autoridad sanitaria en el Perú, promueve el uso de controladores biológicos, organismos vivos capaces de contrarrestar plagas y malezas; logrando de esta manera que no se generen impactos negativos en la producción agrícola y seguridad alimentaria para los consumidores. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA], 2017). Adicionalmente, en la “Política Nacional Agraria” (instrumento que orienta los objetivos, políticas y estrategias del estado en materia agraria) se hace referencia en su eje número 11 a la Sanidad Agraria e Inocuidad Agroalimentaria, de esta manera podemos corroborar que el uso de controladores biológicos está alineado con las estrategias del estado.

En cuanto a las normas internacionales se encuentran las que son requeridas por el mercado europeo para la exportación de productos agrícolas. Entre ellas están la EUREPGAP (Euro Retailer Producer Group Good Agricultural Practice), la cual fue elaborada por un grupo de 24 grandes cadenas de supermercados ubicados por toda Europa Occidental. Esta norma enfatiza en la inocuidad del alimento y el rastro del producto hasta su origen, exigiendo también información del uso específico que se le dio a la tierra y los tratamientos con plaguicidas. (Andersen, 2003) También se encuentra la GlobalGAP, la cual es un conjunto de buenas prácticas agrícolas y ganaderas que es utilizada por los agricultores a nivel mundial para brindar confianza de sus productos.

(GlobalGAP, s.f) Puede ser aplicada para empresas de cualquier tamaño y ubicación geográfica. (Lloyd's Register, s.f.) Otra norma importante es la HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) la cual permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Esta norma puede ser aplicada a toda la cadena de producción de un producto, incluyendo la materia prima. (SENASA, s.f.)

Estas tres normas internacionales afectan al sector industrial de SOLAGRO porque los clientes, los cuales son los medianos y grandes agricultores, deben cumplir con los requisitos de estas normas para poder colocar sus productos en el extranjero. Es por ese motivo que necesitan el uso de control biológico sostenible para disminuir lo más posible el uso de pesticidas. (MINAGRI, 2016) (Mostajo, 2018)

En conclusión, al analizar el marco global de la empresa se pudo apreciar que existe un marco prometedor para el futuro competitivo de la misma, ya que se presentan muchas leyes tanto nacionales como internacionales que promueven el uso y desarrollo de este tipo de controladores naturales, además de tendencias en consumo saludable y libre de productos químicos fertilizantes. Todo esto sumado al creciente número de cultivos en la región, presentaron un panorama positivo a cerca del desarrollo de la presente tesis con motivo de brindar las herramientas teóricas y prácticas que permitan mejorar la eficiencia de SOLAGRO.

## **2.2. Análisis del Sector Competitivo**

Se llevó a cabo el análisis del sector competitivo empleando el modelo de análisis del sector de M. Porter.

### **Poder de negociación de los clientes**

Amenaza alta. Existen pocos compradores y una regular cantidad de proveedores. El costo de cambiar de un proveedor a otro es bajo. El precio de compra del producto es un factor crítico en este sector, es más que seguro que el cliente compre al proveedor que le ofrezca el precio más bajo. Además, el cliente compra gran volumen de productos no diferenciados. Algunas empresas agrícolas grandes, como Camposol, tienen la capacidad de fabricar productos de control biológico natural por su propia cuenta.

### **Poder de negociación de los proveedores**

Amenaza alta. Ya que, si bien es cierto, el producto tiene insumos que son conseguidos con facilidad como bolsas de polietileno, botellas, antibióticos o almidón de papa, uno de los insumos principales: el medio de cultivo requiere proveedores muy especializados como 3M Perú o Merck.

### **Amenaza de productos sustitutos**

Amenaza alta. Los plaguicidas o pesticidas químicos serían los principales sustitutos al producto dado que están consolidados en el mercado y tienen eficiencia comprobada, además de que se pueden conseguir en diversos lugares y el costo es competitivo. Los controladores biológicos sostenibles son una alternativa amigable con el medio ambiente y su crecimiento aún se encuentra en una fase inicial de desarrollo.

### **Amenaza de nuevos competidores**

Amenaza baja. Cualquier nueva empresa que desee colocar sus productos deberá tener la capacidad de competir con precios bajos y una calidad esperada. Esto se debe a que, en la actualidad, muy pocas empresas locales se han incursionado en este sector, habiéndose aprovechado de las economías a escala. También la empresa ingresante debe tener la capacidad de abastecimiento porque existe una gran variabilidad en el efectuar los pedidos por parte de los clientes.

Se necesitan tener los permisos de la entidad reguladora, la cual es SENASA, para tener obtener un respaldo oficial que confirme que se está vendiendo un buen producto. Se requiere de una inversión alta para poder competir de manera rentable, ya que se deben mantener precios bajos y una calidad aceptable. Sin embargo, algunas empresas grandes, como Camposol, tienen la capacidad para fabricar su propio controlador biológico.

### **Rivalidad actual en el sector**

Amenaza media. Dentro del sector se ofrecen productos poco diferenciados entre sí. Así mismo, los costos variables influencian en el precio final del producto, dado que una de las principales maneras de competir en el mercado son los precios. Además, uno de los factores más importantes para asegurar la venta del producto es la identidad de la marca dado que el mercado aún está en desarrollo y la percepción de calidad del producto está ligada directamente a que tan conocida sea la marca dentro del mercado.

Como conclusión del análisis de las 5 fuerzas de Porter, el sector de controladores biológicos es medianamente atractivo. Tiene un potencial de crecimiento debido al incremento de la producción agrícola en los últimos años y que cada vez más agroexportadores buscan colocar sus productos en los mercados extranjeros. Sin embargo, requiere de una alta inversión inicial y tener la capacidad de producción para atender los pedidos de los clientes.

### **2.3. Análisis de la Dirección Estratégica**

La información presentada líneas abajo representa la actual misión, visión y objetivos organizacionales con los que cuenta la empresa, estos fueron definidos en el 2006 y permanecen vigentes hasta el momento. Para hacer el análisis respectivo se utilizaron los conocimientos adquiridos en el curso de Diagnóstico y Mejora Empresarial.

#### **Misión**

La misión vigente de la empresa es: “Somos una empresa dedicada al aislamiento, producción y comercialización de microorganismos benéficos para solucionar problemas medioambientales ayudando en los procesos productivos de cada empresa, cumpliendo con los más altos estándares de calidad buscando la mejora continua y el cuidado del medio ambiente” (SOLAGRO)

Se pudo observar que la actual misión contiene los principales elementos estructurales que conforman una misión, como son: identidad de la empresa, propósito, producto y cómo satisface las necesidades del cliente, pero no se hace mención de a quién va a satisfacer. Líneas abajo se detalla cada uno los elementos:

- Identidad de la empresa: Somos una empresa dedicada al aislamiento, producción y comercialización de microorganismos benéficos.
- Propósito: Solucionar problemas medioambientales ayudando en los procesos productivos de cada empresa.
- Cómo satisface las necesidades del cliente: cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

## Visión

La visión vigente de la empresa es la de “ser la empresa líder en el mercado nacional en la generación de soluciones sostenibles para la agricultura y medio ambiente haciendo uso del talento de su equipo para un manejo integrado”.

Estructuralmente la actual visión contiene los principales elementos: el objetivo fundamental, el marco competitivo y las ventajas competitivas, como se detalla a continuación:

- Objetivo fundamental: Ser la empresa líder en el mercado nacional
- Marco competitivo: En la generación de soluciones sostenibles para la agricultura y medio ambiente
- Ventajas competitivas: hacer uso del talento de equipo para un manejo integrado

Como resumen del análisis, si bien se puede apreciar que tanto la visión como la misión contienen a los principales elementos en su desarrollo y resumen con claridad el horizonte de su operación, estas pueden ser mejoradas en algunos aspectos como detallar para el caso de la Visión el sujeto al cual satisfacen los productos y en el caso de la Misión se debería mejorar el propósito, ya que la empresa no soluciona problemas medioambientales, simplemente los mitiga con el uso de controladores biológicos.

## Objetivos empresariales

La empresa SOLAGRO tiene 4 objetivos estratégicos, los cuáles serán presentados a continuación en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1**

*Objetivos Empresariales y Específicos de la empresa Solagro SAC*

Objetivo Empresarial	Objetivos Específicos asociados
Impulsar el crecimiento de la empresa	Aumentar la rentabilidad Incrementar ventas
Impulsar la creación de valor	Aumentar cobertura de clientes
Impulsar eficiencia a través de la mejora continua	Optimización de procesos Disminución de reprocesos Aumento de productividad
Fortalecer el talento humano de la empresa	Mejora de clima laboral Mejora de competencias

Los objetivos de una empresa se deben evaluar en base a la metodología SMART, es decir esto deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y temporizados. Bajo este enfoque, ni los objetivos empresariales, ni sus objetivos específicos asociados son adecuados, ya que brindan poca información sobre cómo se van a cumplir, cómo se van a medir y la frecuencia de su medición. Durante la presente Tesis, se debió recurrir a un levantamiento de información para conocer los valores meta establecidos para los indicadores de los objetivos específicos, los cuales se muestran en la tabla 2.3.

#### **2.4. Análisis del Modelo de Negocio**

Para realizar el análisis del modelo de negocio de la empresa Solagro se utilizó la herramienta Canvas, la cual es un análisis de 9 fases que ayuda a entender la propuesta de valor del negocio, la segmentación de los clientes a los cuales se dirige, los canales “Go to Market” (canales de distribución), las relaciones con los clientes, los actores, actividades y recursos clave, los cuales son lo necesario para que el negocio funcione. Por último y no menos importante, la estructura de costos de sus productos y las fuentes de ingreso, cómo el negocio obtiene sus ganancias. Ver la Figura 2.1.

**Figura 2.1**

*Análisis del Modelo de Negocios de la empresa Solagro*

Actores / “socios” claves	Actividades Claves	Propuesta de Valor	Relaciones con clientes	Segmento de Clientes
Municipalidad de la ciudad donde opera la empresa Proveedores logísticos Proveedor de agua Proveedores de insumos Proveedores de productos Proveedor de electricidad Socios capitalistas	Producción de controladores biológicos en presentaciones de bolsa y formulado (Nemakontrol). Ventas técnicas a fundos agrícolas. Visitas post venta a los clientes. Investigación y desarrollo de productos.	Producción y venta de controladores biológicos que brindan resultados de calidad garantizada promoviendo la producción de alimentos libres de insumos químicos. Asesoramiento especializado pre y post venta que permiten a los clientes potenciar el uso de controladores en sus distintas presentaciones.	La empresa busca tener una relación de confianza con los clientes. Esto incluye: Visitas post-venta a los fundos del cliente para saber cómo están creciendo sus cultivos Ayuda de análisis microbiológico sin costo de los suelos de los fundos de los clientes.	Dirigido a medianos y grandes agricultores nacionales que buscan colocar sus productos en el mercado exterior.
<b>Recursos Claves</b>				<b>Canales, “GO TO MARKET”</b>
Personal calificado Cámaras frías para almacenamiento de productos Ambiente controlado para el crecimiento óptimo de los hongos Electricidad Agua Procesos de negocio Personal administrativo Conocimiento especializado de controladores biológicos				Ventas directas B2C a los clientes Redes sociales como Facebook, website de Solagro Recomendación verbal de clientes actuales a potenciales clientes
<b>Estructura de Costos</b>				<b>Fuentes de Ingreso</b>
Producción (47,88%) Beneficio Social (4,35%) Remuneraciones (19,71%) Cargas del personal (6,24%) I+D (0,24%) Transporte (1,46%) Gastos por Servicio (3,50%) Mantenimiento (6,43%) Alquileres (6,89%) Otros gastos (0,40%) Suministros (1,60%) Depreciación (1,29%)				Ventas directas (93,73%) Servicios de lavado del producto (0,34%) Servicios de análisis de muestras (0,27%) Servicio de línea telefónica (0,01%) Servicio de flete (1,67%) Diferencia de cambios (0,00%) Notas de crédito (0,83%) Reclamos al seguro (0,07%) Otros Ingresos (0,88%) Servicios prestados a terceros (2,19%)

## 2.5. Análisis del macroproceso

Previo al análisis del macroproceso de la empresa Solagro SAC, es pertinente que se definan los requisitos solicitados por el cliente para el producto y que son clave para que pueda tomar la decisión de elegir los productos de Solagro SAC sobre la competencia. Para ello, se realizó un levantamiento de información con el personal del área de Gestión

Comercial, quienes tienen mayor contacto con los clientes. Se identificaron los siguientes requisitos: Eficacia, Precio, Prestigio, Disponibilidad de producto, Calidad. Ver tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

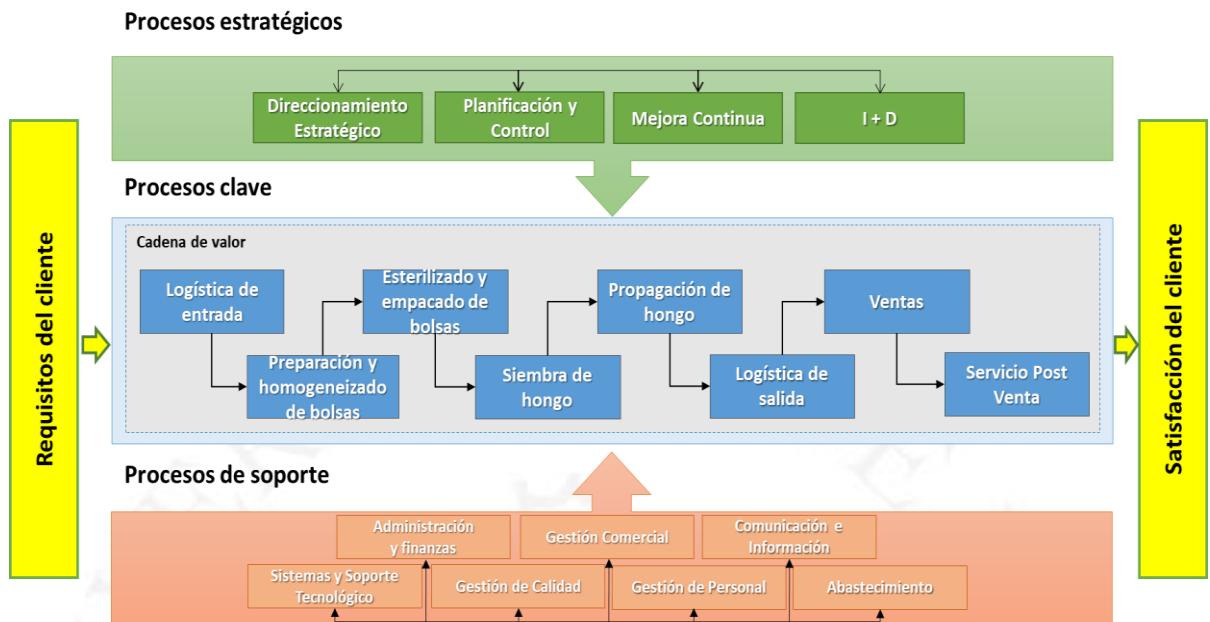
*Requisitos del cliente y cómo se satisfacen*

<b>Requisito del cliente</b>	<b>Cómo se satisfacen</b>
<b>Eficacia</b>	Se realizan monitoreos constantes a los insumos en donde habitan los hongos. El área de Investigación y Desarrollo realiza pruebas de eficacia al producto terminado. Se recurren a estudios de investigación sobre hongos para identificar oportunidades de nuevos productos, ya que estos estudios demuestran la eficacia de los hongos.
<b>Precio</b>	La empresa busca, mediante la mejora continua, la simplificación de los procesos para disminuir los costos de producción.
<b>Prestigio</b>	La empresa certifica sus productos ante la entidad reguladora SENASA.
<b>Disponibilidad del producto</b>	La empresa busca producir la mayor cantidad de controladores biológicos posible para asegurar que siempre cuente con stock para cuando el cliente lo solicite.
<b>Calidad</b>	La empresa realiza evaluaciones de calidad para asegurar que los productos cumplan con lo establecido en las especificaciones técnicas.

Ahora que se conocen los requisitos del cliente, es muy importante que la empresa los tenga en consideración para la definición de todos los procesos de la empresa, pero tomando especial atención a los procesos clave, los cuales son los procesos que transforman esos requisitos en el producto final. Los procesos de valor identificados fueron la logística de entrada, producción, la cual a su vez se encuentra dividida en preparación y homogeneizado de bolsas, esterilizado y empacado de bolsas, siembra de hongo y preparación de hongo, logística de salida, ventas y postventa. (Ver figura 2.2). Así mismo, según el análisis del macroproceso, se definieron procesos estratégicos y de apoyo que permitieron la correcta ejecución de estos. Todos estos procesos se describen a continuación:

**Figura 2.2**

*Macroproceso de la empresa SOLAGRO*

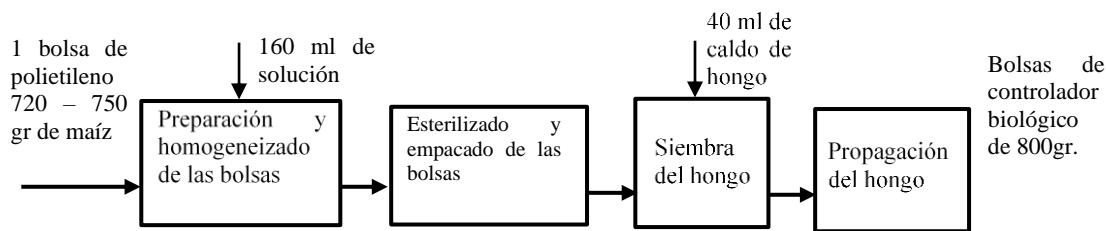


El primer proceso clave de la empresa es la logística de entrada, esta incluye a la gestión de abastecimiento y materia prima, el almacenamiento de la materia prima y la recepción de pedidos de los clientes.

Posteriormente, como se puede observar en la Figura 2.3, es el proceso de producción. Este es considerado el más importante de la empresa, ya que desde sus inicios la empresa comenzó a operar como un pequeño laboratorio. Dentro del proceso de elaboración de una bolsa de controlador biológico se han identificado 4 etapas: la preparación y el homogeneizado, el esterilizado y empacado, la siembra del hongo y su propagación.

**Figura 2.3**

*Diagrama de Bloque del Proceso de Producción*



La primera etapa del proceso se llama Preparación y homogenizado de las bolsas y tiene como objetivo contar con la presentación inicial del producto, es decir, tener las bolsas llenas selladas con maíz desinfectado. Las actividades que comprende esta etapa son: llenado de bolsas, humedecido, sellado, agitado y homogenizado.

La segunda etapa del proceso se llama Esterilizado y empacado de las bolsas y tiene como objetivo someter a las bolsas del producto a altas temperaturas para eliminar cualquier bacteria no deseada que pueda tener el maíz y de preparar las bolsas para el traslado al local de siembra. Las actividades que comprende esta etapa son las mismas mencionadas en la primera oración de este párrafo, es decir, Esterilizado y Empacado.

La tercera etapa del proceso se llama Siembra del Hongo y tiene como objetivo inyectar el hongo dentro de las bolsas del producto y enviarlas a los almacenes en donde se produce la siguiente etapa del proceso. Este proceso comprende las siguientes actividades: Oreo, Corte, Rotulado, Siembra, Engrapado y Agitación Final.

Finalmente, la última etapa del proceso se llama Propagación del Hongo y ocurre en el almacén, en donde se produce la propagación del hongo mediante reposo de la bolsa por un periodo de 10 u 11 días. Este proceso consiste en agitar cada bolsa del producto terminado, con el fin de esparcir el hongo por toda la bolsa.

El siguiente proceso clave es la logística de salida que incluye el almacenamiento del producto final, de acuerdo con los requerimientos del cliente se procederá al despacho del producto.

Posteriormente, las ventas son otra actividad clave de la empresa ya que se trata de una venta técnica. Los miembros del área de gestión comercial visitan potenciales clientes y ofrecen los productos de la empresa. Durante las visitas, se toma muestras del

suelo de los fundos de los clientes y se analizan para poder determinar cuál es el producto más adecuado para el cliente.

Como parte del servicio post venta ofrecido por la empresa, los asesores técnicos visitan fundos de clientes para verificar el adecuado crecimiento de sus cultivos y la eficacia del producto. También puede verificar si es que el cliente requiere de un producto adicional.

En conclusión, ya que la estrategia de la empresa es el liderazgo en costos, los procesos claves o primarios son vitales para SOLAGRO. Por lo tanto, fue importante tener en cuenta los procesos descritos anteriormente: logística de entrada, producción, logística de salida, ventas y servicio post-venta, para de esta manera identificar oportunidades de mejora.

## **2.6. Análisis de la estructura organizacional**

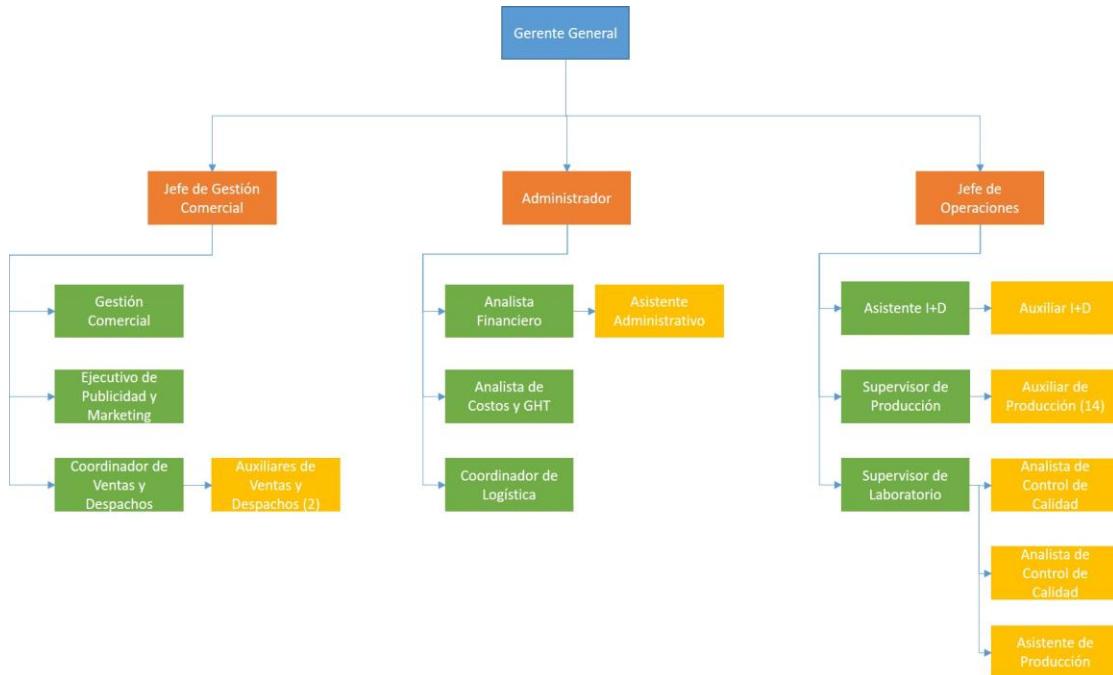
La estructura organizacional de SOLAGRO está dividida en tres grandes áreas: Administración, Operaciones y Comercial, con una pequeña área de Investigación y Desarrollo como soporte del área de Operaciones. La empresa comenzó como un pequeño laboratorio, por lo tanto, el área de operaciones es la más desarrollada. El área de Administración es un área de soporte y contiene a las sub-áreas de Recursos Humanos, Contabilidad, Finanzas y Logística. Por último, se encuentra el área Comercial, la cuál es la más nueva y pequeña. (Ver figura 2.4)

Del análisis realizado a la estructura organizacional de la empresa es importante resaltar que la empresa no cuenta con mandos en la parte medio-alta que tengan la capacidad de tomar decisiones importantes, siendo la gerente general la que toma todas las decisiones importantes y no el administrador general o la jefa de operaciones.

También existen dos puestos con tareas duplicadas, tanto la jefa de operaciones como la encargada de logística de ventas consolidan los pedidos de los clientes y gestionan los despachos. Este escenario será transitorio, ya que la encargada de logística de ventas está siendo capacitada para encargarse de estas funciones. (Moreno, 2018)

**Figura 2.4**

*Organigrama de la empresa SOLAGRO SAC, 2020*



## 2.7. Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves - línea base

Se analizaron los indicadores generales de desempeño de los procesos clave de la empresa en base a los resultados obtenidos en el año 2019. Basándose en los datos proporcionados, la empresa no ha llegado a las metas trazadas por la gerencia en varios de sus indicadores, especialmente en los indicadores de Retorno de Inversión, el cual obtuvo resultados negativos, en igual sentido Rotación de Inventarios ya que sobrepasa la meta de 30 días en 94,54 días. Por otro lado, ha tenido un cumplimiento superior a las metas establecidas en los indicadores de clima laboral y Capacitaciones realizadas. (Ver tabla 2.3)

**Tabla 2.3***Análisis Balanced ScoreCard de la empresa SOLAGRO SAC*

Perspectiva	Objetivo específico	Indicador	Forma de cálculo	Unidad	Actual	Meta	Cumpt.
<b>Financiera</b>	Aumento de Rentabilidad	Retorno de Inversión	(Ingresos - Costos /Costos) * 100	Porcentaje	60,94%	65%	No
	Incrementar ventas	Rotación de Inventarios	Ventas / Inventario promedio	Días	98,54	30	No
<b>Cliente</b>		Incremento de Ventas	(Ventas 2019 - Ventas 2018/Ventas 2018) *100	Porcentaje	13%	10%	Sí
	Aumentar cobertura	Cobertura de clientes	(Clientes 2019-Clientes 2018/Clientes 2018) *100	Porcentaje	25%	25%	Sí
<b>Proceso Interno</b>	Optimizar recursos	Eficiencia	Capacidad Real/ Capacidad Instalada * 100	Porcentaje	33,33%	66,67%	No
	Disminución de reprocesos	Reprocesos	Cantidad de bolsas reprocesadas/Cantidad de bolsas totales	Porcentaje	6,63%	5%	No
<b>Aprendizaje y crecimiento</b>	Aumento de productividad	Productividad	Producción total/ Insumos	Porcentaje	0,2878	0,25	Sí
	Mejora de clima laboral	Encuesta de clima laboral	Puntaje obtenido en la encuesta/Puntaje total de la encuesta	Porcentaje	80%	70%	Sí
	Mejora de competencias	Capacitaciones realizadas	Cantidad de capacitaciones realizadas al año	Veces	37	30	Sí

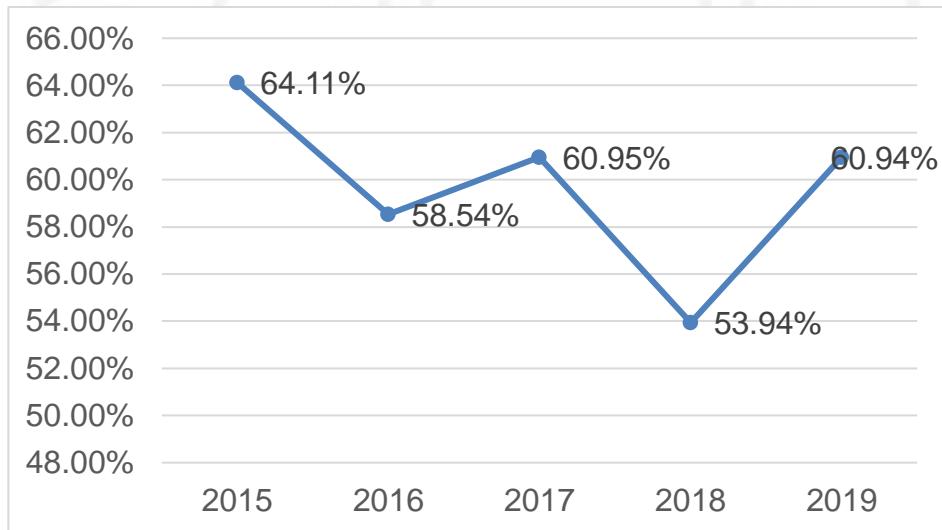
Se analizaron las tendencias de los indicadores financieros durante los años del 2015 al 2019 con el fin de identificar brechas e identificar indicadores que requieran especial atención durante la presente Tesis. Como ya se mencionó líneas arriba, se analizó sólo los indicadores financieros, ya que se cuenta con data histórica para poder calcularlos, los otros indicadores se midieron con el objetivo de conocer el estado actual de la empresa.

Para el indicador **Retorno de Inversión**, existe una tendencia decreciente durante el periodo de medición, siendo la variación un -4,94%. Pese a la tendencia negativa, existe una recuperación notable en el año 2019. Ver Figura 2.5.

Para el indicador **Rotación de Inventarios**, existe una tendencia creciente durante el periodo de medición, siendo la variación de 0,46 días. Esto significa que en estos últimos 5 años se están produciendo muchas más bolsas de controlador biológico que las que requieren los clientes. Ver Figura 2.6

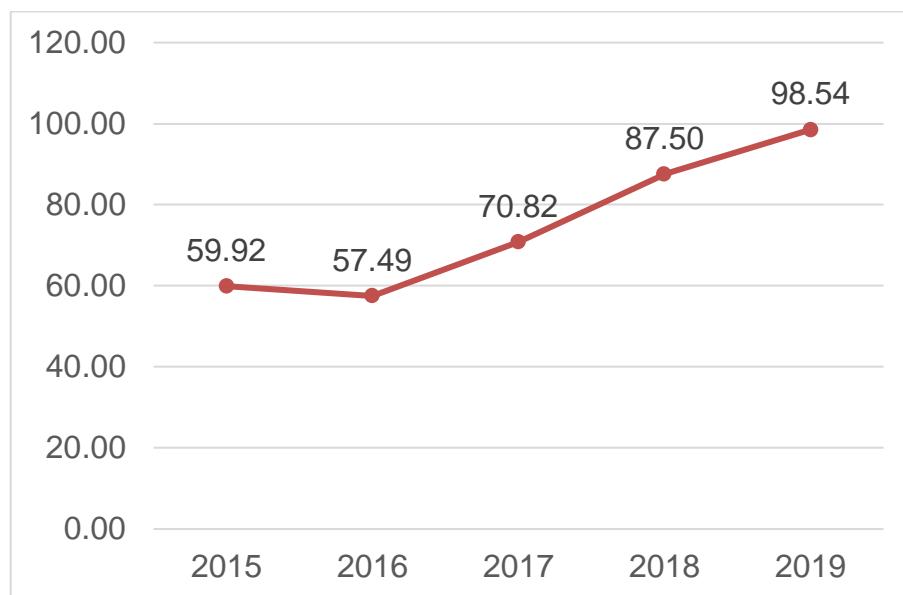
**Figura 2.5**

*Línea de tendencia del indicador Retorno de Inversión*



**Figura 2.6**

*Línea de tendencia del indicador Rotación de Inventarios*



Para el indicador **Incremento de Ventas**, existe una tendencia creciente durante el periodo de medición, siendo la variación un 411,92%. Ver Figura 2.7

**Figura 2.7**

*Línea de Tendencia del indicador Incremento de Ventas*



### 2.7.1. Determinación de oportunidades de mejora

Después del análisis realizado entorno a la cadena de valor, a los indicadores de la empresa y al proceso elegido, se determinaron los siguientes problemas que serán descritos a continuación en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4**

*Problemas hallados en la empresa Solagro*

Problemas encontrados	Posibles causas raíz	Áreas involucradas	¿Qué pasaría si el problema no se resuelve?
<b>1. Utilidad Neta:</b> 15% 2017 12% 2018 11% 2019 Objetivo: 20%	Altos costos de venta (altos costos de producción).	Operaciones Comercial Logística	Menor utilidad para los accionistas (reparto de utilidades) La empresa tendrá resultados contrarios a los planteados en su visión. La empresa se volverá menos competitiva, y afecta directamente a su objetivo de Impulsar su crecimiento
<b>2. Bajo cumplimiento de la meta de ventas</b> Durante el año 2019, no se llegó a la meta de venta en 8 de los 12 meses.	Inadecuado método para planificar la demanda.	Comercial Operaciones	No se tendrá un correcto pronóstico de producción anual. Se produce menos de lo requerido por el cliente, lo cual daña la relación entre la empresa y el cliente.
<b>3. Baja rotación de inventarios</b> Objetivo: 30 días Promedio últimos 4 años: 74,85 días Promedio de incremento de inventario mensual 2019: 21,30% Costo de almacenamiento anual: S/. 23 331 (Representa el 0,7% de las ventas anuales)	Inadecuado pronóstico de ventas y producción.	Operaciones Comercial	Incremento significativo de costos de producción (almacenamiento)
<b>4. Alta venta de emergencia, aumento de turnos para cubrir la demanda</b> 33% son ventas de emergencia	Falta de stock de seguridad. Falta de política para gestión de pedidos.	Comercial Producción	No se podrá cumplir con el pedido a tiempo. Perdida de los clientes. Incremento de error humano (reprocesos).
<b>5. Rotación de personal operativo</b> Promedio de 2019: 6,90% es mayor a la meta de 5%	Cláusulas de contrato de cada 3 meses, con 1 mes de prueba. Trabajo repetitivo, naturaleza del trabajo. Falta de manuales de procedimientos.	Administración RRHH	Mayores gastos en procesos de selección, bajo desempeño, mayor error humano y variabilidad en los métodos de trabajo.

## 2.8. Selección del Proceso a mejorar

Para seleccionar el área en dónde realizar la mejora se aplicó el método de Factorial de Klein. De manera que se aplicó una encuesta de Desempeño Funcional dirigida a las tres principales autoridades de la empresa: gerente general, jefa de operaciones y administrador general, a todos ellos se les presentó una serie de indicadores agrupados por área, de manera que contestaron acorde al desempeño del indicador, pudiendo seleccionar las opciones de Muy Adecuado, Adecuado, Poco Adecuado y no aplica. En la tabla 2.5 se puede apreciar el resumen de los resultados de las encuestas por área. Para conocer el detalle de la encuesta aplicada, así como mayor detalle de las respuestas, ver el **Anexo I**.

**Tabla 2.5**

*Resumen de las encuestas*

Factor	1	2	3	Promedio
Área de Mercadeo	75,00%	75,00%	87,50%	79,17%
Area de Admin y Finanzas	75,00%	83,33%	91,67%	83,33%
Area de Logística	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
Area de Personal	100,00%	100,00%	80,00%	93,33%
Área de producción	78,57%	78,57%	71,43%	<b>76,19%</b>

Como resultado de la encuesta aplicada, el área que las autoridades de la empresa perciben como la que tiene el desempeño más bajo es el área de producción (operaciones). Enfocándose en los puntos de nivel de despilfarro y el cumplimiento del plan de producción, que percibieron un rendimiento regular en las tres encuestas.

Adicionalmente, se utilizó el término **controlador biológico estándar** para referirse a todos los productos finales del proceso.

## CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA O PROCESO OBJETO DE ESTUDIO

### 3.1. Diagnóstico del proceso a mejorar

Antes de comenzar con el diagnóstico del proceso de producción de un controlador biológico estándar, se brinda una mayor descripción de este.

El proceso para la elaboración de una bolsa de 800 gramos del producto controlador biológico estándar comienza con los sacos de maíz en el almacén de materia prima, el cual cuenta con una capacidad de 400 sacos cada uno con 50 kilos de maíz. En el mismo almacén hay un control de calidad del maíz para verificar su estado. Estos sacos son trasladados a la mesa donde se realizará el llenado de bolsas. En total se preparan 870 kg de maíz, lo cual es aproximadamente 17,5 sacos para un lote de 1200 bolsas.

En la mesa de llenado están las bolsas, las cuales tuvieron un control de calidad previo. En esta mesa un operario llenará las bolsas plásticas, de un espesor de 10 x 15 x 2 milésimas de pulgada, con un aproximado entre 720 y 750 gramos de maíz. Una vez que llena las bolsas se trasladan a la mesa para el **humedecido** del maíz dentro de la bolsa, donde otro operario, con la ayuda de un dispensador, echará 160 ml de una solución de agua clorada con oxitetraciclina en una proporción de 1gr de oxitetraciclina por cada 20 litros de agua. Posteriormente, las bolsas serán llevadas a la mesa de **sellado**, en donde el mismo operario que realiza el humedecido sella las bolsas con la ayuda de una máquina selladora por temperatura. Ocasionalmente, dicha máquina se recalienta y es necesario sellar la bolsa nuevamente.

Después del sellado de bolsas, el mismo operario **agitá** las bolsas de dos en dos para distribuir en forma uniforme la solución junto al maíz en el interior de la bolsa. Posteriormente, las bolsas son colocadas de cinco en cinco en japas con capacidad de 20 bolsas cada una. Las japas son trasladadas a la zona de esterilizado, donde tendrán la actividad de **homogenización**, actividad que demora entre 12 y 16 horas con la finalidad de que la solución sea absorbida por los granos de maíz.

Una vez concluida la actividad de homogenización las japas con las bolsas selladas son llevadas por otro operario a la zona de **esterilizado** trasladando las bolsas a

unas canastillas metálicas de acero inoxidable con capacidad de 20 bolsas. En la zona de **esterilizado** se cuenta con cinco autoclaves para esterilizar las bolsas con el producto a una temperatura de 121°C a fin de eliminar cualquier agente contaminante. Cada autoclave se calienta previamente durante 40 minutos al inicio del turno y tienen una capacidad para tres canastillas portando un total de 60 bolsas.

Después de una hora dentro de la autoclave, las canastillas con las bolsas calientes son retiradas y se efectúa el control de calidad descartando las bolsas rotas. Luego las bolsas conformes son **empacadas** en bolsas negras con capacidad para 30 bolsas de maíz, las cuales fueron previamente desinfectadas con alcohol. Posteriormente, cada bolsa negra se colocada en una jaba, y permanecen en espera para completar el lote de 1 200 bolsas.

Una vez que el lote este completo, se llevarán las bolsas negras ya enfriadas a un camión que trasladará las bolsas a otro local para continuar el proceso donde se descarga el lote llevando las bolsas negras a la zona de **siembra** donde se abren descargando las bolsas de maíz. Aquí, dos operarios agitan las bolsas de maíz y las colocan en un estante para su enfriamiento hasta el siguiente turno. Si las bolsas de maíz se rompen en esta etapa se parchan con cinta adhesiva y se continúa con el proceso de agitado y su enfriado.

Al día siguiente, los operarios colocan las bolsas de maíz sobre la mesa y proceden a **cortar** cada bolsa con una tijera cerca de la llama de un mechero, este procedimiento se hace para no contaminar el contenido de la bolsa con el aire exterior. Una vez que se corta la bolsa se dobla rápidamente y se apilan hasta juntar 16 bolsas, es ahí donde ocurre la actividad de **rotulado**, que consiste en marcar las 16 bolsas con un número.

Posteriormente, se volverán a colocar las bolsas apiladas en el estante y se procederá a limpiar la mesa con alcohol mientras que se trae el caldo, el cual contiene el hongo que se inyectará en la bolsa de controlador biológico. Con el caldo en la mesa de siembra, se vuelven a traer las bolsas del estante y se procederá a la actividad de **siembra**, la cual consiste en echar una cantidad 40ml de caldo en cada bolsa. Cada botella de caldo puede infestar 16 bolsas. Posteriormente, cada bolsa será **engrapada** y luego, **agitada** para distribuir bien el hongo por todo el maíz. Luego serán llevadas a los almacenes en donde se realizará la propagación del hongo.

La etapa final del proceso es la propagación del hongo, durante esta etapa las bolsas de controlador biológico permanecen en reposo en un estante a temperatura

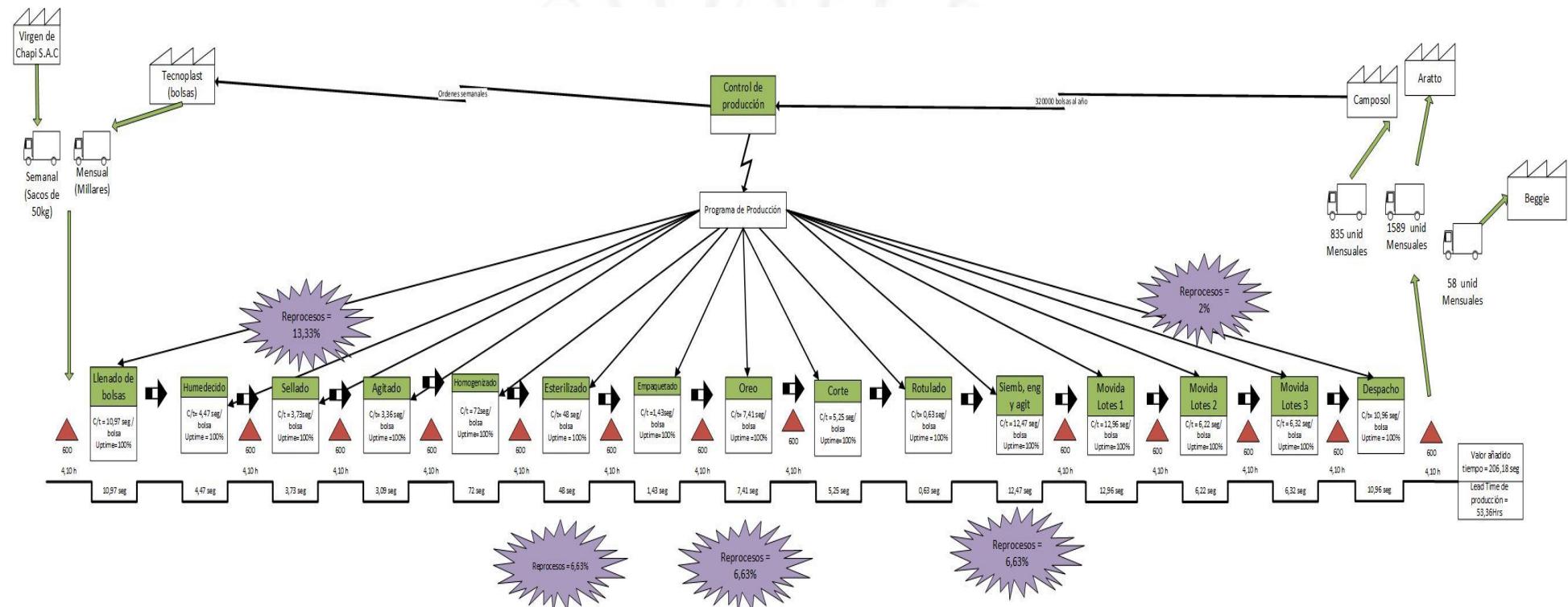
controlada de 26°C. A partir del séptimo día del reposo, se inicia con unas actividades llamadas **movida de lotes**, las cuales consisten en aplastar la bolsa suavemente para permitir que el hongo crezca de forma uniforme en los granos de maíz. Estas movidas son realizadas por un operario quien realizará esta actividad por tres veces con una frecuencia inter diaria. Y finalmente, las bolsas son colocadas en bolsas de polietileno con un grosor de 24 x 32 x 3" y son **despachadas** hacia la cámara fría mientras esperan ser llevadas al cliente final.

### 3.2. Value Stream Map (VSM) del proceso

Tomando como referencia el Marco Conceptual del capítulo I del presente Tesis, se realizó un Value Stream MAP (VSM) para determinar oportunidades de mejora en cada actividad del proceso de elaboración de un controlador biológico estándar. Para la elaboración del Value Stream Map del proceso (ver figura 3.1), se tomó un pedido anual de 320 000 bolsas. El proveedor, la empresa Molino Virgen de Chapi SAC, envía sacos de maíz una vez a la semana y la empresa Tecnoplast abastece de bolsas de plástico una vez al mes.

**Figura 3.1**

*Value Stream Map del proceso de producción de una bolsa de controlador biológico*



### 3.3. Análisis de los indicadores Lean del proceso

Para analizar los indicadores específicos del proceso, se realizó un análisis de los indicadores lean. El Takt Time de la demanda del cliente es 24,57 segundos/bolsa, tomando en cuenta un pedido de 320 000 bolsas al año y que la empresa trabaja 8 horas (1 hora de refrigerio), 6 días a la semana, 52 semanas al año. Ver tabla 3.1

**Tabla 3.1**

*Cálculo del Takt Time*

Variable	Unidad
Tiempo del turno (horas)	8
Número de turnos al día (und)	1
Jornadas por semana (días)	6
Semanas al año	52
Tiempo de refrigerio (min)	60
Minutos disponibles al año	131 040
Requerimiento del cliente en bolsas	320 000
Takt Time (minutos/bolsa)	0,4095
<b>Takt Time (segundos/bolsa)</b>	<b>24,57</b>

También se tomó en cuenta que las máquinas autoclaves tienen un periodo de precalentamiento de 40 minutos al inicio de cada jornada laboral. Así también, se realizan mantenimientos correctivos al resto de equipos, esto se hace fuera de la jornada laboral, así por ejemplo de hace mantenimiento correctivo a la máquina selladora, lo cual conlleva un tiempo de 80 minutos.

Del análisis de la cadena de valor se obtuvo que el tiempo de valor agregado del producto es 206,18 segundos/bolsa o 0,06 horas/bolsa, lo cual significa que la empresa está produciendo por debajo del ritmo dado por la demanda. (Ver tabla 3.2)

**Tabla 3.2**

Resumen de Indicadores Lean del proceso

Variable	Unidad
<b>Tiempo de Valor Agregado (horas)</b>	0,06
<b>Tiempo de No Valor Agregado (horas)</b>	53,30
<b>Lead Time de Producción (horas)</b>	53,36
<b>% de Tiempo de valor agregado</b>	0,11%
<b>Tiempo de alistamiento de equipos (seg/día)</b>	2 400
<b>Número de máquinas por operario</b>	Autoclaves: 5 Selladora: 1
<b>Porcentaje de reproceso</b>	Sellado: 13,33% Esterilizado, oreo, siembra: 6,63%
<b>Número de turnos al día</b>	1
<b>Inventario en proceso (unidades)</b>	1200
<b>Disponibilidad del proceso (seg/día)</b>	28 800
<b>Mantenimiento correctivo (seg/día)</b>	4 800

### 3.4. Análisis de oportunidades de mejora en el proceso

Del análisis del Value Stream Map VSM del proceso, se determinó que el tiempo de valor agregado del proceso es 0,06 horas y su Lead Time es 53,36 horas, esto significa que tiempo de valor agregado del proceso es de apenas 0,11% del total del Lead Time. En cuanto a los problemas detectados en la cadena de valor, estos serán comentados en mayor detalle en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3***Tabla de Identificación de Problemas*

Problemas encontrados	¿Qué pasaría si el problema no se resuelve?
<b>Demoras en Producción</b>	Aumento de costos de producción.
<b>Tiempo de ciclo &gt; Takt Time</b>	Posibilidad de atraso en los pedidos, puede conllevar a pérdida de clientes.
<b>Tiempo de ciclo de producción = 53,36 horas</b>	
<b>Takt time = 24,57 segundos</b>	
<b>El Tiempo de No Valor Agregado representa el 99,89% del Lead Time de Producción</b>	Alto tiempo del ciclo de producción. Aumento de costos de producción (despilfarro de recursos)
<b>Reprocesos en determinados puntos de producción</b> <b>Sellado = 13,33%</b> <b>Esterilizado, Oreo y Siembra = 6,63%</b>	Incremento significativo de costos de producción (almacenamiento) Incremento del tiempo de No Valor Agregado. Aumento del tiempo de ciclo de producción.
<b>Existencia de actividades que no agregan valor al proceso de producción (11,76% del total de actividades)</b>	Incremento del tiempo de No Valor Agregado. Incremento del tiempo de ciclo de producción.
<b>Sobrecarga del personal, ya que al menos dos días a la semana trabajan horas extra para completar los pedidos</b>	Incremento de reprocesos. Aumento de costos de producción.

Dentro de la tabla 3.4 se identificaron los riesgos asociados a cada actividad del proceso con su posibilidad de ocurrencia.

**Tabla 3.4***Riesgos asociados en cada actividad del proceso*

Actividad	Riesgos asociados
<b>Llenado de bolsas</b>	Existencia de variabilidad en el llenado de bolsas porque no hay una medida exacta. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez En el control de calidad previo al llenado se podrían descartar varias bolsas que no vienen bien selladas. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Humedecido</b>	Se podría malograr la bomba de agua. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez.
<b>Sellado</b>	Defectos por mal sellado. Posibilidad de ocurrencia por lote: Muy frecuente (siempre ocurre durante la producción de todos los lotes) Si durante el humedecido se moja las esquinas, ocurren errores en el llenado de bolsas. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Agitado</b>	Si se agita mal, la bolsa no se esteriliza bien. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Esterilizado</b>	Bolsas rotas debido a la mala distribución y acomodado de las bolsas en las canastillas. Posibilidad de ocurrencia por lote: Muy frecuente (siempre ocurre durante la producción de todos los lotes)
<b>Espera del lote</b>	Demoras en el recojo de las bolsas debido a la falta de coordinación con el personal que lleva las bolsas al otro local para que el proceso continúe a su siguiente etapa. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Empacado</b>	Las bolsas negras se podrían romper. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Oreo</b>	Mala manipulación de las bolsas por parte del operario y gracias a ello hay bolsas rotas. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Siembra</b>	Exposición a agentes de contaminación (operarios, aire, etc). Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez Los caldos pueden venir contaminados. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Agitado</b>	Antes de iniciar la siembra, los operarios a veces se olvidan de sus materiales, deben salir a buscarlos y deben volver a bañarse para entrar (se pierde tiempo). Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez
<b>Movida de lotes</b>	Agitado no homogéneo. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez Defectuosos por mal manejo de las bolsas a la hora que realizan la movida de lotes. Posibilidad de ocurrencia por lote: 1 vez. Se ha calculado un reprocesso de 2% de la producción anual de controlador biológico.

### 3.5. Determinación y selección de causas raíces a mejorar

Para determinar las causas raíz de los problemas del proceso de producción de una bolsa de controlador biológico, se realizó un análisis funcional de los problemas encontrados en la tabla 3.3 de identificación de problemas, siendo el principal de ellos, las demoras en producción.

Como parte del análisis de los resultados de los problemas, se detectó que el Tiempo de Ciclo del proceso de producción (el cual también recibe el nombre de Lead Time del producto) tiene un valor de 53,36 horas que es muy superior al Takt Time actual del proceso, el cual tiene un valor de 24,57 segundos. Adicionalmente, también se detectó que el Tiempo de No Valor Agregado del proceso actualmente representa el 99,89% del tiempo del Ciclo del proceso. Otro resultado que se tomó en consideración fue el

despilfarro presente en algunas actividades del proceso como lo son el Sellado, Esterilizado, Oreo y Siembra, siendo el más preocupante, el despilfarro encontrado en la actividad de Oreo, ya que, junto con la actividad de Empacado, es una actividad que no aporta valor agregado al proceso. Adicionalmente, el personal debe trabajar tiempo extra al menos dos días a la semana para poder completar los pedidos de emergencia.

Por otro lado, se ha realizado un análisis a las políticas y objetivos determinados por la gerencia para los resultados de la empresa, así como las condiciones de trabajo de los colaboradores. En primer lugar, se observó que el hecho de contar con reprocesos en algunas de las actividades del proceso implica que no se está cumpliendo con el objetivo empresarial actual de “Incrementar la eficiencia a través de la mejora continua” en su objetivo específico llamado “Disminución de reprocesos”.

Luego de haber realizado el análisis de medios y recursos, se concluyó que hay una alta rotación en los operarios, ya que hay una rotación del 80% del personal de producción durante un año. Adicionalmente, se determinó que el 90% del proceso de producción es manual y las únicas máquinas existentes son una máquina selladora y cinco máquinas autoclaves. Pero, pese a la manualidad del proceso, se cuenta con las condiciones ambientales adecuadas para la etapa más crítica, la cual es la siembra.

Adicionalmente y luego de analizar los métodos y procedimientos, se determinó que la empresa no cuenta con procedimientos establecidos para ejecutar las actividades de producción. Sólo se cuenta con una presentación introductoria al trabajo, la cual se muestra durante la inducción de los operarios. Tampoco se apreció una adecuada planificación de la producción y esto se demuestra porque los operarios deben quedarse tiempo extra para poder cumplir con los pedidos, esto significa que la planificación podría no estar acorde a la cantidad real que puede producir un operario durante su jornada laboral.

Durante el análisis realizado a las relaciones internas y externas, se determinó que, como se mencionó en el análisis de métodos y procedimientos, no hay una adecuada planificación de producción. Esto se debe a que las ventas de emergencia representan hasta el 33% de las ventas del mes porque los clientes no cumplen con los pedidos planificados.

Como conclusión del análisis funcional, se identificó como fortalezas del proceso de producción la experiencia en el proceso de elaboración del producto, la fidelidad de

los clientes. Así como, el uso de ambientes controlados para las etapas críticas del proceso. Entre sus debilidades, se encontró que el alto porcentaje del proceso es manual, por lo que se podría traducir en un alto error humano. Adicionalmente, cabe la pena recalcar la falta de procedimientos y puntos de control durante el proceso y la inadecuada planificación de la producción.

Dentro de la figura 3.2, se mostrará un resumen del análisis funcional elaborado para el proceso de producción.

**Figura 3.2**

*Análisis Funcional de los problemas hallados en el área de producción*

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS:</b> Alto tiempo de ciclo de producción a comparación del takt time (ritmo de la demanda del cliente) El tiempo de no valor agregado representa casi la totalidad del Lead Time. Presencia de despilfarro (reprocesos) en varias actividades de producción. Presencia de dos actividades que no agregan valor al proceso. Sobrecarga en el personal.	<b>KPI's</b> Tiempo de ciclo de producción (Lead Time) = 53,36 horas > 24,57 seg. Tiempo de No Valor Agregado = 99,89% del Lead Time Reprocesos en Sellado = 13,33% Reprocesos en Esterilizado, Oreo y Siembra = 6,63% Al menos una vez cada dos semanas deben trabajar horas extras para completar los pedidos de emergencia.		
<b>Ánalisis de Políticas y Objetivos</b>	<b>Ánalisis de Medios y Recursos</b>	<b>Ánalisis de Métodos y Procedimientos</b>	<b>Ánalisis de Relaciones Internas y Externas</b>
No se está cumpliendo con el objetivo empresarial actual de: "Incrementar eficiencia a través de la mejora continua". Jornada laboral: Un turno de 8 horas con una hora de refrigerio por 6 días.	Alta rotación de operarios, > 80% esta menos de 1 año. 90% proceso manual. El proceso cuenta con 16 operarios, 5 autoclaves y 1 máquina selladora El proceso de producción no se realiza en un mismo local.	No se cuenta con procedimientos para ejecutar las actividades, sólo se cuenta con una presentación digital que es mostrada en capacitaciones Falta de una adecuada planificación de la producción.	Inadecuada planificación de producción debido a Atención de ventas de emergencia (33% de las ventas) Clientes muy desordenados con las fechas de los pedidos.
<b>Fortalezas:</b> Experiencia en el proceso de elaboración, fidelidad de los clientes. Ambientes controlados para las etapas críticas del proceso.		<b>Debilidades:</b> 90% proceso manual, alto error humano. Inexistencia de procedimientos. Inadecuada planificación de producción.	

De acuerdo con el diagrama elaborado, se identificaron como problema principal las **Demoras en Producción**, las cuales producen como efectos los sobrecostos que se traducen en una baja utilidad neta.

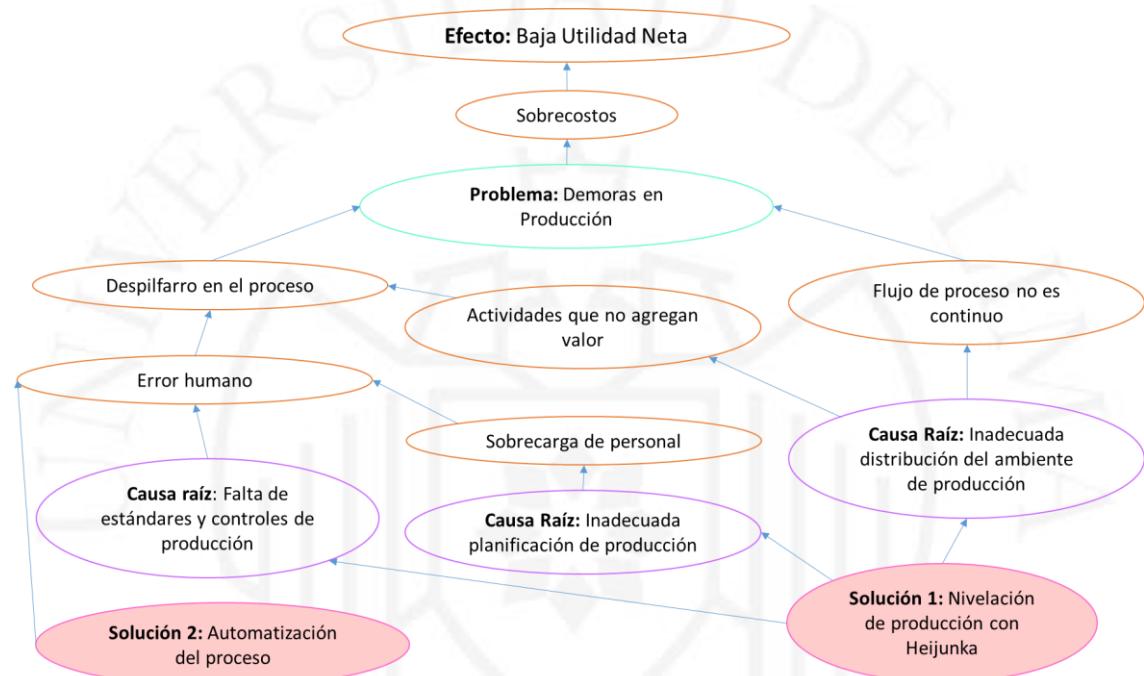
Las Demoras en Producción son causadas por el despilfarro presente en el proceso y porque el flujo del proceso no es continuo. El despilfarro en las distintas actividades del proceso ocurre porque existen actividades que no generan valor y por la presencia de errores humanos. Se identificó como causa raíz de los errores humanos, en primera instancia, a la **Falta de estándares y controles de producción**. Adicionalmente, se identificó que los errores humanos se producen también por la sobrecarga del personal, lo cual nos lleva a la causa raíz de **Inadecuada planificación de producción**.

Por otro lado, el hecho de tener actividades que no agregan valor y no contar con un flujo continuo del proceso, implica una **inadecuada distribución del ambiente de producción**.

Para solucionar las causas raíz identificadas, se propusieron las siguientes soluciones: nivelación de la producción utilizando Heijunka y Automatización del proceso. (Ver Figura 3.3)

**Figura 3.3**

*Matriz de Causa-Efecto del proceso de producción de una bolsa de controlador biológico*



# CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

## 4.1. Planteamiento de alternativas de solución

Con motivo de solucionar el problema **Demoras en producción**, se presentaron diferentes alternativas de solución, siendo estas referidas a cada causa raíz que fue determinada en la Figura 3.3 Matriz de Causa-Efecto del proceso de producción de una bolsa de controlador biológico.

### **Alternativa 1: Nivelación de producción utilizando Heijunka**

Se planteó el uso de una herramienta de Lean Manufacturing llamada Heijunka, la cual propone elaborar una nivelación de la producción. Esta técnica adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente, lográndose una mejora en la capacidad de respuesta de la producción (Rajadell & Sánchez, 2010). De esta manera, se reducirá los stocks de inventario de materia prima, en proceso y de producto terminado. También se disminuirán los tiempos de producción, al trabajar con lotes más pequeños del producto estándar. Con el concepto de Heijunka se planteó fabricar lotes pequeños de producción, logrando así mayor control y flexibilidad en el proceso. Así mismo, con su aplicación se ordenará el actual programa de producción, el cual no es lo suficientemente flexible para atender la demanda fluctuante del cliente.

De esta manera se buscaron atacar todas las causas raíz, las cuales fueron: **Falta de estándares y controles de producción, inadecuada planificación de producción e inadecuada distribución del ambiente de producción.**

### **Alternativa 2: Automatización del proceso**

Para automatizar el proceso, se planteó la instalación de una faja transportadora que cuente con un rociador, una selladora y una llenadora. Con esta instalación, se logrará evitar los contantes reprocesos originados por el error humano. Así mismo, se estandarizará y agilizará el proceso ya que se desarrollará por un solo operario que estará capacitado para operar toda la línea que anteriormente la realizaban 3 personas.

## **4.2. Determinación y ponderación de criterios de evaluación**

Para seleccionar la alternativa de solución primero se evaluaron las variables consideradas más relevantes para su implementación, las cuales serán definidas a continuación:

### **Inversión requerida para el proyecto**

Se evaluó la inversión de implementación de las alternativas de solución, esta será evaluada a corto, mediano y largo plazo.

### **Plazo para la implementación**

Se evaluó el tiempo requerido para la ejecución de las alternativas de solución.

### **Impacto esperado en los resultados de aplicación**

Se evaluó qué tanto se alinean las alternativas de solución a los objetivos estratégicos de la empresa y qué tanto podrían mejorar los indicadores. Logrando así mejorar los resultados tanto internos como externos a la empresa (satisfacción al cliente).

### **Complejidad para implementar el proyecto**

Se evaluó el esfuerzo que se requiere para implementar y desarrollar cada alternativa de solución, así como la capacitación y especialización necesaria de los colaboradores para la ejecución correcta de cada alternativa.

Para determinar la importancia relativa de cada uno de los factores mencionados, se utilizó una matriz de enfrentamiento. En esta matriz se asignó 1 punto al factor se considere más importante que otro, mientras que el otro factor recibió 0 puntos. Finalmente, se hizo una suma horizontal y se realizó un conteo final, se designó porcentajes al dividir el valor del conteo final entre la suma de cada factor.

En la tabla 4.1 se elaboró una matriz de enfrentamientos para determinar la ponderación de los factores, en este análisis se determinó que el factor Impacto sobre el resultado es el más importante debido a que ataca el problema principal, demora en la producción.

**Tabla 4.1***Matriz de enfrentamiento de factores*

Factores	Inversión requerida	Plazo para la implementación	Impacto sobre el resultado	Complejidad de implementación	Conteo	Ponderación
<b>Inversión requerida</b>	X	1	0	1	2	28,57%
<b>Plazo para la implementación</b>	1	X	0	0	1	14,29%
<b>Impacto esperado en los resultados</b>	1	1	X	1	3	42,86%
<b>Complejidad de implementación</b>	0	1	0	X	1	14,29%
<b>Total</b>					7	100,00%

#### 4.3. Selección de alternativas de solución

Para evaluar las distintas alternativas de solución a las causas raíz se realizó un ranking de factores.

Se evaluó cada alternativa dentro de un rango de 0 a 8 puntos, siendo 8 la mejor calificación, 6 significará muy buena, 4 buena, 2 regular y 0 mala. Es así que para el factor Nivel de inversión se calificó de acuerdo con el mayor costo de implementación. Para el factor Tiempo de ejecución se calificó de acuerdo con el mayor tiempo de ejecución de la alternativa. Por otro lado, con el factor Impacto sobre el resultado se evaluó en base a la cantidad de causas raíz que abarque la alternativa. Finalmente, para calificar la complejidad de implementación se consideró el uso de recursos (mano de obra, material, infraestructura).

Del análisis elaborado en la tabla 4.2 se concluyó que la alternativa Nivelación de la producción utilizando Heijunka tiene mayor puntaje que la alternativa Automatización del proceso, por lo que fue la escogida para implementar dentro de la empresa Solagro.

**Tabla 4.2***Ranking de Factores*

Factores	Ponderación	Nivelación de la producción utilizando Heijunka		Automatización del proceso	
		Punt	Calif	Punt	Calif
<b>Inversión requerida</b>	28,57%	6	1,71	4	1,14
<b>Plazo para la implementación</b>	14,29%	4	0,47	6	0,86
<b>Impacto esperado en los resultados</b>	42,86%	6	1,71	2	0,85
<b>Complejidad de implementación</b>	14,29%	6	0,85	4	0,57
<b>Total</b>	100,00%	-	<b>5,6</b>	-	<b>4,56</b>

# CAPÍTULO V: EVALUACIÓN TÉCNICA DEL MODELO DE MEJORA PROPUESTO

## 5.1. Diseño de modelo de mejora

Para el desarrollo de la propuesta de solución se desplegaron actividades y/o etapas a desarrollar según fueron requeridos por cada solución.

### Nivelación de la producción utilizando Heijunka

De acuerdo con los análisis realizados previamente en el punto 3.3 (ver tabla 3.1), se determinó que el Lead Time del proceso de producción es de 53,36 horas, de este total un 99,89% representaron al tiempo de valor no agregado que corresponden a los desperdicios hallados en las distintas etapas del proceso de producción. En este sentido, se planteó desarrollar una serie de etapas, con actividades en cada una de ellas, que permitieron nivelar la producción a través del desarrollo e implementación de la herramienta de Lean Manufacturing, Heijunka. Las etapas desarrolladas fueron las siguientes:

#### a. Establecimiento del Ritmo de Producción

Inicialmente, para poder aplicar esta herramienta fue necesario determinar los tiempos de proceso en cada etapa de la producción, para, a través de la planificación de la demanda y el balance de la producción, poder determinar un ritmo de producción idóneo, conforme a la demanda del cliente. Logrando de esta manera el objetivo principal de esta etapa: Cumplimiento del Ritmo de Producción. Para esto es necesario desarrollar las siguientes actividades y cálculos:

- Planificar la demanda del cliente (calcular el Takt Time)
- Balancear la producción (calcular el Pitch, determinar la cantidad por cada lote (bolsas/jaba))

#### b. Estructuración de flujo continuo (suavizado y en lotes pequeños)

El concepto de flujo continuo “mover un pequeño lote, producir un pequeño lote” es fundamental dentro de la filosofía lean, ya que de esta manera se asegura que una etapa u operación previa nunca hace más de lo que requerirá la etapa siguiente. Con la

aplicación de esta herramienta se logró que los procesos estén integrados y no permanezcan aislados entre sí, además de crear estaciones de trabajo que ofrezcan gran flexibilidad y eficacia. (Rajadell & Sánchez, 2010). Logrando así el objetivo principal de reducir el tiempo de producción. Para su aplicación fue necesario contemplar las siguientes actividades en tres niveles distintos de flujos:

- Flujo de información (estandarización de procesos)
- Flujo de operarios (líneas multiprocesos)
- Flujo de materiales (creación de células de trabajo)

Adicionalmente, dentro de esta etapa se realizó un replanteamiento de las etapas de producción y de las actividades que componen cada etapa para poder lograr un flujo continuo y eliminar el desperdicio de sobre-procesamiento hallado en algunas actividades del proceso.

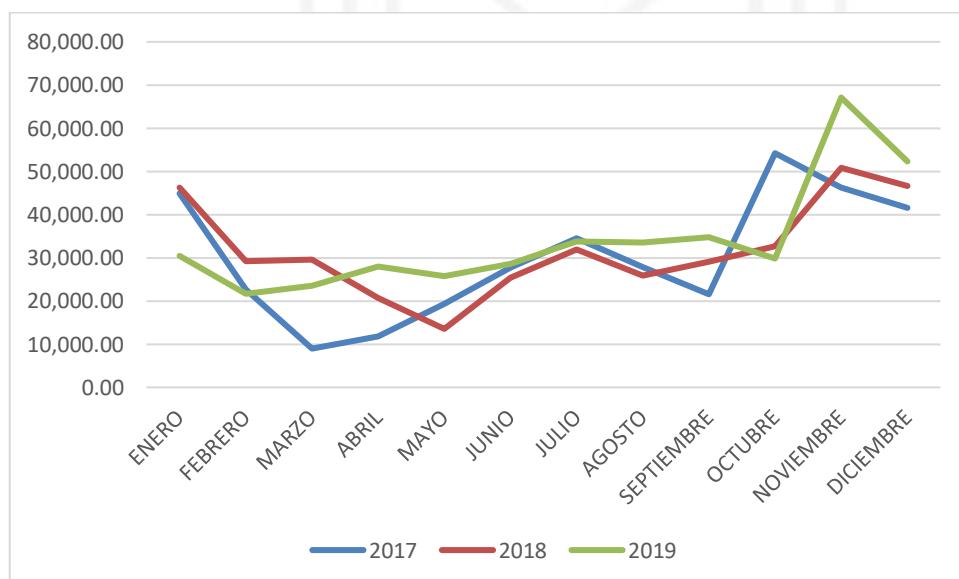
## 5.2. Establecimiento del Ritmo de Producción

### Planificar la demanda del cliente (calcular el Takt Time)

Se debe planificar la producción en base a la demanda del cliente. Para conocer mejor esta demanda, se analizó la demanda histórica de los últimos tres años, esto comprende a los años 2017, 2018 y 2019. (Ver figura 5.1)

**Figura 5.1**

*Comparativo de la demanda histórica entre los años 2017 – 2019*



De la figura 5.1, se pudo apreciar un claro comportamiento estacional con aumento de la demanda durante los últimos tres meses de cada año y continúa durante el primer mes del año siguiente. Los meses siguientes a este aumento, presentaron un decrecimiento en la demanda presente durante los meses de febrero a mayo.

Para confirmar esta tendencia estacional, se obtuvo el promedio por cada mes durante los últimos tres años y se halló la Demanda promedio mensual. Con esta información, se ha sumado todas las Demanda promedio mensual, obteniendo 384 095,75 bolsas. De este total, se dividió entre 12 para hallar la demanda anual sin estacionalidad y se obtuvo 32 007,98 bolsas.

Ahora, para obtener el Índice Estacional de la demanda, se dividió la Demanda promedio mensual entre la Demanda mensual sin estacionalidad. Ver Tabla 5.1.

**Tabla 5.1**

*Demandas mensuales e índice estacional para los años 2017 - 2019*

MES/ AÑO	2017	2018	2019	Demandas promedio mensual	Demandas mensuales sin estacionalidad	Índice estacional
<b>ENERO</b>	44 852	46 253	30 508	<b>40537,67</b>	32 007,98	1,27
<b>FEBRERO</b>	22 629	29 245	21 663	<b>24512,33</b>	32 007,98	0,77
<b>MARZO</b>	8 974	29 597	23 497	<b>20689,42</b>	32 007,98	0,65
<b>ABRIL</b>	11 765	20 650	27 992	<b>20135,67</b>	32 007,98	0,63
<b>MAYO</b>	19 339	13 539	25 728	<b>19535,33</b>	32 007,98	0,61
<b>JUNIO</b>	27 708	25 360	28 599	<b>27222,33</b>	32 007,98	0,85
<b>JULIO</b>	34 472	31 942	33 797	<b>33403,67</b>	32 007,98	1,04
<b>AGOSTO</b>	27 822	25 885	33 517	<b>29074,67</b>	32 007,98	0,91
<b>SEPTIEMBRE</b>	21 584	29 050	34 809	<b>28481</b>	32 007,98	0,89
<b>OCTUBRE</b>	54 218	32 636	29 846	<b>38900</b>	32 007,98	1,22
<b>NOVIEMBRE</b>	46 272	50 841	67 114	<b>54742,33</b>	32 007,98	1,71
<b>DICIEMBRE</b>	41 555	46 677	52 352	<b>46861,33</b>	32 007,98	1,46

Con el Índice Estacional, se pudo confirmar la tendencia estacional que se refirió párrafos arriba. Adicionalmente, con la existencia de esta estacionalidad, se decidió dividir la demanda por **Cuatrimestres** y acomodar la planta en células de manufactura de acuerdo a la demanda del cliente. Los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero conformaron el primer cuatrimestre (de ahora en adelante se conocerá como **Cuatrimestre I**), los meses de febrero, marzo, abril y mayo conformaron el segundo cuatrimestre (de ahora en adelante se conocerá como **Cuatrimestre II**) y los meses de

junio, julio, agosto y setiembre se conformarán el tercer cuatrimestre (de ahora en adelante se conocerá como **Cuatrimestre III**). La demanda asignada a cada cuatrimestre se obtuvo por promedio entre los meses que forman parte del cuatrimestre y se muestra en la Tabla 5.2.

**Tabla 5.2**

*Demandas mensuales del cliente por cuatrimestre*

Cuatrimestre	Cantidad (mes)
Primero	45260
Segundo	21219
Tercero	29546

Por lo tanto, el Cuatrimestre I tendrá una demanda mensual de 45260,33 bolsas; el Cuatrimestre II una demanda mensual de 21219 bolsas y el Cuatrimestre III una demanda mensual 29546 bolsas de controlador biológico estándar.

Con la demanda definida, se procedió a calcular el Takt Time mensual por cuatrimestre, este valor busca determinar el ritmo de la producción y se calcula dividiendo el tiempo disponible entre la demanda del cliente dentro de un mismo periodo. (Rajadell & Sánchez, 2010) Para los cálculos del tiempo disponible, se ha tomado en cuenta que la empresa trabaja 8 horas (1 hora de refrigerio), 6 días a la semana y 4 semanas al mes. Mientras que, para los cálculos de la demanda mensual por cuatrimestre, se utilizan los datos obtenidos previamente en la tabla 5.2. En la Tabla 5.3 se puede apreciar el cálculo del Takt Time mensual por cuatrimestre.

**Tabla 5.3**

*Cálculo de Takt Time mensual por cuatrimestre*

Desarrollo	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III
Número de horas por turno	8	8	8
Número de turnos al día	1	1	1
Número de días la semana	6	6	6
Número de semanas	4	4	4
Tiempo de refrigerio (minutos)	60	60	60
Minutos disponibles al mes	10080	10080	10080
Requerimiento del cliente en bolsas	45260,33	21219	29546
Takt Time (minutos/bolsa)	0,2227	0,4750	0,3412
Takt Time (segundos/bolsa)	13,36	28,50	20,47

De los cálculos obtenidos, el Cuatrimestre I tendrá un Takt Time de 13,36 segundos por bolsa; el Cuatrimestre II tendrá un Takt Time de 28,50 segundos por bolsa y el Cuatrimestre III tendrá un Takt Time de 20,47 segundos por bolsa.

### 5.3. Balancear la producción (calcular el Pitch o tiempo de paso)

Para el cálculo del Pitch se consideró el resultado hallado previamente sobre el Takt Time por cuatrimestre y se multiplicó por el número de unidades que contiene un contenedor, actualmente en SOLAGRO se trabaja con jajas de 30 bolsas cada una. De esta manera, se logró tener la frecuencia en minutos por contenedor. Ver Tabla 5.4.

Gracias a este concepto se pudo trabajar con pequeños lotes de producción, lográndose así un práctico flujo de producción de contenedor en contenedor entre cada etapa del proceso.

**Tabla 5.4**

*Cálculo del Pitch por Cuatrimestre*

Desarrollo	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III
Takt Time (minutos/ bolsa)	0,22	0,48	0,34
Número de bolsas por jaba	30	30	30
Pitch (minutos/ jaba)	6,68	14,25	10,23

Se concluyó que el pitch óptimo de producción es de 6,68 minutos por jaba para el Cuatrimestre I, 14,25 minutos por jaba para el Cuatrimestre II y 10,23 minutos por jaba para el Cuatrimestre III.

Finalmente, para calcular la producción diaria, se dividió el requerimiento mensual del cliente por cuatrimestre entre la cantidad de días que contiene un mes. Como resultado de esta división, se obtuvo que se deben producir 1886 bolsas diarias en el Cuatrimestre I, 885 bolsas diarias en el Cuatrimestre II y 1232 bolsas diarias en el Cuatrimestre III. Ver Tabla 5.5.

**Tabla 5.5***Cantidad de Producción Diaria mensual por Cuatrimestre (en bolsas)*

Desarrollo	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III
Demandas del cliente	45260,33	21219	29546
Semanas en el mes	4	4	4
Días a la semana	6	6	6
Producción Diaria	1885,85	884,13	1231,08
Producción Diaria Redondeada	1886	885	1232

#### 5.4. Estructuración de flujo continuo (suavizado y en lotes pequeños)

Para realizar la estructuración del proceso en un flujo continuo, que siga el ritmo de producción establecido por el Takt Time, se propone trabajar con células de manufactura y esto implica trabajar todas las actividades del proceso dentro del mismo local y eliminar todas las actividades que se realizan actualmente como consecuencia del traslado del producto de un local a otro, las cuales son el **Empacado** y el **Oreo**.

#### Flujo de información (estandarización de procesos)

Con un flujo de información normalizado se dispondrá de la información necesaria para tomar decisiones a la brevedad (Rajadell & Sánchez, 2010) y ejecutar los trabajos teniendo como base el uso de procedimientos. Para esto, se desarrollaron procedimientos para cada actividad del proceso de producción (Ver Tabla 5.7), logrando así la normalización y estandarización de las distintas etapas de producción, únicamente se juntaron las 3 actividades de Movida de Lotes en un solo procedimiento ya que su ejecución es muy similar entre sí.

En este sentido, se determinó elaborar un total de 13 procedimientos, ya que cada uno desarrollará una actividad del proceso, se estimó desarrollarlos en un total de 13 días efectivos (1 procedimiento diario) debido a que se considera el tiempo necesario para su desarrollo teórico según la información recopilada y validación in situ en un día normal de trabajo que permita corroborar su correcto desarrollo con los operarios.

#### Flujo de operarios (trabajo normalizado)

Los autores Rajadell y Sánchez (2010) sostienen que el cálculo de número de operarios debe ser variable conforme a la capacidad de producción requerida, es decir, debe aumentar y disminuir de acuerdo con la demanda mensual de controladores

biológicos estándar por cuatrimestre. Así también, los operarios deben estar correctamente capacitados para desarrollar actividades multifuncionales (polivalencia del personal) y desarrollar un mayor compromiso y responsabilidad, puesto a que deberán adecuarse al Takt Time.

Para calcular la cantidad de operarios requeridos, se debe considerar el Tiempo de Valor Agregado y el Takt Time por cada cuatrimestre. El Tiempo de Valor Agregado representa el tiempo de transformación del producto para adquirir valor para el cliente, a este tiempo se le descuenta el tiempo de la actividad Homogenizado porque refleja un tiempo de reposo en donde ocurre una reacción biológica en el producto. Ver Tabla 5.6

**Tabla 5.6**

*Cálculo de Número de Operarios por cuatrimestre*

Desarrollo	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III
Tiempo de Valor Agregado	125,34	125,34	125,34
Takt Time	13,36	28,50	20,47
Cantidad de operarios	10	5	6

En este sentido, se requirieron 10 operarios para el Cuatrimestre I, 5 operarios para el Cuatrimestre II y 6 operarios para el Cuatrimestre III. Cabe resaltar que en los periodos en los que se deba reducir el número de operarios según lo expuesto, dichos operarios pasarán a cubrir y desarrollar funciones en otras áreas de la empresa de acuerdo con la carga laboral de las demás áreas, de manera que no se verán afectados laboralmente. Por otro lado, se determinó que, para realizar las capacitaciones correspondientes, se considerará un periodo de 2 semanas, una semana enfocada en el desarrollo de cada tema específico, dichas capacitaciones contemplan los siguientes temas:

- Desarrollo de operarios multifuncionales, compromiso y responsabilidad.
- Importancia de la ejecución de sus actividades de acuerdo con los procedimientos establecidos.

#### **Flujo de materiales (creación de células de trabajo)**

Al reducir el transporte interno y despilfarro en cada etapa del proceso se crea un flujo continuo de materiales con el menor plazo de producción posible, esto se logra principalmente a través de la creación de células de trabajo (organización por procesos). (Rajadell & Sánchez, 2010).

Para establecer las células de trabajo, se tomó en cuenta el tiempo de cada actividad y el Takt Time hallado previamente, de tal manera que la suma de los tiempos de ciclo de cada estación no sobrepase el Takt Time. Debido a que el número de células de trabajo depende del Takt Time, hubo un número distinto de células para cada cuatrimestre. Si es que existiese alguna actividad cuyo tiempo sobrepase el Takt Time, se debe tratar esta actividad como una célula y dividir su tiempo entre el Takt Time para conocer cuántos operarios deben ser asignados a dicha célula. En la Tabla 5.7 se detalla el número de células y operarios por cuatrimestre.

**Tabla 5.7***Cálculo de Células de Trabajo por cuatrimestre*

Actividad del proceso	Tiempo	Cuarto trimestre I			Cuarto trimestre II			Cuarto trimestre III		
		Takt Time	Célula correspondiente	Operarios <sup>a</sup>	Takt Time	Célula correspondiente	Operarios	Takt Time	Célula correspondiente	Operarios
Llenado	10,97	13,36	1	1	28,50	1		20,47	1	
Humedecido	4,47	13,36	2		28,50	1		20,47	1	
Sellado	3,73	13,36	2	1	28,50	1		20,47	1	
Agitado	3,36	13,36	2		28,50	1		20,47	1	
Homogenizado*	72	13,36			28,50			20,47		
Esterilizado	48	13,36	3	3,59	28,50	2	1,68	20,47	2	2,34
Corte	5,25	13,36	4		28,50	3		20,47	3	
Rotulado	0,63	13,36	4	1	28,50	3		20,47	3	
Siembra	4,86	13,36	4		28,50	3	1	20,47	3	1
Engrapado	3,91	13,36	5	1	28,50	3		20,47	3	
Agitado	3,7	13,36	5		28,50	3		20,47	3	
Movida de lotes 1	12,96	13,36	6	1	28,50	3		20,47	4	
Movida de lotes 2	6,22	13,36	7	1	28,50	4		20,47	4	1
Movida de lotes 3	6,32	13,36	7		28,50	4	1	20,47	5	
Despacho	10,96	13,36	8	1	28,50	4		20,47	5	1

<sup>a</sup> Las celdas correspondientes a Operarios indican la cantidad de operarios que trabajan en una celda.

No se ha considerado la actividad de Homogenizado como parte de la composición de las células de trabajo porque no es una actividad realizada por un operario o por una máquina, sino que refleja un tiempo de reposo en donde ocurre una reacción biológica en el producto.

Para el Cuatrimestre I, existe un total de 8 células de trabajo. La Célula #1 contiene las actividades de Llenado y tiene un operario asignado. La Célula #2 contiene las actividades de Humedecido, Sellado y Agitado y tiene un operario asignado. La Célula #3 contiene la actividad de Esterilizado y, como tiene un tiempo que sobrepasa el Takt Time, está a cargo de tres operarios. La Célula #4 contiene las actividades de Corte, Rotulado y Siembra y tiene un operario asignado. La Célula #5 contiene las actividades de Engrapado y Agitado y tiene un operario asignado. La Célula #6 contiene la actividad de Movida de Lotes 1 y tiene un operario asignado. La Célula #7 contiene las actividades de Movida de Lotes 2 y Movida de Lotes 3 y tiene un operario asignado. Finalmente, la Célula #8 contiene la actividad de Despacho y tiene un operario asignado.

Para el Cuatrimestre II, existe un total de 4 células de trabajo. La Célula #1 contiene las actividades de Llenado, Humedecido, Sellado y Agitado. La Célula #2 contiene la actividad de Esterilizado y, como tiene un tiempo que sobrepasa el Takt Time, está a cargo de dos operarios. La Célula #3 contiene las actividades de Corte, Rotulado, Siembra, Engrapado, Agitado y Movida de lotes 1 y tiene un operario asignado. La Célula #4 contiene las actividades de Movida de lotes 2, Movida de lotes 3 y Despacho y tiene un operario asignado. Adicionalmente, como el tiempo de la Célula #3 sobrepasa ligeramente el Takt Time y el tiempo de la Célula #4 es ligeramente inferior al Takt Time, el operario asignado a la Célula #4 podrá ayudar al asignado a la Célula #3 siempre que sea necesario.

Para el Cuatrimestre III, existe un total de 5 células de trabajo. La Célula #1 contiene las actividades de Llenado, Humedecido, Sellado y Agitado. La Célula #2 contiene la actividad de Esterilizado y, como el tiempo empleado en la actividad es mayor al Takt Time, se le asignan dos operarios. La Célula #3 contiene las actividades de Corte, Rotulado, Siembra, Engrapado y Agitado y tiene un operario asignado. La Célula #4 contiene las actividades de Movida de Lotes 1 y Movida de Lotes 2 y tiene un operario asignado. La Célula #5 contiene las actividades de Movida de Lotes 3 y Despacho y tiene un operario asignado. Adicionalmente, como el tiempo de la Célula #1 sobrepasa ligeramente el Takt Time y el tiempo de las Células #4 y #5 son ligeramente inferiores al

Takt Time, los operarios asignados a estas dos Células podrán ayudar al operario de la Célula #1 siempre que sea necesario.

Para poder implementar los cambios en las células de trabajo durante cada cuatrimestre, se solicitar el apoyo de 3 de los operarios que fueron recolocados en otras áreas como parte de la optimización de recursos que conlleva esta mejora. Ellos tendrán la responsabilidad de ingresar a trabajar una hora antes del horario laboral establecido al inicio de cada cuatrimestre para adecuar los espacios para las células. Se determinó que esa cantidad de operarios y tiempo es suficiente debido a que la planta cuenta con los espacios y adecuaciones ambientales necesarios para llevar a cabo el proceso mediante células de trabajo. y los cambios únicamente consisten en mover máquinas como la selladora y el bidón que contiene la solución de la actividad de Humedecido y mesas.

## **5.5. Validación técnica del modelo de mejora propuesto**

### **Análisis VSM Futuro**

Con el fin de cartografiar la situación futura de SOLAGRO, mostrando tanto el flujo de materiales como el de información, se desarrolló el VSM futuro de la empresa por Cuatrimestre (Ver Figuras 5.2, 5.3, 5.4). En estas figuras, se incluyeron las mejoras presentadas previamente y además se consideraron la realización de todo el proceso productivo en un solo local. Logrando de esta manera la eliminación de tiempos muertos en traslado de operarios y productos semi terminados, ya que según lo observado en las instalaciones de SOLAGRO, esto es factible pues se cuenta con el espacio y distribución suficiente para realizar el proceso productivo en todas sus etapas.

Para poder cuantificar la mejora, se tomó en cuenta la reducción del Lead Time mensual por cuatrimestre y en promedio por el año. En la Tabla 5.8, se puede apreciar una reducción del 86,78% del Lead Time en el Cuatrimestre I, 86,77% para el Cuatrimestre II, 86,77% del Lead Time en el Cuatrimestre III y, finalmente, 86,77% en conjunto para los tres cuatrimestres. Esto demuestra que la mejora planteada sería beneficiosa para la empresa Solagro SAC.

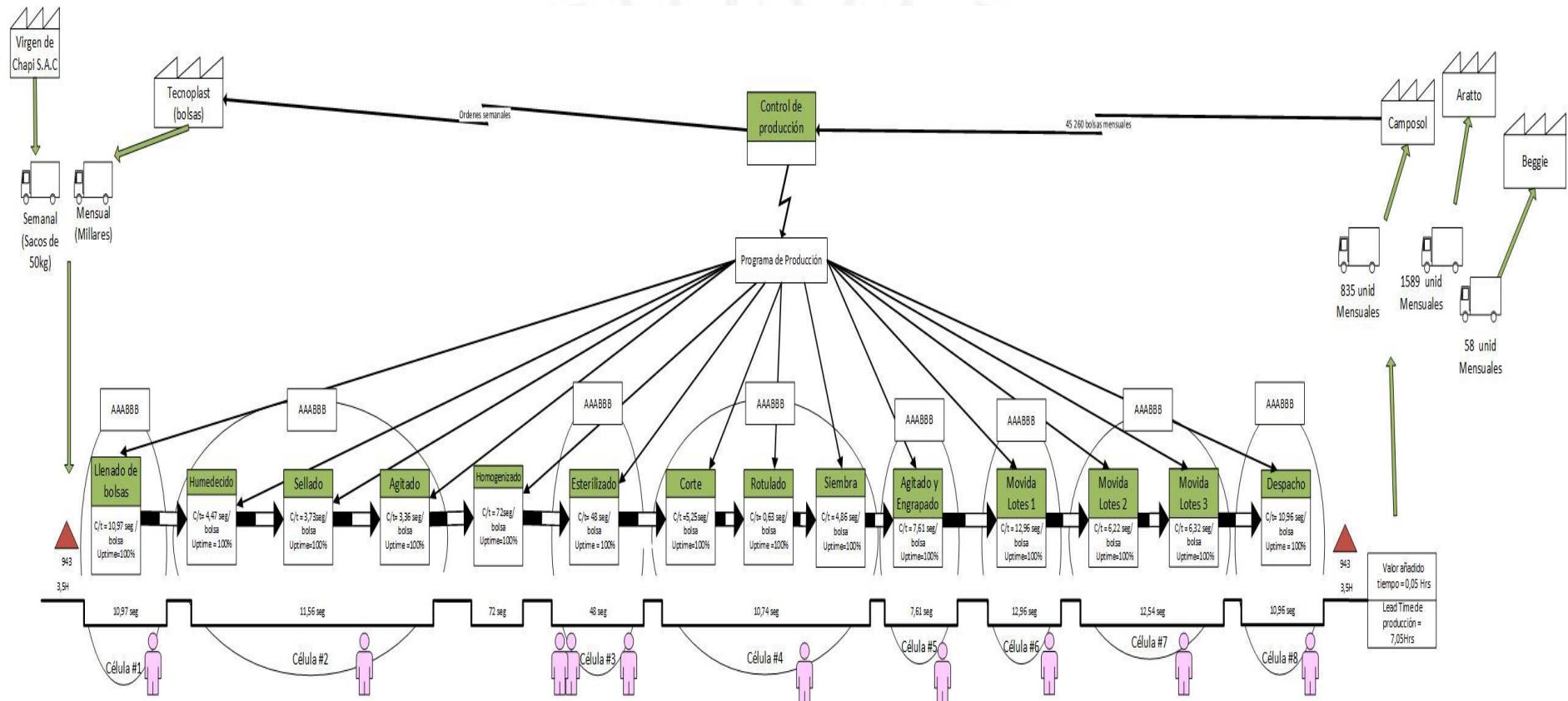
**Tabla 5.8**

*Reducción del Lead Time al año para el proceso de elaboración de un controlador biológico estándar*

	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III	Total
LT Actual	53,36	53,36	53,36	53,36
LT Futuro	7,06	7,06	7,06	7,06
Reducción	86,78%	86,77%	86,77%	86,77%

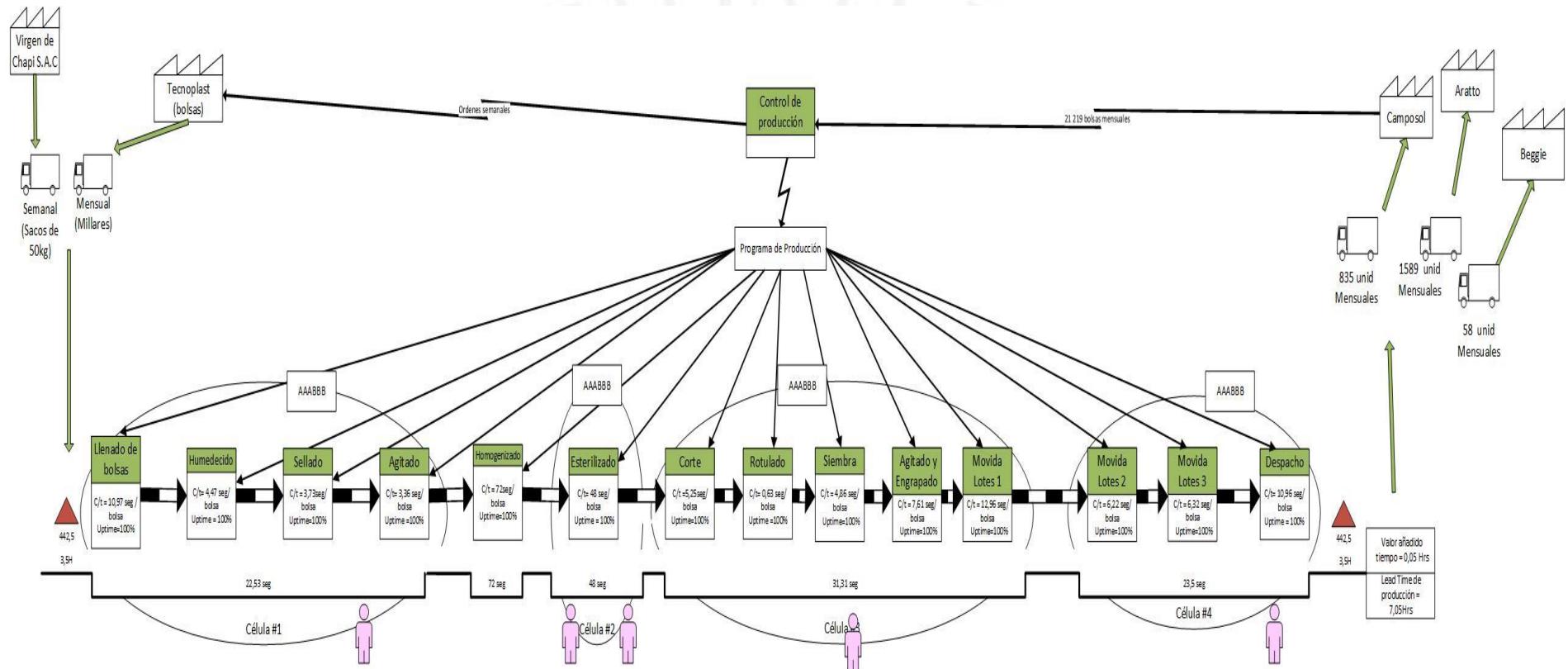
**Figura 5.2**

*VSM Futuro para el Cuatrimestre I*



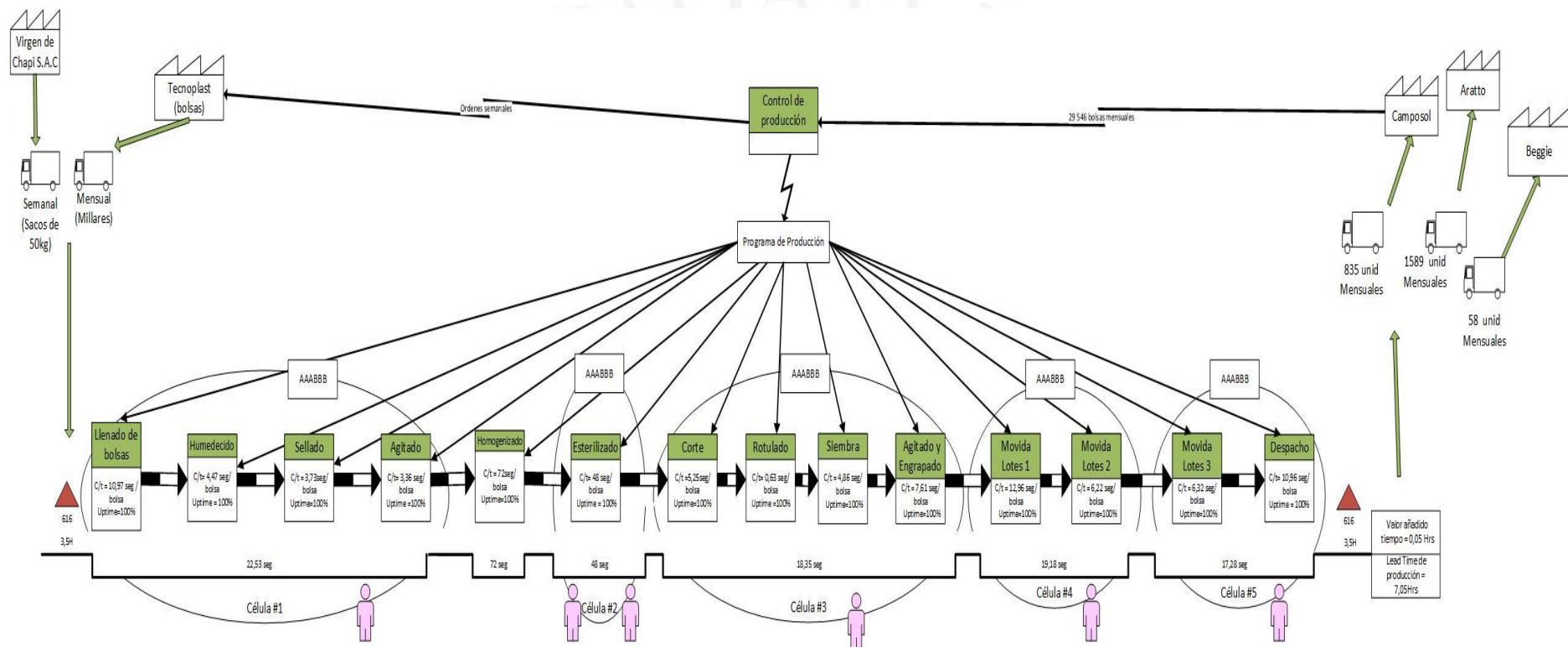
**Figura 5.3**

*VSM Futuro para el Cuatrimestre II*



**Figura 5.4**

*VSM Futuro para el Cuatrimestre III*



## **Simulación con ARENA**

Para realizar la validación técnica del modelo de mejora se realizó una simulación del escenario actual y futuro utilizando el software de simulación ARENA, esta herramienta permitió simular los procesos mediante un modelo lógico-matemático y reproducir sus condiciones, así como su comportamiento operacional y dinámico. Es importante señalar, que el objetivo de la simulación fue el de evaluar el sistema para orientar hacia la mejor solución posible. (Torres, 2013)

De esta forma, en ambos escenarios, se trata a las bolsas de controlador biológico como entidades, es decir, los objetos que ingresan al sistema para ser procesados. Para poder realizar las simulaciones se han agrupado las bolsas en lotes de 30, ya que el software de simulación Arena sólo puede mantener máximo 150 entidades en el sistema, esto excede los lotes diarios de producción. La cantidad de operarios y las autoclaves de la esterilización son los recursos del sistema, es decir, que intervienen en el procesamiento de las bolsas. Finalmente, para el escenario actual, se utilizaron las distribuciones halladas durante la toma de tiempos en el presente Tesis. Mientras que, para el escenario futuro, la mayor parte de actividades han sido modeladas bajo la distribución triangular, ya que esta distribución es utilizada cuando se cuentan con medidas de tiempo limitados (Minitab, 2018).

### **Escenario actual**

Para simular el escenario actual del proceso, se tomó en cuenta una cantidad de 13 operarios (3 adicionales en la carga de material para ser trasladados al otro local) y 5 autoclaves como recursos. (Ver figura 5.5).

Para la llegada de las bolsas, cada bolsa ingresa al sistema de forma constante cada 72 segundos, que es el ritmo del cuello de botella del proceso, el cuál es el homogenizado, ya que procesa la menor cantidad de unidades por segundo. Cada bolsa que ingresa al sistema es asignada con un atributo llamado TNOW, el cuál registra el momento en que ingrese al sistema.

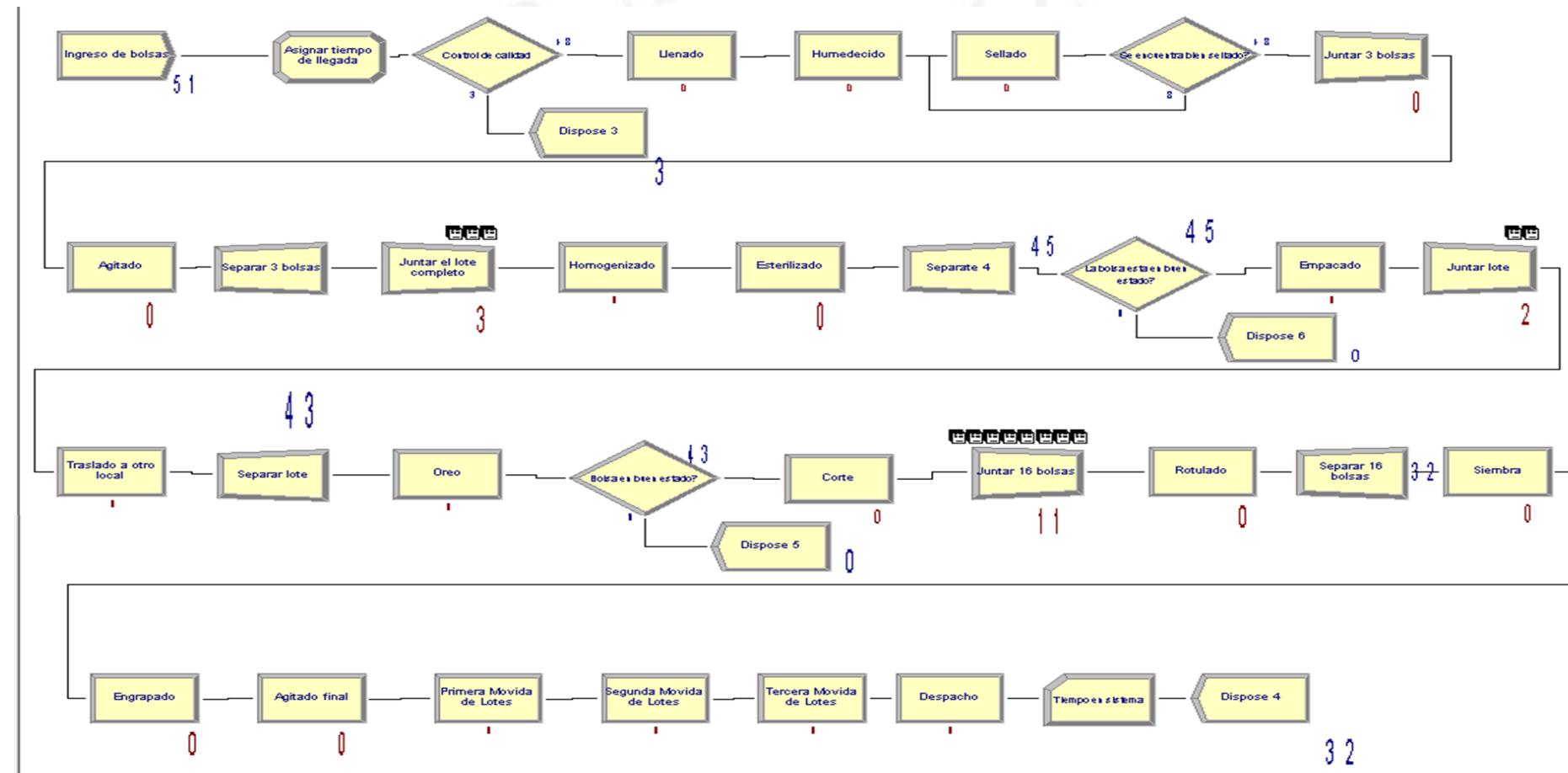
Para cada actividad del proceso, se tomó en cuenta los tiempos promedios procedentes del VSM elaborados en el Diagnóstico de Proceso a Mejorar. Como ya se mencionó anteriormente, se utilizaron las distribuciones correspondientes a la toma de tiempos obtenidas mediante pruebas de bondad de ajuste. Para mayor detalle sobre las pruebas de bondad de ajuste, ir a **Anexo 3**. Sin embargo, el módulo que contiene la

actividad de esterilizado cuenta con una distribución constante, ya que se asume que el esterilizado siempre durará una hora. Además, el módulo que representa el traslado a otro local, también se trata como distribución uniforme, ya que se asume, que el camión llegará con un tiempo mínimo de 26 minutos, que es el tiempo en el que llegaría el camión si no hubiera tráfico.

Se agregó un módulo de récord antes de que las bolsas salgan del sistema. Dicho módulo, se encarga de registrar el intervalo de tiempo en el que cada bolsa ha permanecido en el sistema.

Figura 5.5.

Modelo de simulación del escenario actual



De los resultados de la simulación del escenario actual se obtuvo un TVA (Tiempo de Valor Agregado) de 423,38 horas, un TNVA (Tiempo de No Valor Agregado) de 11,14 horas y un tiempo de espera de 21,29 horas. Todos estos indicadores dieron un tiempo total de proceso de 455,82 horas. Ver tabla 5.9

**Tabla 5.9**

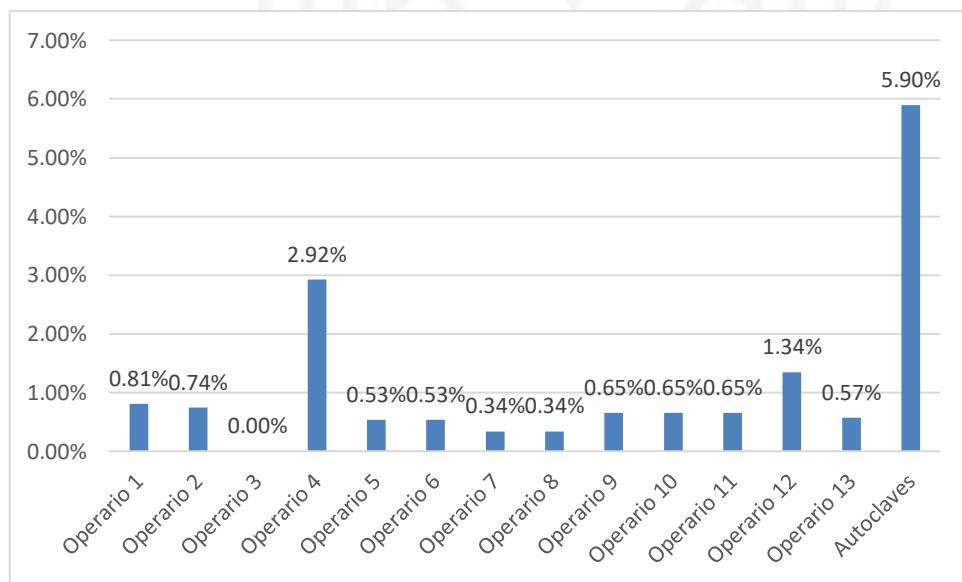
*Tiempos de la situación actual*

	Tiempo en segundos	Tiempo en horas
TVA	1524175,39	423,38
TNVA	40114,29	11,14
Espera	76657,44	21,29
Total	1640947,12	455,82

Adicionalmente, la simulación permitió conocer el estado actual de la utilización de los recursos con los que cuenta el proceso. Los resultados mostraron que todos los recursos tienen una utilización muy baja, por lo que se necesitó reducir la cantidad de operadores del proceso y redistribuirlos en otras áreas de la empresa que podrían necesitar más apoyo. Ver Figura 5.6.

**Figura 5.6**

*Utilización de Recursos en el escenario actual*



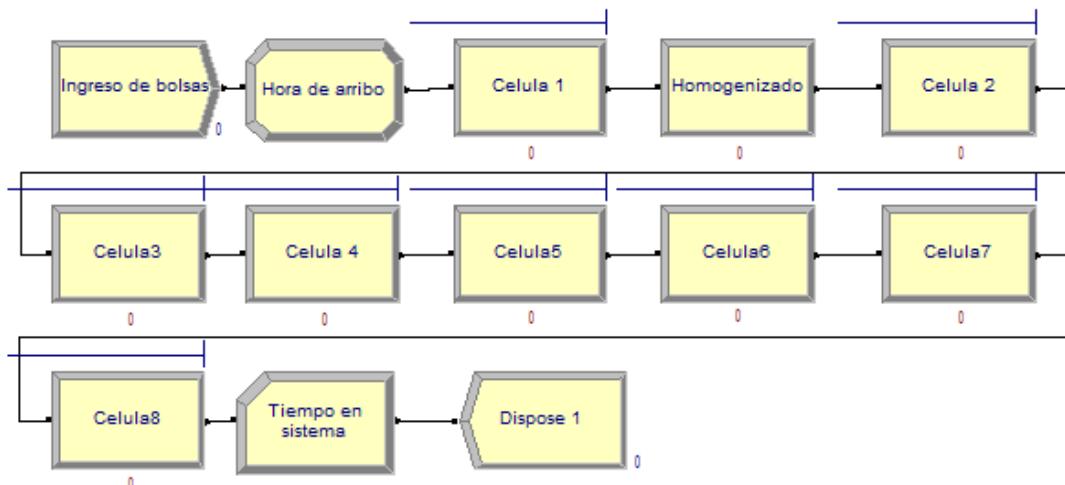
## Escenario futuro

Se elaboró un escenario futuro para cada cuatrimestre, ya que cada cuatrimestre tiene un número distinto de células de manufactura. Para todos los escenarios futuros se consideraron distribuciones triangulares, ya que se contó con poca información para poder determinar con mayor precisión el comportamiento estadístico de cada célula de trabajo.

El Cuatrimestre I se elaboró tomando en cuenta 8 células de producción y 10 operarios. Cada una de las células agrupa una determinada cantidad de actividades del proceso con el objetivo de crear un flujo continuo. En este escenario, las bolsas llegan al sistema cada 13,36 segundos, el cuál es el ritmo del Takt Time calculado previamente. Al igual que el escenario anterior, se utilizó el módulo de asignación para asignar el tiempo de llegada de cada bolsa al sistema y el módulo de récord para calcular el tiempo en sistema promedio. Ver figura 5.7.

Figura 5.7

Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre I.

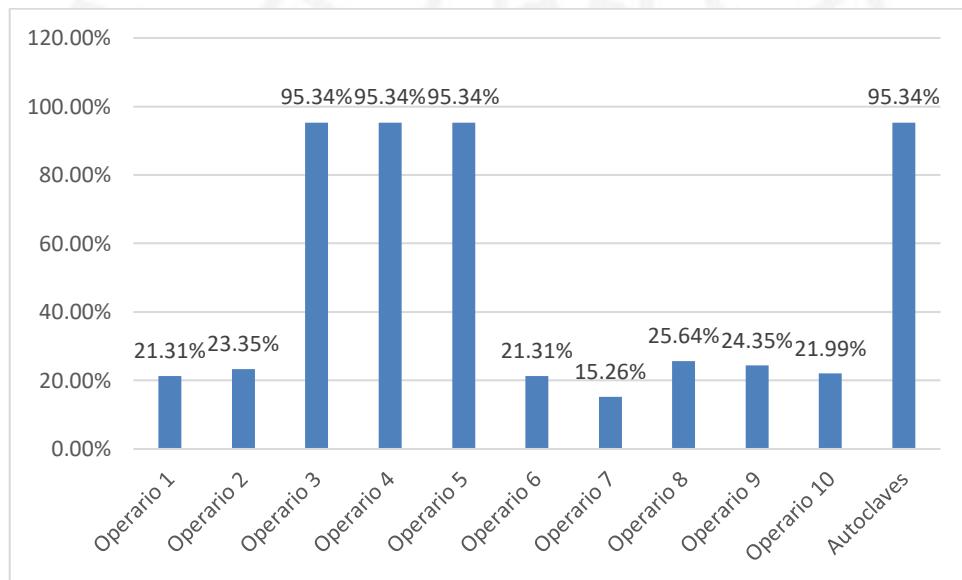


De los resultados de la simulación del Cuatrimestre I, se obtuvo un TVA de 1,64 horas, un TNVA de 0 horas, porque ya no hay desperdicios en el proceso y un tiempo de espera de 8,96 horas. Todos los indicadores dieron un tiempo total de 10,60 horas. Ver tabla 5.10

**Tabla 5.10***Tiempos de la situación futura Cuatrimestre I*

	Tiempo en segundos	Tiempo en horas
TVA	5919,03	1,64
TNVA	0	0,00
Espera	32256,17	8,96
Total	38175,2	10,60

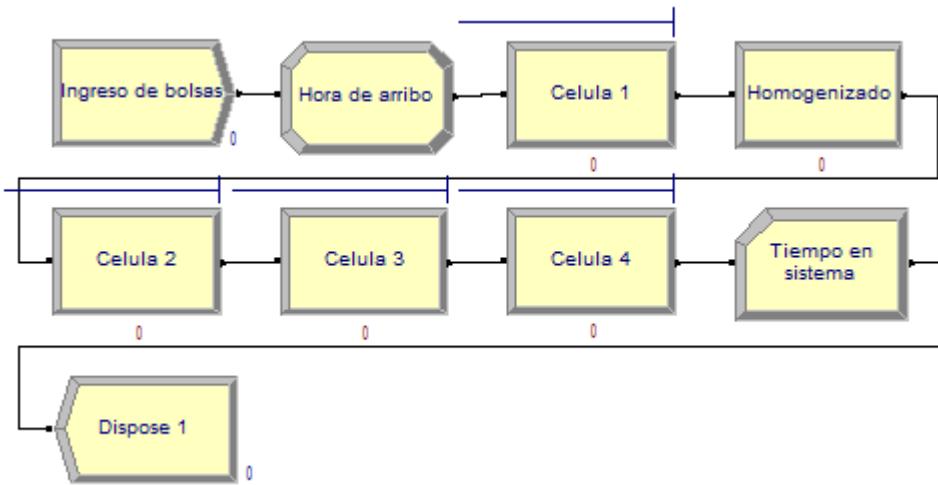
La simulación también permitió conocer la utilización de los recursos para el Primer Cuatrimestre. En la Figura 5.8 se puede apreciar una mejor utilización de recursos que en el escenario actual.

**Figura 5.8***Utilización de Recursos para el Cuatrimestre I*

Para el Cuatrimestre II se elaboró tomando en cuenta 4 células de producción y 5 operarios. En este escenario, las bolsas llegan al sistema cada 28,50 segundos, el cuál es el ritmo del Takt Time calculado previamente. Ver figura 5.9.

**Figura 5.9**

*Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre II*



De los resultados de la simulación del Cuatrimestre II, se obtuvo un TVA de 1,65 horas, un TNVA de 0 horas, porque ya no hay desperdicios en el proceso y un tiempo de espera de 2,36 horas. Todos los indicadores dieron un tiempo total de 4,01 horas. Ver tabla 5.11

**Tabla 5.11**

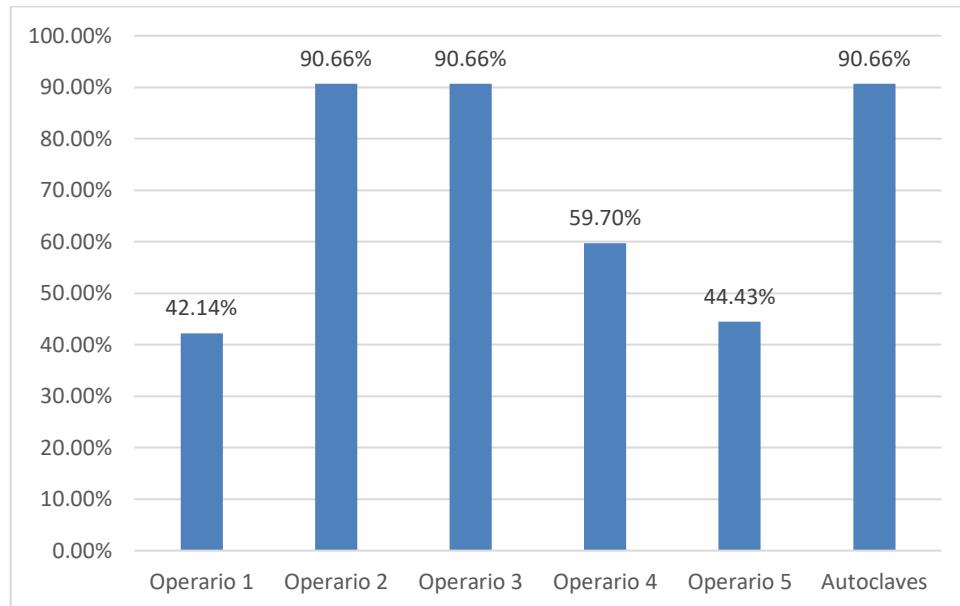
*Tiempos de la situación futura Cuatrimestre II*

	Tiempo en segundos	Tiempo en horas
TVA	5926,16	1,65
TNVA	0	0,00
Espera	8513,97	2,36
Total	14440,13	4,01

Adicionalmente, se mostraron los resultados de la utilización de los recursos, en donde nuevamente se pudo apreciar una mejor utilización de recursos a comparación del escenario actual. Ver Figura 5.10.

**Figura 5.10**

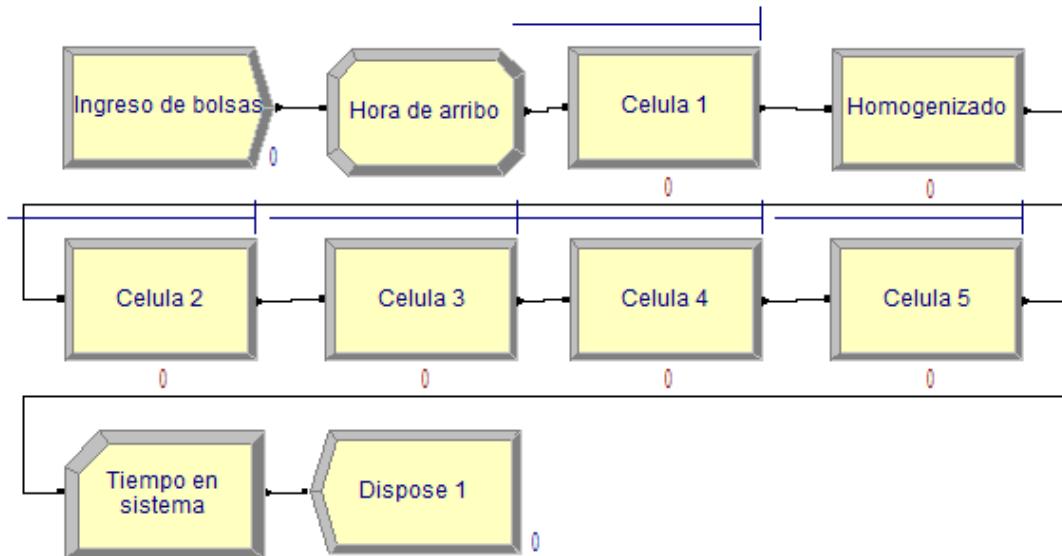
*Utilización de Recursos para el Cuatrimestre II*



El Cuatrimestre III se elaboró tomando en cuenta 5 células de producción y 6 operarios. En este escenario, las bolsas llegan al sistema cada 20,47 segundos, el cuál es el ritmo del Takt Time calculado previamente. Ver figura 5.11

**Figura 5.11**

*Modelo de simulación del escenario futuro Cuatrimestre III*



De los resultados de la simulación del Cuatrimestre II, se obtuvo un TVA de 1,65 horas, un TNVA de 0 horas, porque ya no hay desperdicios en el proceso y un tiempo de espera de 4,7 horas. Todos los indicadores dieron un tiempo total de 6,34 horas. Ver tabla 5.12

**Tabla 5.12**

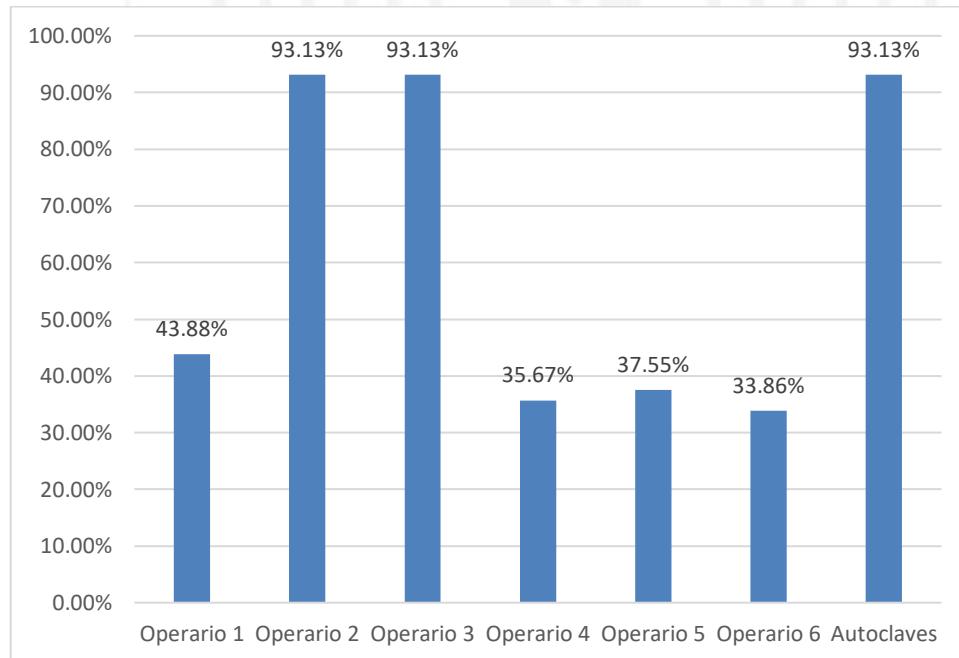
*Tiempos de la situación futura Cuatrimestre III*

	Tiempo en segundos	Tiempo en horas
TVA	5928,25	1,65
TNVA	0	0,00
Espera	16905,86	4,70
Total	22834,11	6,34

Adicionalmente, se muestran los resultados de la utilización de recursos para el Cuatrimestre III. Ver figura 5.12.

**Figura 5.12**

*Utilización de recursos para el Cuatrimestre III*



De esta manera y tomando en cuenta los principales indicadores, se analizaron los resultados de las simulaciones en ambos escenarios, estos son el Tiempo de Valor

agregado (TVA), el Tiempo de no valor agregado (TNVA), el Tiempo de espera (en la tabla 5.13 aparece como Espera) y el Work In Progress (WIP), el cuál es el inventario de bolsas en proceso; y el tiempo en sistema, el cuál es el tiempo total.

Para el Tiempo de valor agregado, se espera que el tiempo disminuya ya que, gracias a la manufactura celular, se eliminaron dos actividades del proceso y de acuerdo a los resultados de la simulación, se obtuvo una disminución del 99,61%. El tiempo de no valor agregado existente en el escenario actual, es eliminado en el proceso futuro, ya que se pretende que todo el proceso ocurra en un mismo local. De igual forma, los tiempos de espera, el WIP y el tiempo en sistema son menores en el escenario futuro, presentando reducciones de 74,92%, 65,63% y 98,47% respectivamente. Ver tabla 5.13

**Tabla 5.13**

*Comparación de indicadores entre ambos escenarios (en horas)*

	Actual	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III	Promedio Cuatrimestres	Comparación
TVA	423,38	1,64	1,65	1,65	1,65	99,61%
TNVA	11,14	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00%
Espera	21,29	8,96	2,36	4,70	5,34	74,92%
WIP	47,57	25,24	9,01	14,79	16,35	65,63%
Tiempo de sistema	455,82	10,60	4,01	6,34	6,99	98,47%

Otro indicador que se ha evaluado es el de la utilización de los recursos en ambos escenarios. En el escenario actual, al haber una mayor cantidad de operarios, hay una menor utilización de los recursos. Los recursos que más se utilizan son las autoclaves y el operario 4, que corresponde al operario que realiza la actividad Empacado, con una utilización de 5,90% de utilización y 2,92%, respectivamente. Ver figura 5.10. Sin embargo, en todos los escenarios futuros se puede apreciar una mayor utilización de los recursos, ya que se emplea una menor cantidad de operarios y lo más importante, la cantidad de operarios necesaria para la producción de cada cuatrimestre. Los recursos que más se utilizan son los operarios destinados a la célula que contiene la actividad de Esterilizado, el cuello de botella del proceso. Esto quiere decir, que todos los escenarios futuros utilizan los recursos disponibles de una forma más eficiente.

De esta manera, se pudo apreciar mejoras entre los escenarios actuales y futuros, ya que hay una disminución de 98,47% del tiempo en sistema de las unidades, el cuál vendría a ser el tiempo de ciclo y hay una mejor utilización en los recursos. En ese

sentido, la mejora propuesta en el presente trabajo se presentó viable para su futura ejecución.



# CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO SOCIAL DEL MODELO DE MEJORA PROPUESTO

## 6.1. Desarrollo, implementación y Aseguramiento del modelo de mejora

Tal como se puede apreciar en la Tabla 6.1 para el logro de la propuesta de solución se desarrollaron cada una de las siguientes actividades, estas así mismo fueron medidas a través de objetivos y metas, en un periodo de tiempo determinado y haciendo uso de ciertos recursos, además cada una fue designada a un responsable, el cual se encargará de gestionar su adecuado desempeño. Adicionalmente, se realizará una medición del cumplimiento del plan de producción y, debido a la curva de aprendizaje de los operarios para adecuarse a este nuevo método de trabajo, se planteó un cumplimiento del 65% del plan de producción durante el primer cuatrimestre de implementación.

**Tabla 6.1**

*Programa de implementación de la Propuesta de Solución*

Sol.	Actividad	Objetivos	Meta	Indicadores	Medición	Recursos	Respons.
Planificación y control en la producción	Planificación de la demanda del cliente	Mejorar la respuesta al cliente	>90%	Cantidad atendida / Cantidad demanda	Semana 1	*Computadora *Útiles de escritorio	Abadía y Zúñiga
	Balancear la producción	Reducir los stocks (MP, PP)	>80%	Reducción inventario sobre el año anterior			Abadía y Zúñiga
	Flujo de información	Incrementar la flexibilidad de la planta ante la demanda del cliente.	Variable, según demanda	Takt Time	Semana 2 y 3	*13 procedimientos	Abadía y Zúñiga
	Flujo de operarios				Semana 4	*10 operarios (máximo) *2 capacitac.	Abadía y Zúñiga
	Flujo de materiales				Semana 5 y 6	*8 Células flexibles (máximo)	Abadía y Zúñiga
	Cumplimiento de plan de producción	Asegurar el cumplimiento del plan de producción elaborado	>=65% primer cuatrimestre >= 100% desde el segundo cuatrimestre	Cantidad de bolsas producidas/ Demanda total de bolsas	Cuatriestral	Plan de producción	Abadía y Zúñiga

El cronograma de implementación de la propuesta de solución está representado gráficamente en la Tabla 6.2 a través del diagrama de Gantt, en este se muestra la ejecución de las actividades de manera cronológica a través del tiempo. Además, se definieron puntos de control cuatrimestrales. Finalmente, la implementación de la solución se llevará a cabo en un periodo de 6 semanas.

**Tabla 6.2**

*Cronograma de Actividades (Diagrama de Gantt)*

Propuesta de Solución con Herramientas de Lean Manufacturing								
Solución	Actividad	Mes I				Mes II		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Planificación y control en la producción	Planificación de la demanda del cliente							
	Flujo de información							
	Flujo de operarios							
	Flujo de materiales							

El aseguramiento de la correcta ejecución y funcionamiento de la propuesta de solución será controlado a través de inspecciones en etapas de puntos críticos de control, estas tendrán una frecuencia cuatrimestral y serán ejecutadas a manera de auditoría por la jefatura de la empresa y las consultoras del proyecto (Abadía y Zúñiga).

En este sentido se determinó que las auditorías de control analizarán y evaluarán el correcto desempeño en cada etapa críticas de control, siendo estas:

- Llenado de bolsas: Verificar el peso de las bolsas y la calidad de las mismas.
- Sellado: Verificar el correcto sellado de las bolsas y que no queden húmedas.
- Esterilizado: Verificar la correcta distribución de las bolsas en las canastillas.
- Siembra: verificar el adecuado uso de uniformes para evitar la contaminación de los hongos.

Adicionalmente a estas auditorías de control, se desarrollarán una serie de capacitaciones, con motivo de alinear a los colaboradores con la metodología de Lean Manufacturing y desarrollar en ellos un espíritu de identificación y colaboración con SOLAGRO. Se llevarán a cabo un total de 4 capacitaciones al año, de manera que estas serán brindadas por las consultoras del proyecto (Zúñiga y Abadía) y la gerente general,

y serán desarrolladas de manera trimestral en las salas comunes de las instalaciones de la empresa, los temas a desarrollar en las capacitaciones son (1 capacitación por cada tema):

- Entrenamiento White Belt: Conocimientos básicos de Lean Six Sigma y Lean Manufacturing.
- Charla motivacional
- Integración entre las distintas áreas de la empresa
- Presentación de resultados y compromiso a la mejora continua

Finalmente, con el fin de continuar con la mejora una vez que culmine el proyecto, las consultoras formarán a un Gestor de Implementación para que sea responsable de velar por el cumplimiento de la mejora implementada.

## **6.2. Determinación de la inversión, los recursos y los flujos económicos del modelo**

Para la elaboración del presupuesto general, primero se calcularon los costos requeridos para la implementación de solución y los del aseguramiento de solución. Posteriormente, se unieron ambos para crear el presupuesto general de la propuesta de solución.

### **A. Costos requeridos para la implementación de solución**

Para cuantificar la inversión de la implementación de la solución, se debe tomar en consideración el costo del servicio de diagnóstico de la empresa y el costo de acomodar las células de trabajo por cuatrimestre.

Para calcular el costo del servicio de diagnóstico de la empresa, primero se debe calcular el sueldo que percibirán las gestoras del proyecto (Abadía y Zúñiga). Para ello, se deben considerar el sueldo fijo mensual que es S/ 6 000, el pago de CTS que se realiza anualmente en el mes de mayo, las gratificaciones que, según el reglamento nacional, se entregan para fiestas patrias en julio y para navidad en diciembre. Se determinó que el ingreso total anual de una consultora es S/ 87 500. Ver tabla 6.3

**Tabla 6.3***Cálculo del total de ingresos anuales de una consultora*

<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
Sueldo fijo mensual	$6\ 000 \times 12 = 72\ 000$
Gratificaciones	$6\ 000 \times 2 = 12\ 000$
CTS (se recibe en mayo)	$6\ 000 + (1/6 \times 6\ 000) = 7\ 000 / 12 = 583,33 \times 6 = 3\ 500$
<b>Total</b>	<b>87 500</b>

Con el cálculo de los ingresos anuales de las consultoras, se procede a calcular el costo del diagnóstico de la empresa, esto incluye el gasto de transporte de viaje, ya que las consultoras requieren trasladarse desde Lima a Trujillo, en donde se ubican las instalaciones de la empresa. Adicionalmente, se debe tomar en consideración la alimentación, alojamiento, traslado a la planta y los EPPs durante el periodo de duración del proyecto, el cual es un año. La tabla 6.4 muestra el detalle de la inversión correspondiente al diagnóstico de la empresa, incluyendo los costos unitarios y frecuencia.

**Tabla 6.4***Detalle de la inversión del diagnóstico de la empresa*

<b>Concepto</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Asesoras</b>	<b>Total</b>
Gasto de transporte de viaje	150	2 veces	2	2	600
Alimentación	50	Diario	365	2	36500
Alojamiento	100	Diario	365	2	73000
Traslado a la planta	50	Diario	365	2	36500
Epps	1000	Único	1	2	2000
Salario de las consultoras	7291,67	Mensual	12	2	175000
					323600

Por otro lado, tal como se puede apreciar en la tabla 6.5, para el cálculo de los sueldos de los operarios, se deben de considerar el pago de CTS y, además, se debe considerar un porcentaje de asignación familiar que es equivalente al 10% de la remuneración mínima vital que para el 2018 es 930 soles. Aumento del sueldo mínimo incide en beneficios laborales (23 de marzo de 2018). Finalmente, con el total de estos rubros, se puede estructurar el sueldo anual para cada operario.

**Tabla 6.5***Cálculo del total de ingresos anuales de un operario en SOLAGRO*

<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
Sueldo fijo mensual	1 000 x 12 = 12 000
Gratificaciones (Julio y Diciembre)	1 000 x 2 = 2 000
Asignación Familiar	93 x 12 = 1 020
CTS (se recibe en Mayo)	1 000 + 93 = 1 093 + (1/6*1 093) = 1 265,83 / 12 = 105,486 * 6 = 637,58
<b>Total</b>	<b>15 657,58</b>

Adicionalmente, se debe realizar el cálculo de la inversión que se requiere para realizar las adecuaciones en las células de trabajo durante cada cuatrimestre. Por lo establecido en el punto 5.4 de la presente tesis, se solicitará a 3 operarios que ingresen a laborar una hora antes para realizar estas adecuaciones, por lo que se les deberá pagar un 25% adicional de su salario por una hora extra. *¿Cómo se calculan las horas extra?.* (01 de octubre de 2018).

Para calcular las horas extra correspondientes, se toma en consideración el salario mensual de un operario el cuál es de S/ 1000. A este monto se le divide entre 30 días y 8 horas de la jornada laboral diaria para hallar el salario por hora el cual resulta ser S/ 4,14. Finalmente, al salario por hora se le multiplica por 1,25 para hallar la compensación por la hora extra y obtenemos un monto de S/ 5,21, el cual se multiplicará por los tres operarios para obtener S/ 15,63 cada cuatrimestre para un total anual de S/ 46,88. Ver tabla 6.6.

**Tabla 6.6***Cálculo de inversión para adecuaciones en células de trabajo*

	Cuatrimestre I	Cuatrimestre II	Cuatrimestre III	Total Anual
Operarios encargados	3	3	3	
Salario mensual del operario	1000	1000	1000	
Días trabajados	30	30	30	
Salario por Día	33,33	33,33	33,33	
Horas trabajadas al día	8	8	8	
Salario por Hora	4,17	4,17	4,17	
Compensación por Hora Extra	25%	25%	25%	
Pago de horas extra	15,63	15,63	15,63	46,88

Finalmente, la inversión total de la implementación de la solución es la suma de la inversión del diagnóstico de la empresa y de la adecuación de las células de trabajo para un total de S/ 323 646,88.

### **B. Costos requeridos para el aseguramiento de la solución**

Con el objetivo de lograr el aseguramiento de la solución, se ha considerado brindar 4 capacitaciones anuales a los operarios y auditorías de control que serán ejecutados por las consultoras del proyecto (Abadía y Zúñiga). Ambos se están considerando como parte del salario de las consultoras, por lo que no serán considerados como costos de aseguramiento de la solución.

Por otro lado, se considera el ingreso anual del Gestor de Implementación como parte de la inversión para el aseguramiento de la solución. Para el cálculo del ingreso anual se toma en consideración el salario mensual que será S/ 2500, así como las gratificaciones anuales y el CTS. Ver tabla 6.7

**Tabla 6.7**

*Cálculo del total de ingresos anuales del Gestor de Implementación*

<b>Gestor de Implementación</b>	<b>Montos</b>
Salario anual	30000
Gratificaciones	5000
CTS	1458,33
Total	36458,33

Finalmente, sumando los costos del aseguramiento e implementación de la solución, la inversión total para la implantación de la propuesta es de S/ 360 105.

### 6.3. Evaluación económica del proyecto

Debido a que el proyecto de mejora no requiere de mucha inversión, la empresa puede financiarlo en su totalidad sin requerir de un préstamo bancario para su financiamiento, por lo que sólo se realizó la evaluación económica del proyecto.

Antes de elaborar los flujos económicos de los escenarios actuales y futuros, se calcularon los costos variables para cada uno de los escenarios tomando en consideración los costos unitarios por cada concepto, la cantidad de bolsas de controlador biológico producido y la cantidad de operarios en cada periodo de evaluación, el cual es un cuatrimestre. Los conceptos de Consumo de Materiales de Producción, Consumo de materiales auxiliares, Consumo de Suministros, Consumo de Bolsas y Transporte de Carga dependen directamente de la cantidad de bolsas producidas en el periodo de evaluación; mientras que los conceptos Seguro de los operarios, traslado de personal, alimentación y salarios dependen directamente de la cantidad de operarios.

Para el escenario actual, se tomó en consideración una producción diaria de 1200 bolsas y 13 operarios. El concepto de Mantenimiento de Inventario se calcula tomando en consideración el costo de mantenimiento el cual es S/ 0,22 y el promedio de inventario por cuatrimestre el cual es 35128,5 bolsas obteniendo un total de S/ 7777 cuatrimestrales. (Ver tabla 6.8)

**Tabla 6.8**

*Detalle de los costos variables del escenario actual*

Costo variable	Costo unitario	I-Cuatrimestre	II-Cuatrimestre	III-Cuatrimestre
Consumo materiales producción	S/ 1,51	S/ 174 380,50	S/ 174 380,50	S/ 174 380,50
Consumo materiales auxiliares	S/ 0,18	S/ 20 857,37	S/ 20 857,37	S/ 20 857,37
Consumo de suministros	S/ 1,51	S/ 174 118,08	S/ 174 118,08	S/ 174 118,08
Consumo de bolsas	S/ 0,24	S/ 27 529,03	S/ 27 529,03	S/ 27 529,03
Seguros de los operarios	S/ 9,19	S/ 477,84	S/ 477,84	S/ 477,84
Transporte de carga	S/ 0,00	S/ 533,89	S/ 533,89	S/ 533,89
Traslado de personal	S/ 1,74	S/ 90,39	S/ 90,39	S/ 90,39
Alimentación	S/ 20,39	S/ 1 060,19	S/ 1 060,19	S/ 1 060,19
Salarios	S/ 1 304,80	S/ 67 849,51	S/ 67 849,51	S/ 67 849,51
Mantener Inventario	S/ 0,22	S/ 7 777,00	S/ 7 777,00	S/ 7 777,00

Para el escenario futuro, se tomó en consideración las diferentes cantidades de producción de bolsas por cuatrimestre, según lo detallado previamente en el capítulo anterior y una cantidad fija de 10 operarios (cantidad máxima de operarios al año), debido a que, si bien es cierto, se trabajará con una cantidad variable de operarios por cuatrimestre, pero se mantendrá a todos en plantilla sin realizar ningún despido. Para este escenario, no se realizará transporte de productos entre un local y otro por lo que el costo asociado pasa a ser S/ 0, al igual que el concepto de Mantenimiento de Inventario. (Ver tabla 6.9)

**Tabla 6.9**

*Detalle de los costos variables del escenario futuro*

Costo variable	Costo unitario	I-Cuatrimestre		II-Cuatrimestre		III-Cuatrimestre	
Consumo materiales producción	S/ 1,51	S/ 274 045,82		S/ 128 478,47		S/ 178 897,44	
Consumo materiales auxiliares	S/ 0,18	S/ 32 778,18		S/ 15 367,10		S/ 21 397,64	
Consumo de suministros	S/ 1,51	S/ 273 633,41		S/ 128 285,12		S/ 178 628,22	
Consumo de bosas	S/ 0,24	S/ 43 262,96		S/ 20 282,59		S/ 28 242,11	
Seguros de los operarios	S/ 9,19	S/ 367,57		S/ 367,57		S/ 367,57	
Transporte de carga	S/ 0,00	S/ -		S/ -		S/ -	
Traslado de personal	S/ 1,74	S/ 69,53		S/ 69,53		S/ 69,53	
Alimentación	S/ 20,39	S/ 815,53		S/ 815,53		S/ 815,53	
Salarios	S/ 1 304,80	S/ 52 191,93		S/ 52 191,93		S/ 52 191,93	
Mantener Inventario	S/ 0,22	S/ -		S/ -		S/ -	

Se elaboraron los flujos económicos cuatrimestrales para cada uno de los escenarios, en los cuales se incluyeron los ingresos por parte de las ventas de los controladores biológicos estándar. Mientras que, para los egresos, se toma como referencia la información de la estructura de costos contenida en la figura 2.1 Análisis del Modelo de Negocios de la empresa Solagro, los costos variables contenidos en las tablas 6.8 y 6.9, además del concepto Reprocesos, el cual determina el costo de los reprocesos en cada uno de los escenarios. Adicionalmente, el escenario futuro toma en consideración el cumplimiento del 65% del plan de producción para el primer periodo de evaluación aplicado a los conceptos que dependan de la cantidad de producción. Revisar la tabla 6.12 para ver el Flujo Económico del escenario actual y revisar la tabla 6.13 para ver el Flujo Económico del escenario futuro.

Adicionalmente, se debe tomar en cuenta el valor CPPC (Costo promedio ponderado de capital) o WACC, en inglés, el cual es un indicador porcentual que representa el costo ponderado de todas las fuentes de financiamiento utilizadas por la empresa (Arroyo & Vasquez, 2016). Para calcular este valor se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$CPPC = Kd * (1 - T) * Wd + Ke * We$$

Donde:

Kd = Tasa del costo de financiamiento con deuda para la empresa

Wd = Participación de la deuda en el activo de la empresa

Ke (o COK) = Tasa del costo de financiamiento con patrimonio para la empresa

We = Participación del patrimonio en el activo de la empresa

T = Impuesto a la Renta (29,5%)

Para los valores de Kd y Wd se tomó en consideración las deudas de la empresa Solagro para el año 2020. Ese año, la empresa tuvo dos obligaciones financieras: un préstamo que proviene del programa Reactiva Perú a una tasa anual subvencionada de 2.5% y un Leasing a una tasa anual de 14%, ambos por montos de 1 547 533,53 soles y 141 621,39 soles, respectivamente. Luego, de calcular el porcentaje de participación de las deudas, se obtiene un Kd de 13,04%. (Ver tabla 6.10)

**Tabla 6.10**

*Cálculo de Kd*

Deuda	Importe	%Participación	Tasa anual
Préstamo	1547533,53	91,62%	14%
Leasing	141621,39	8,38%	2,50%
Total	1689154,92	1	13,04%

Para el valor We, se tomó en consideración la participación del patrimonio de la empresa que figura en el estado financiero del año 2020 y se calculó su proporción en relación a la deuda. El resultado de 69,92% de participación del patrimonio.

El valor de Ke o COK se debe calcular en base al modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) de acuerdo con la siguiente fórmula: (Moreno, s.f.)

$$Ke = Kf + \beta \text{ apalancado}(Km - Kf) + riesgo país$$

Donde:

$K_f$  = Rendimiento o tasa libre de riesgo

$K_m$  = Rendimiento del mercado

El valor de  $K_f$  se obtuvo consultando la página Investing.com, la cual muestra la rentabilidad del bono de Estados Unidos a un plazo de 10 años, el cuál es 1,21%, consultado el día 13 de febrero de 2021. (Investing.com, s.f.)

El valor de  $K_m$  se obtuvo consultando la página S&P/ BVL Perú Index, la cual mide el desempeño de las empresas de mayor tamaño y liquidez listadas en la Bolsa de Valores de Lima. Se utilizará el valor 9,53%, consultado el día 13 de febrero de 2021. (S&P/BVL Peru Select Index, 2021)

El  $\beta$  del sector se obtuvo consultando la página Stern Nyu, la cual tiene un consolidado de betas para el mercado estadounidense y se utiliza el valor Beta apalancado para el sector Diversos el cual es 1,02 (New York University Leonard N. Stern School of Business [Nyu Stern], s.f.). Se utiliza el valor de Beta apalancado porque el proyecto no requiere de mucha inversión, por lo que la empresa lo puede financiar en su totalidad sin requerir financiamiento externo.

El riesgo del país se obtuvo consultando la página Gestión el cuál es de 1,13%. Este valor se obtuvo mediante un cálculo realizado por el banco de inversión JP Morgan. Riesgo país de Perú se mantiene y cerró en 1.13 puntos porcentajes. (12 de noviembre de 2020).

Se utiliza la fórmula de  $Ke$  o COK para obtener un valor de 10,83%. Este valor, luego, se utiliza para hallar el valor del CPPC de la empresa. Luego de realizar los cálculos respectivos, obtuvimos un CPPC de 10,33%. (Ver tabla 6.11)

**Tabla 6.11**

*Cálculo de CPPC*

Fuente	Importe	% Participación	Costo antes imp.	Cost desp. Imp.
Deuda	1689154,92	30,08%	13,04%	9,19%
Capital Propio	3926617,8	69,92%	10,83%	10,83% <sup>a</sup>
5615772,72		1 CPPC	10,33%	

<sup>a</sup> El porcentaje del  $Ke$  o COK es el mismo antes y después de impuesto, ya que sólo las deudas están sujetas a la tasa impositiva. (Arroyo & Vasquez, 2016)

Como paso previo a la evaluación financiera del proyecto, se debe convertir el valor del COK a cuatrimestral, ya que los flujos económicos manejan periodos cuatrimestrales. Utilizando la siguiente fórmula:

$$\left[ (1 + COK)^{\left(\frac{1}{n}\right)} \right] - 1$$

Donde:

- COK = 10,83% (Obtenido en párrafos anteriores)
- n = 3 (Periodo cuatrimestral)

Con la aplicación de la fórmula, obtenemos un COK cuatrimestral de 3,49%, el cual será utilizado para calcular el VAN.

Por último, tal como se puede apreciar con los resultados del cálculo de ambos VAN (ver tablas 6.12 y 6.13), el resultado para el escenario actual fue de S/ 1 165 109,99, mientras que para el escenario futuro fue de S/ 736 044,02. Adicionalmente, se obtuvo un TIR de 96,26% y un beneficio costo de S/ 2,66 para el proyecto. De esta manera, se concluyó que la mejora aplicada es económicamente viable ya que el VAN es positivo. (Hamel, 2018) También, se debe considerar que el valor del TIR es mayor al COK calculado para la empresa, por lo tanto, es recomendable continuar con el proyecto.

**Tabla 6.12**

*Flujo Económico de la situación actual*

Periodo	0	I Cuatrimestre	II Cuatrimestre	III Cuatrimestre
<b>Ingresos</b>	S/ 1 094 400	S/ 1 094 400	S/ 1 094 400	S/ 1 094 400
<b>Egresos:</b>				
Consumo materiales producción	S/ 174 381	S/ 174 381	S/ 174 381	S/ 174 381
Consumo materiales auxiliares	S/ 20 857	S/ 20 857	S/ 20 857	S/ 20 857
Consumo de suministros	S/ 174 118	S/ 174 118	S/ 174 118	S/ 174 118
Consumo de bolsas	S/ 27 529	S/ 27 529	S/ 27 529	S/ 27 529
Seguros de los operarios	S/ 478	S/ 478	S/ 478	S/ 478
Seguridad Electrónica	S/ 363	S/ 363	S/ 363	S/ 363
Servicio de Impresiones	S/ 1 290	S/ 1 290	S/ 1 290	S/ 1 290
Servicio de Cochera	S/ 1 015	S/ 1 015	S/ 1 015	S/ 1 015
Servicio de Lavado de Vehículos	S/ 685	S/ 685	S/ 685	S/ 685
Capacitaciones	S/ 10 992	S/ 10 992	S/ 10 992	S/ 10 992
Transporte de carga	S/ 534	S/ 534	S/ 534	S/ 534
Traslado de personal	S/ 90	S/ 90	S/ 90	S/ 90

(continúa)

(continuación)

Periodo	0	I Cuatrimestre	II Cuatrimestre	III Cuatrimestre
Alimentación	S/	1 060	S/	1 060
Mantenimiento y reparación	S/	84 866	S/	84 866
Edificaciones	S/	67 788	S/	67 788
Equipo de Transportes (Depreciaciones)	S/	2 843	S/	2 843
Equipo Diversos	S/	37	S/	37
Energía Eléctrica	S/	23 108	S/	23 108
Agua	S/	3 440	S/	3 440
Teléfono	S/	5 543	S/	5 543
Salarios	S/	67 850	S/	67 850
Mantener Inventario	S/	7 777	S/	7 777
Reprocesos	S/	2 001	S/	2 001
<b>Total egresos</b>	S/	678 645	S/	678 645
<b>Flujo final</b>	S/	415 755	S/	415 755

**Tabla 6.13**

*Flujo Económico del proyecto de mejora propuesto*

Periodo	0	I Cuatrimestre	II Cuatrimestre	III Cuatrimestre
<b>Inv. Inicial:</b>				
Implementación de Heijunka	S/ 323 647			
Aseguramiento de la solución	S/ 36 458			
<b>Inversión Total</b>	<b>S/ 360 105</b>			
<b>Ingresos</b>		S/ 1 117 930	S/ 806 322	S/ 1 122 748
<b>Egresos:</b>				
Consumo materiales producción	S/ 178 130	S/ 128 478	S/ 178 897	
Consumo materiales auxiliares	S/ 21 306	S/ 15 367	S/ 21 398	
Consumo de suministros	S/ 177 862	S/ 128 285	S/ 178 628	
Consumo de bolsas (embalajes)	S/ 28 121	S/ 20 283	S/ 28 242	
Seguros de los operarios	S/ 368	S/ 368	S/ 368	
Seguridad Electrónica	S/ 363	S/ 363	S/ 363	
Servicio de Impresiones	S/ 1 290	S/ 1 290	S/ 1 290	
Servicio de Cochera	S/ 1 015	S/ 1 015	S/ 1 015	
Servicio de Lavado de Vehículos	S/ 685	S/ 685	S/ 685	
Capacitaciones	S/ 10 992	S/ 10 992	S/ 10 992	
Transporte de carga	S/ -	S/ -	S/ -	
Transporte de personal	S/ 70	S/ 70	S/ 70	

(continúa)

(continuación)

Periodo	0	I Cuatrimestre	II Cuatrimestre	III Cuatrimestre
Alimentación	S/	816	S/	816
Mantenimiento y reparación	S/	84 866	S/	84 866
Edificaciones	S/	67 788	S/	67 788
Equipo de Transportes	S/	2 843	S/	2 843
Equipo Diversos	S/	37	S/	37
Energía Eléctrica	S/	23 108	S/	23 108
Agua	S/	3 440	S/	3 440
Teléfono	S/	5 543	S/	5 543
Salarios	S/	52 192	S/	52 192
Mantener Inventario	S/	-	S/	-
Reprocesos	S/	1 074	S/	503
<b>Total egresos</b>	S/	661 906	S/	548 331
<b>Flujo final</b>	<b>-S/</b>	<b>360 105</b>	S/	S/
		456 024	S/	257 991
			S/	459 467

#### 6.4. Impacto social del modelo de mejora propuesto

Se hace referencia al punto 2.1 Análisis del Macro Entorno en donde se desarrolló un análisis PESTEL en donde se habló de la fuerza Socio Cultural. Se habló de cómo la tendencia de la alimentación saludable hace que el consumidor prefiera comer alimentos de empresas que son transparentes acerca de la producción de los alimentos desde la materia prima, esto hace que las empresas agrícolas busquen evitar los productos pesticidas lo más posible y busquen alternativas sostenibles como el uso de controladores biológicos, lo que se traslada en una oportunidad para que Solagro pueda tener más clientes. Por otro lado, más universidades apuestan por incluir temas referidos a controladores biológicos en sus mallas curriculares, por lo que cada vez más personas están interesadas en ingresar al sector de elaboración de controladores biológicos.

Para el cálculo del impacto social del modelo de mejora se utilizaron dos indicadores, el Valor Bruto de Producción respecto del personal ocupado y Beneficio Costo.

El primer indicador presentado es el Valor Bruto de la Producción respecto al personal ocupado para la situación actual y la propuesta, de tal manera que se logró medir en cuanto aumentaría el Valor Bruto de la producción, esto resulta en un aumento de 3,56 veces. Ver tabla 6.14.

**Tabla 6.14***Valor Bruto de Producción respecto del personal ocupado*

	Actual	Propuesta (promedio cuatrimestre)
<b>Producción Total</b>	1200 bolsas/día	1334,33 bolsas/día
<b>Personal ocupado</b>	13 personas/día	5 personas/día
<b>Valor Bruto de Producción respecto del personal ocupado</b>	75 bolsas/persona	266,87 bolsas/persona

Finalmente, el valor del Beneficio-Costo hallado previamente en la evaluación económica, se obtuvo como resultado 2,66 soles/cuatrimestre que al ser un valor positivo reafirman la rentabilidad de la empresa.

Como se puede apreciar los dos indicadores detallados representan beneficios, estos se comparten directamente con los trabajadores y accionistas de la empresa quienes recibirían mayores utilidades por los resultados obtenidos. En este sentido el resultado se alinea a la visión de la empresa ya que los buenos resultados permitirían el crecimiento de la misma y a su vez se generarían mayores puestos de trabajo para la población local.

## 6.5. Evaluación de resultados a la luz de la aplicación de riesgos y amenazas para su implementación

Para realizar la identificación de los riesgos de la propuesta de mejora, se utilizó el software @Risk para la simulación de los resultados reales.

Primeramente, se comenzó identificando las variables de entrada de nuestro proyecto. Definimos como variables de entrada a la demanda mensual por cuatrimestre, el precio y el costo, ya que es una variable independiente indispensable para calcular el resto de las variables importantes del modelo, como lo son el Takt Time, el VAN, el TIR, etc. Adicionalmente, como la demanda es variable de acuerdo cada cuatrimestre, se trabajará cada demanda cuatrimestral como variables de entrada independientes, ya que cada cuatrimestre puede tener una variabilidad en su demanda independiente a la variabilidad de los demás cuatrimestres. Para fines de la simulación, se asignará una distribución triangular a los valores de cada demanda mensual por cuatrimestral.

De los resultados de la simulación utilizando el método de Montecarlo con un intervalo de confianza al 90% y 10000 iteraciones, el Cuatrimestre I puede tener una

demandas entre 40 743,89 y 49 752,28 bolsas de controlador biológico estándar (ver figura 6.1); de igual manera, el Cuatrimestre II puede tener una demanda entre 19 104,5 y 23 322,56 (ver figura 6.2); finalmente, el Cuatrimestre III puede tener una demanda entre 26 622,63 y 32 459,09 (ver figura 6.3). El precio puede variar entre S/ 8,56 (valor mínimo para que el producto sea viable) y S/ 10,44 (ver figura 6.4). El costo puede variar entre S/ 3,10 (valor mínimo para que el proyecto sea viable) y S/ 3,79 (ver figura 6.5). Para ver el resumen de los resultados de las variables de entrada, revisar la tabla 6.15.

**Tabla 6.15**

*Resumen de resultados para las variables de entrada*

Variable/Resultado	5%	Media	95%
Cuatrimestre I (en unidades)	42 165,1	45 260,33	48 354,33
Cuatrimestre II (en unidades)	19 767,47	21 219	22 669,29
Cuatrimestre III (en unidades)	27 525,46	29 546	31 566,08
Precio	S/ 8,85	S/ 9,5	S/ 10,15
Costo	S/ 3,21	S/ 3,34	S/ 3,68

**Figura 6.1**

*Resultados de @Risk para la variable Demanda del Cuatrimestre I (en unidades)*

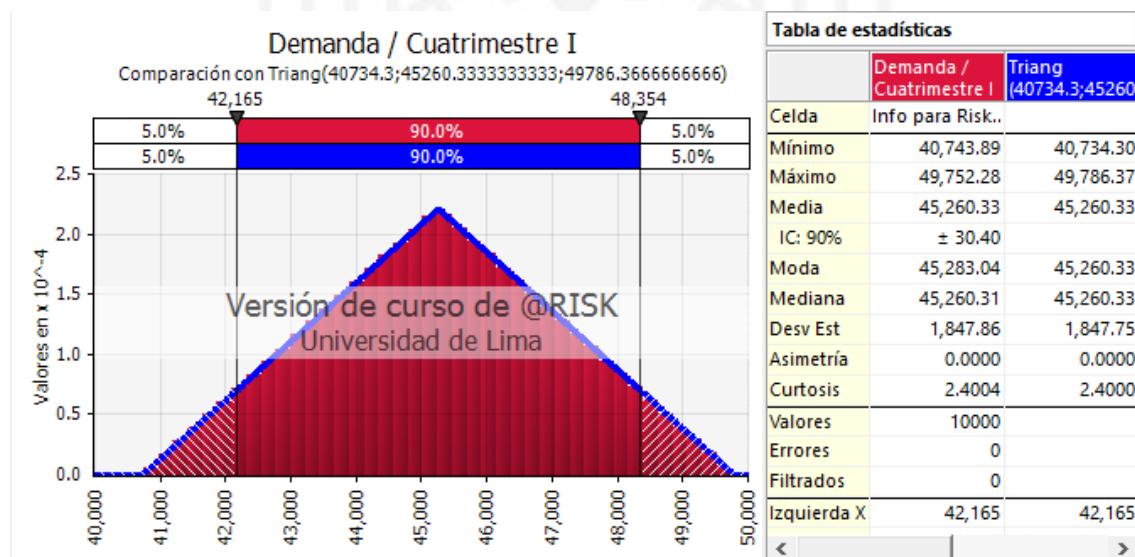
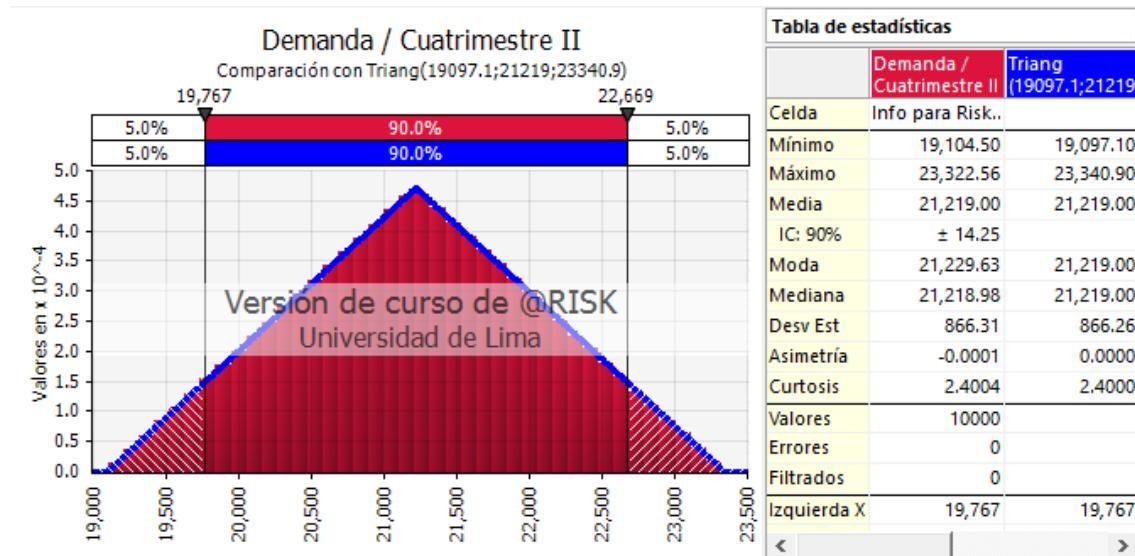


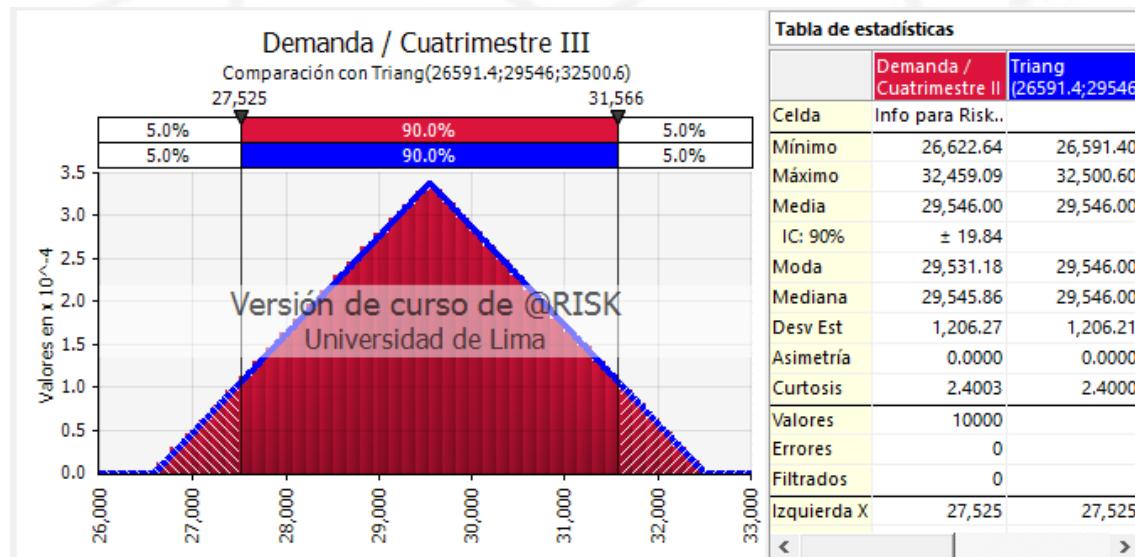
Figura 6.2

## Resultados de @Risk para la variable Demanda del Cuatrimestre II (en unidades)



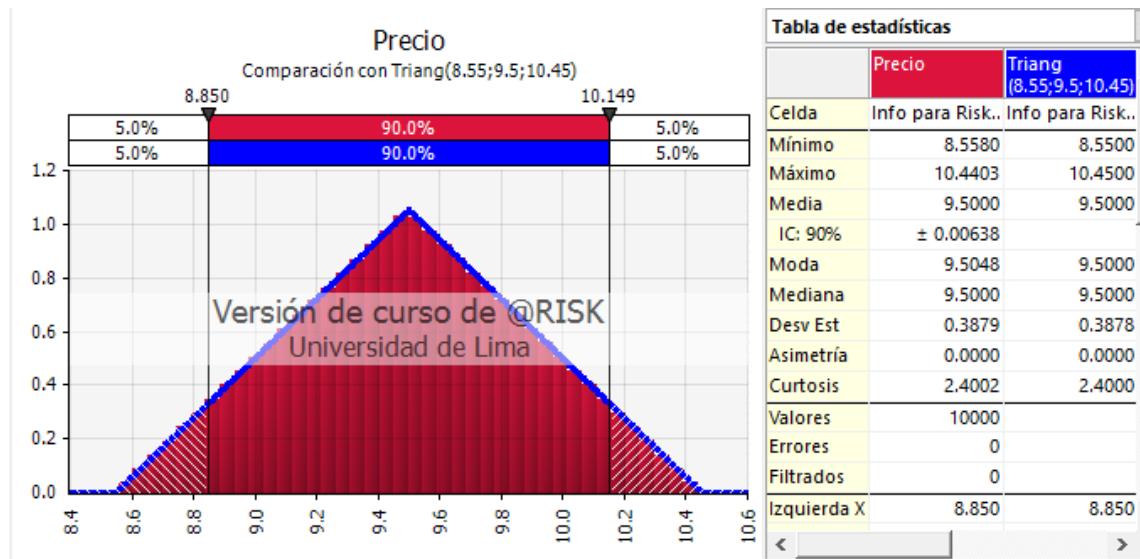
**Figura 6.3**

### Resultados de @Risk para la variable Demanda del Cuatrimestre III (en unidades)



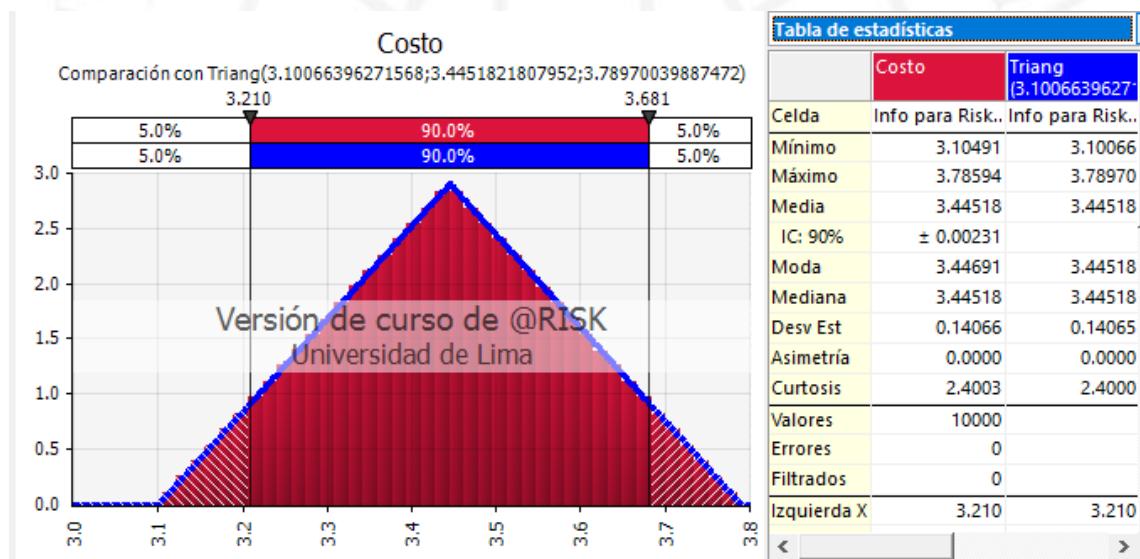
**Figura 6.4**

Resultados de @Risk para la variable Precio (en soles)



**Figura 6.5**

Resultados de @Risk para la variable Costo (en soles)



Se definieron dos variables de salida para el modelo, las cuales son el VAN y el TIR, ambos indicadores importantes en los proyectos de inversión ya que permiten evaluar la viabilidad de nuestra propuesta de mejora. Para la presente simulación, se utilizó como referencia los resultados de VAN y TIR obtenidos en la Evaluación Económica y Financiera del modelo de mejora propuesto.

Después de la ejecución de la simulación con un intervalo de confianza del 90% y 10000 iteraciones, el indicador VAN puede tener valores entre S/ 352 008,5 y S/ 117 6386 (ver figura 6.4). Considerando que el valor mínimo que puede tomar el VAN

es S/ 352 008,5 y es un valor positivo, esto significa que la actual propuesta de mejora no tiene riesgo de traer pérdidas para la empresa.

Por otro lado, gracias a la ejecución de la simulación, se obtuvo que el indicador TIR puede tener valores entre 48,57% y 151,48% (ver figura 6.5). Considerando que ambos resultados son mayores al COK asociado, el cual tiene un valor cuatrimestral de 3,49%, la presente propuesta de mejora no presenta riesgos de traer pérdidas para la empresa.

Para ver el resumen de resultados de las variables de salida, revisar la tabla 6.16.

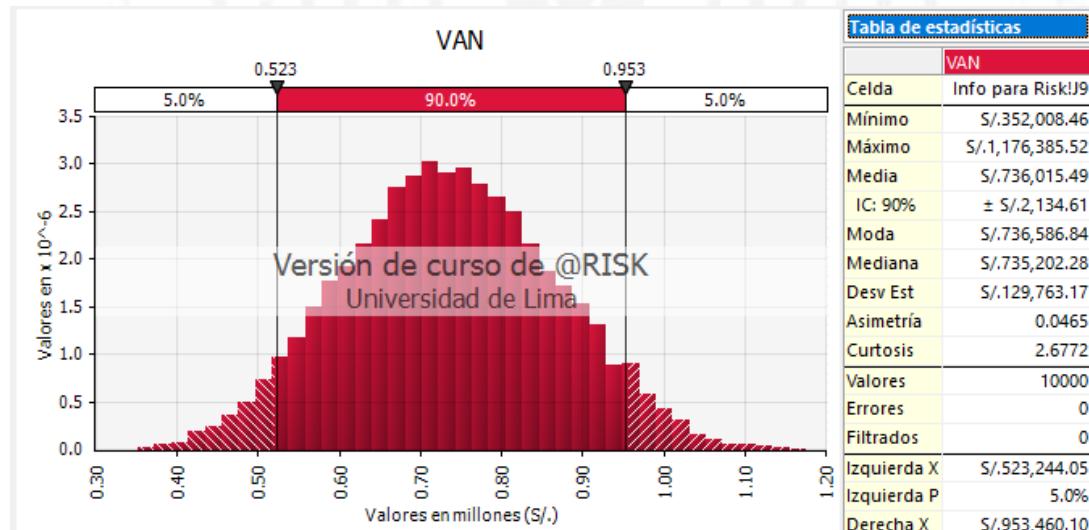
**Tabla 6.16**

*Resumen de resultados para las variables de salida*

Variable/Resultado	5%	Media	95%
VAN	523 244,1	736 015,5	953 460,1
TIR	70,89%	96,2%	122,13%

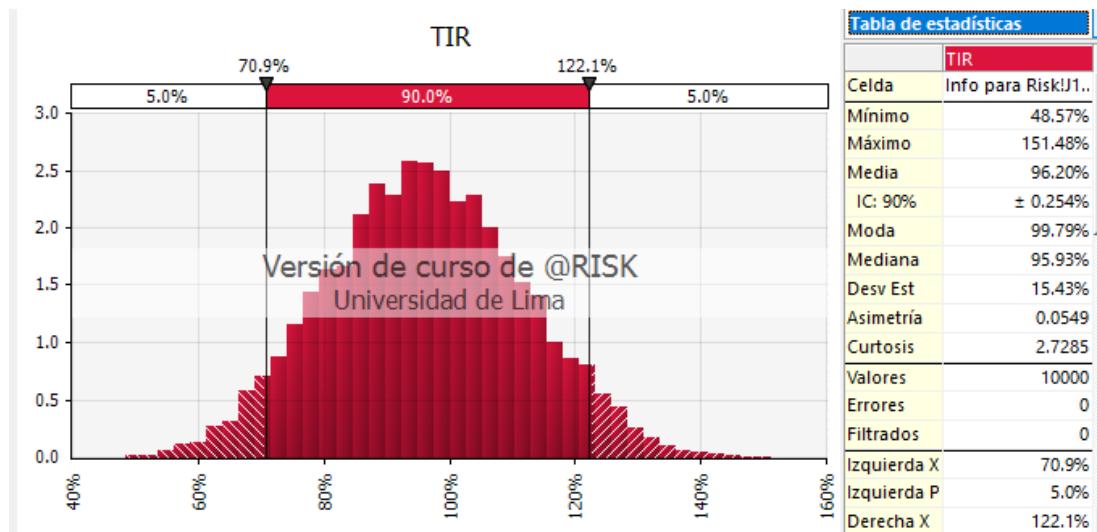
**Figura 6.6**

*Resultados de @Risk para la variable VAN*



**Figura 6.7**

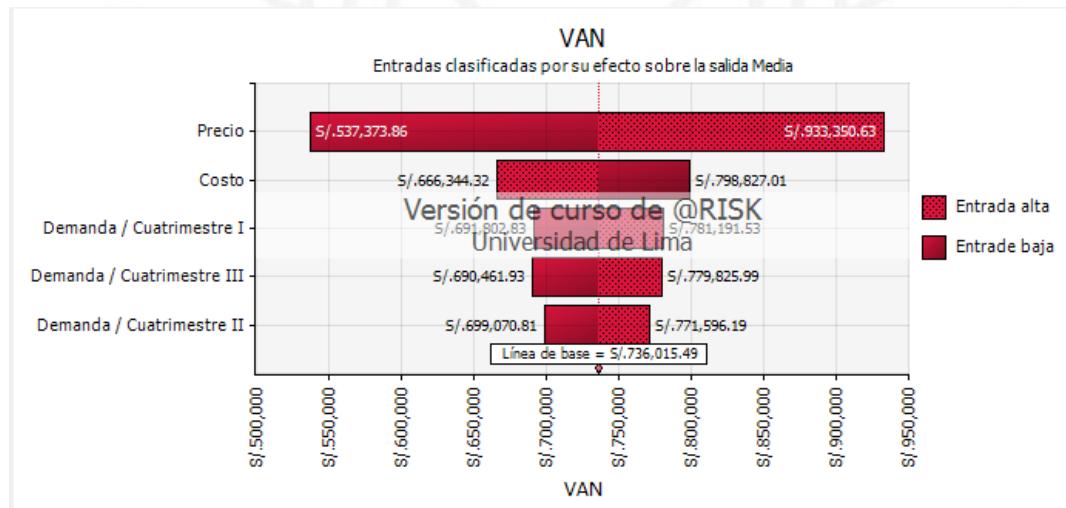
Resultados de @Risk para la variable TIR



Finalmente, se analizó el impacto que tiene cada una de las variables de entrada en las variables de salida VAN y TIR. De acuerdo a los resultados de la simulación, la variable de entrada Precio fue la que tiene mayor impacto sobre ambas variables de salida. Ver figuras 6.8 y 6.9.

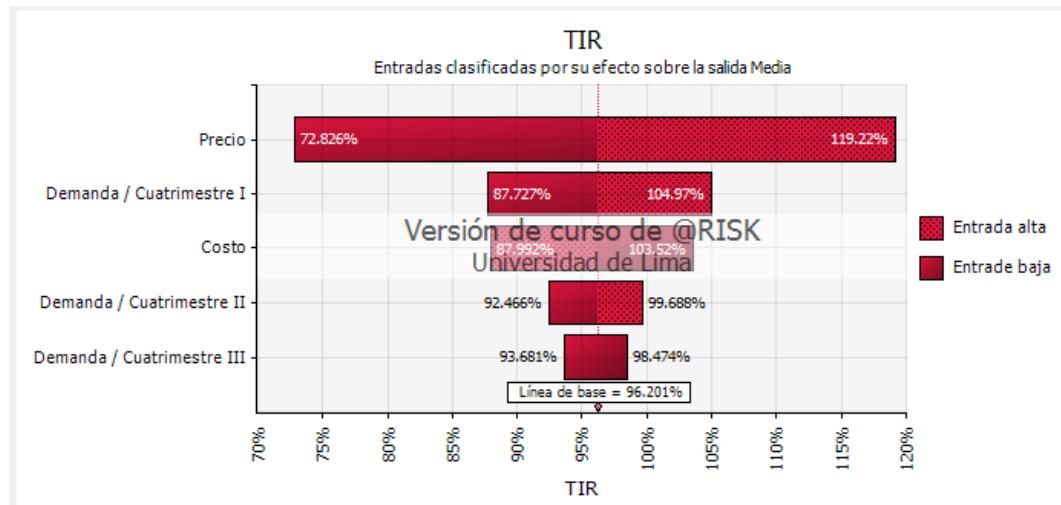
**Figura 6.8**

Impacto de las variables de entrada en la variable VAN



**Figura 6.9**

Impacto de las variables de entrada en la variable TIR



Se pudo apreciar, luego de haber realizado distintas evaluaciones para validar su factibilidad, que la presente propuesta de mejora es beneficiosa para la empresa y no presenta algún riesgo de tener pérdidas, por lo que se espera que pueda ser aplicada a la mayor brevedad posible para que la empresa pueda mejorar su competitividad en el sector y pueda mejorar aún más su servicio post venta para el cliente, el cual es su mayor ventaja competitiva.

## CONCLUSIONES

- El presente estudio de Tesis concluye en que es viable realizar una mejora en la empresa SOLAGRO SAC mediante herramientas de Lean Manufacturing ya que los resultados hallados fueron favorables tanto técnica, económica, como socialmente, estos se pueden corroborar a través de las distintas herramientas de análisis elaboradas.
- Según el análisis externo e interno de la empresa se pudo concluir que la problemática actual, que se ve reflejada en la disminución de la utilidad neta de forma paulatina (2017: 15%, 2018: 12% y 2019: 11%), la baja rotación de inventarios, el cuál incrementa en 21,3% cada mes y el pronóstico de ventas no es exacto y el 33% de las ventas en la empresa se dan por emergencia.
- A través del análisis de la cadena de valor mediante el uso de un Value Stream Mapping (VSM) se encontró que el principal problema asociado al proceso productivo es la demora en producción, ya que el tiempo de valor agregado del proceso representa apenas el 0,11% del total del Lead Time que es de 53,36 horas.
- Se realizó un análisis de causa raíz del problema Demora en producción apoyándose en el Análisis Thibaut. De la cual se llegó a la conclusión que las principales causas raíz del problema son: Falta de estándares y controles de producción, Inadecuada planificación de producción e Inadecuada distribución del ambiente de producción.
- A partir de las causas raíz analizadas, se evaluaron de forma cualitativa y cuantitativamente, dos alternativas de solución: Nivelación de la producción utilizando Heijunka y Automatización del proceso. Del análisis elaborado se concluye que la alternativa Nivelación de la producción utilizando Heijunka tiene mayor puntaje que la alternativa Automatización del proceso, por lo es la escogida para implementar dentro de la empresa Solagro.
- Como resultado de la mejora se obtuvo un B/C de 2,66 y un VAN de 736 044,02 soles, el cual, al ser positivo, rectifica la viabilidad del proyecto. Por otro lado, para la evaluación de resultados y con el uso del software ARENA, se desarrolló una simulación de escenarios, actual y futuro; de tal manera que, para el escenario futuro propuesto a partir de la mejora, se demuestra una reducción del 98,47% del lead time del proceso.

## RECOMENDACIONES

- Actualmente, la Tesis realizada es un estudio de mejora a nivel básico, por lo que se recomienda pasar a la siguiente etapa y realizar un estudio piloto para poder validar los resultados hallados a través de las distintas herramientas de análisis y simulación. De manera que, a partir de estos resultados, se pueda proceder con aplicar la mejora en la empresa SOLAGRO SAC.
- Como recomendación para posteriores investigaciones similares y en caso se tenga dificultades en la elección del área en el cual se deba enfocar la mejora, es de mucha utilidad el uso de la herramienta de diagnóstico “Factorial de Klein”, ya que esta permite considerar las opiniones de los directivos de la empresa y según el análisis correspondiente, llegar a la conclusión del área que se percibe como la más idónea para desarrollar una mejora.
- Para continuar reduciendo el Lead Time de producción, se recomienda comprar una Faja Transportadora, logrando de esta manera mecanizar la primera etapa del proceso (procesamiento y homogeneizado). Además, con esto, se logrará eliminar el segundo cuello de botella que es el homogenizado, ya que con esto no es necesario el reposo del lote puesto a que la faja transportadora incluirá un dosificador.
- Después de la implementación de la mejora, es recomendable evaluar el comportamiento del nuevo proceso con el fin de proponer nuevas soluciones, de acuerdo con nuevas causas raíz que se encuentren en el desarrollo del proceso, logrando así mantener una cultura de mejora continua del proceso.
- Se recomienda realizar la toma de tiempos en las etapas de producción de tres lotes no consecutivos, para que a partir de estos se pueda hallar una variabilidad más confiable que será considerada en la simulación de ambos escenarios (actual y futuro) que será desarrollada con la herramienta de ARENA. De esta manera, se lograrán obtener resultados de mayor confiabilidad y semejanza a la realidad.
- Finalmente, se ha observado que la misión de la empresa podría mejorarse definiendo y considerando todos los factores relacionados a su desempeño, a esta se podría adicionar el propósito de la misma ya que la empresa no soluciona problemas medioambientales.

## REFERENCIAS

Alvarado Vargas, F. (04 de Diciembre de 2014). *¿Son "lean" las empresas en el Perú?* conexionesan. <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2014/12/04/son-lean-empresas-en-peru/>

Andersen, M. y Pazderka, C. (2003). *¿Es la certificación algo para mí?* Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación. Unidad Regional de Asistencia Técnica.

Arroyo, P., y Vasquez, R. (2016). *Ingeniería Económica ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto?* Universidad de Lima, Fondo Editorial.

Bienfang, M. (s.f.). *Root Cause Analysis with the 5.*

[https://www.ibm.com/devops/method/content/manage/practice\\_root\\_cause\\_analysis\\_using\\_5\\_whys/](https://www.ibm.com/devops/method/content/manage/practice_root_cause_analysis_using_5_whys/)

*Disolución del Congreso en Perú: 4 claves para entender el enfrentamiento entre Vizcarra y el Parlamento (y lo que puede pasar ahora).* (30 de setiembre de 2019). *BBC News Mundo.* <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-49887706>

Cabarcas Reyes, J., Wilches-Arango, M., Forero Chaves, A., y Molina Sanmiguel, S. (2011). Análisis y mejoramiento de la cadena de valor de la línea de producción de láminas de una empresa del sector metalmecánico mediante la aplicación de herramientas de manufactura Lean. *INGE CUC*, 7(1), 27-42. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/275>

El 49% de los peruanos sigue dietas bajas en grasa, ubicándose en el segundo lugar en latinoamérica. (05 de Octubre de 2016). *The Nielsen Company.* <http://www.nielsen.com/pe/es/insights/news/2016/El-49-por-ciento-de-los-peruanos-sigue-dietas-bajas-en-grasa.html>

Plagas y enfermedades de las plantas. (s.f.). *FAO. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* <http://www.fao.org/emergencies/tipos-de-peligros-y-de-emergencias/plagas-y-enfermedades-de-las-plantas/es/>

Fischbein, D. (2012). *Introducción a la teoría de control biológico de plagas.* Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [https://www.academia.edu/14419882/Ediciones\\_Manejo\\_Integrado\\_de\\_Plagas\\_Forestales\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_teor%C3%ADA\\_del\\_control\\_biol%C3%BDgico\\_de\\_plagas](https://www.academia.edu/14419882/Ediciones_Manejo_Integrado_de_Plagas_Forestales_Introducci%C3%B3n_a_la_teor%C3%ADA_del_control_biol%C3%BDgico_de_plagas)

GlobalGAP. (s.f.). *Requisitos GlobalGAP para productores.* <http://www.globalgap.org/es/what-we-do/globalg.a.p.-certification/>

Gobernador Llempén: La Libertad será en 2020 líder en inversión con desarrollo social. (1 de Enero de 2019). *Andina.* <https://andina.pe/agencia/noticia-gobernador->

llemacen-libertad-sera-2020-lider-inversion-desarrollo-social-737760.aspx#:~:text=1.,y%20privada%20con%20desarrollo%20social.

Hamel, G. (30 de Junio de 2018). ¿Qué significa un valor actual neto positivo al evaluar proyectos a largo plazo?. *La Voz de Houston* . <https://pyme.lavoztx.com/que-significa-un-valor-actual-neto-positivo-al-evaluar-proyectos-largo-plazo-13967.html>

Infante, E. y Erazo, D. (2013). *Propuesta de mejoramiento de la productividad de la línea de camisetas interiores en una empresa de confecciones por medio de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial, Universidad de San Buenaventura Cali]. Biblioteca Digital Universidad de San Buenaventura Cali. [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2212/1/Propuesta\\_Productividad\\_Camisetas\\_Manufacturing\\_Infante\\_2013.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2212/1/Propuesta_Productividad_Camisetas_Manufacturing_Infante_2013.pdf)

Rentabilidad del bono Estados Unidos 10 años. (s.f.). *Investing.com*. <https://es.investing.com/rates-bonds/u.s.-10-year-bond-yield>

León, J. (02 de Enero de 2019). Principales avances en el sector agrario en el 2018. *Agencia Agraria de Noticias*. <https://agraria.pe/noticias/principales-avances-en-el-sector-agrario-en-el-2018-18130>

Lima Orgánica: "el mercado de comida saludable ha evolucionado favorablemente por la demanda del público". (4 de abril de 2017). *Gestión*. <https://gestion.pe/tendencias/lima-organica-mercado-comida-saludable-evolucionado-favorablemente-demanda-publico-132445-noticia/>

Lloyd's Register. (s.f.). *GlobalGAP Protocolo de Buenas Prácticas*. <http://www.lrqa.es/certificaciones/globalgap-norma-seguridad-alimentaria/>

Mariátegui, L. (06 de Noviembre de 2018). Agroindustria y desarrollo regional. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/economia/opinion/agroindustria-desarrollo-regional-lenadro-mariategui-noticia-574885>

McElroy, D. (Agosto, 2017). Root Cause Analysis. Get at the core. Dig deeper to find the real root cause of a defect. *Qualityprogress.com*, 16-20. <https://getitright.uk.com/live/files/resources/7-get-at-the-core-devin-mcelroy-135.pdf>

Meléndez, D. (2017). Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijas en la empresa QROMA S.A. [Tesis de licenciatura, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/5316>

Montoya, K (15 de abril de 2020). Perú es la economía con menor riesgo país en América Latina. *Mercados & Regiones* <https://mercadosyregiones.com/>

Minagri: El Niño costero deja entre 6,000 y 7,000 agricultores afectados. (29 de Marzo de 2017). *Radio Programas del Perú*. <https://rpp.pe/economia/minagri-el-nino-costero-deja-entre-6000-y-7000-agricultores-afectados-noticia-1040323>

Ministerio de Agricultura y Riesgo. (2016). *Política Nacional Agraria*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/p-agraria/politica-nacional-agraria.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo Colombia & ProExport Colombia. (2006). *Guía para exportar a Reino Unido*. [http://www.britishandcolombianchamber.com/files/resourcesmodule/@random46b05416b7f9e/1185961737\\_Guia\\_para\\_Exportar\\_al\\_Reino\\_Unido\\_\\_\\_Proexport.pdf](http://www.britishandcolombianchamber.com/files/resourcesmodule/@random46b05416b7f9e/1185961737_Guia_para_Exportar_al_Reino_Unido___Proexport.pdf)

Ministerio de Desarrollo de Agrario y Riego. (2019). *El sector agropecuario creció 7.5% en el 2018*. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/25729-el-sector-agropecuario-crecio-7-5-en-el-2018>

Minitab. (01 de Julio de 2018). *Soporte Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/distributions/triangular-distribution/>

Moreno, N. (25 de Marzo de 2018). *¿Con qué tasa se descuentan los flujos de un proyecto: COK o WACC?* [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/rd\\_bd4000.nsf/vSeccionRevistaWeb/8E2EF74D0283C409052570D0005DC388?OpenDocument&ID=econom%C3%ADA&dn=1.2](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/rd_bd4000.nsf/vSeccionRevistaWeb/8E2EF74D0283C409052570D0005DC388?OpenDocument&ID=econom%C3%ADA&dn=1.2)

Mostajo, G. (2018). *Plan Nacional de Cultivos*. [https://agromoquegua.gob.pe/doc/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_CULTIVOS\\_2018-2019](https://agromoquegua.gob.pe/doc/PLAN_NACIONAL_DE_CULTIVOS_2018-2019)

New York University Leonard N. Stern School of Business. (s.f.). *Betas by Sector (US)*. [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

Quiceno Lopez, P. F. (2010). *Estudio de Métodos y Tiempos aplicando procedimientos de los "Procesos Misionales" de la empresa social del estado Hospital Universitario de Santander*. [Informe final de práctica no publicado] Universidad Pontificia Bolivariana.

Rajadell, M., y Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Diaz de Santos.

Reyes, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, 205(2), 51-69. <https://www.redalyc.org/pdf/395/39520506.pdf>

Riesgo país de Perú se mantiene y cerró en 1.13 puntos porcentuales. (12 de Noviembre de 2020). *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/>

S&P/BVL Peru Select Index. (2021). *S&P/BVL Peru Select Index*. <https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-bvl-peru-select-index>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (26 de Enero de 2017). *Controladores biológicos alternativa ecológica para el manejo integrado de plagas en cultivo*

*de Quinua.* <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/controladores-biologicos-alternativa-ecologica-para-el-manejo-integrado-de-plagas-en-cultivo-de-quinua/>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (4 de Mayo de 2017). *Senasa: Aplicación de controladores biológicos en cultivos de palma aceitera.* <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-aplicacion-de-controladores-biologicos-en-cultivos-de-palma-aceitera/>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (s.f.). *Control Biológico.* <https://www.senasa.gob.pe/senasa/control-biologico-2/>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (s.f.). *Guía de Aplicación Del Sistema APPCC (HACPP).*

Soluciones Agrosostenibles. (2018). *Ficha Técnica.* Trujillo.

ThePowerMBA. (04 de Marzo de 2019). *Las 5 fuerzas de Porter: análisis de las fuerzas competitivas de una empresa.* <https://thepowermba.com/es/business/las-5-fuerzas-de-porter/>

Torres Vega, P. (2016). *Simulación de Sistemas con el software Arena.* Universidad de Lima. Fondo Editorial.

Womack, J. y Jones, D. (1996). *Lean Thinking, Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.* Gestión 2000

## BIBLIOGRAFÍA

Aumento del sueldo mínimo incide en beneficios laborales. (23 de Marzo de 2018). *El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/64992-aumento-del-sueldo-minimo-incide-en-beneficios-laborales>

CPPC: conoce más sobre esta variable financiera. (16 de Setiembre de 2019). *ConexiónESAN*. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/09/cppc-conoce-mas-sobre-esta-variable-financiera/>

Cuatro años de carcel para Daniel Marcelo por direccionar compra de bloqueadores. (23 de abril de 2019). *MacroNorte.pe*. <https://macronorte.pe/2019/04/23/4-anos-de-carcel-para-daniel-marcelo-por-direccionar-compra-de-bloqueadores/>

¿Cómo se calculan las horas extra?. (01 de Octubre de 2018). *Gestión*. <https://gestion.pe/tu-dinero/calculan-horas-extras-221817-noticia/>

Equity Beta and Asset Beta By Sector. (7 de marzo de 2019). *Economática*. <https://valuereports.economatica.com/equity-beta-and-asset-beta-by-sector/>

Qué es el WACC y para qué sirve. (21 de Octubre de 2019). *EmpresaActual.com*. <https://www.empresaactual.com/el-wacc/>

Universidad Nacional Agraria La Molina. (2011). *Maestría en Manejo Integral de Plagas*. <http://www.lamolina.edu.pe/Postgrado/manejoplagas/plagas.htm>

Universidad Privada Antonio Orrego. (2019). *Maestría en Protección de Cultivos*. [http://www.upao.edu.pe/Posgrado/?mod=mod\\_pos&f=sec-mae&s=MAPC](http://www.upao.edu.pe/Posgrado/?mod=mod_pos&f=sec-mae&s=MAPC)

## ANEXOS

## Anexo 1: Encuesta de desempeño funcional

Mediante la presente encuesta se pretende determinar el desempeño actual de la empresa. Se pide su gentil colaboración ya que la información recolectada será utilizada con fines académicos.

Instrucciones:

1. Se mostrará una tabla con diversos indicadores agrupados por área.
2. En la siguiente tabla colocar un Aspa (X) en el recuadro que usted cree conveniente.

	Bueno	Regular	Malo	No Aplica
<b>Área de Mercadeo</b>				
Rentabilidad de las ventas				
Participación de ventas				
Gestión de reclamos				
Gestión de servicio al cliente				
Eficiencia de área				
<b>Área de Administración y Finanzas</b>				
Gestión del capital de trabajo				
Gestión de crédito y cobranza				
Gestión de cuentas por pagar				
Gestión de financiamiento				
Rentabilidad del capital				
Rentabilidad de las ventas				
<b>Área logística</b>				
Planificación de inventarios				
Rotación de inventarios				
Cumplimiento de nivel de servicio				
Control de desperdicios				
Gestión de distribución				
<b>Área del personal</b>				
Gestión de accidentes				
Rotación de mano de obra				
Rendimiento de la mano de obra				
Nivel de ausentismo				

Nivel de capacitación	Área de producción
<b>Productividad</b>	
Gestión de mantenimiento	
<b>Eficiencia de máquinas</b>	
Gestión de calidad	
<b>Nivel de desperdicios</b>	
Uso de la capacidad de producción	
<b>Cumplimiento del plan de producción</b>	

Para el cálculo del indicador de Efectividad del factorial de Klein, se debe tomar en cuenta la fórmula mencionada en el Marco Conceptual de la introducción de la tesis. En donde se asigna 1 punto por Muy Adecuado,  $\frac{1}{2}$  punto por Adecuado y  $\frac{1}{4}$  punto por Poco Adecuado.

La primera encuesta representa la encuesta llenada por la Gerente General, la segunda encuesta fue llenada por el Administrador General y la tercera, por la Jefe de Operaciones.

Para el área de Mercadeo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspecto	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3
Rentabilidad de las ventas	Adecuado	Adecuado	Muy Adecuado
Participación de ventas	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Gestión de reclamos	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Gestión de servicio al cliente	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Total	0,75	0,75	0,875
Eficiencia del área	$(0,75 + 0,75 + 0,875) / 3 = 79,17\%$		

Para el área de Administración y Finanzas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspecto	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3
Gestión de Capital de Trabajo	Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Gestión de crédito y cobranzas	Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Gestión de cuentas por pagar	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Gestión de Financiamiento	Adecuado	Adecuado	Muy Adecuado
Rentabilidad de Capital	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Rentabilidad de Ventas	Muy Adecuado	Adecuado	Muy Adecuado

Total	0,75	0,833	0,92
Eficiencia del área	$(0,75+0,833+0,92) / 3 = 83,33\%$		

Para el área de Logística, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspecto	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3
Planificación de inventarios	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Rotación de inventarios	Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Cumplimiento de nivel de servicio	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Control de despilfarro	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Gestión de Distribución	Muy Adecuado	Adecuado	Muy Adecuado
Total	0,8	0,8	0,8
Eficiencia del área	$(0,8+0,8+0,8) / 3 = 80\%$		

Para el área de Personal, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspecto	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3
Gestión de accidentes	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Rotación de mano de obra	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Rendimiento de la mano de obra	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Nivel de Ausentismo	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Nivel de Capacitación	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Total	1	1	0,8
Eficiencia del área	$(1+1+0,8) / 3 = 93,33\%$		

Para el área de Producción, se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspecto	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3
Productividad	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Gestión de Mantenimiento	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Eficiencia de Máquinas	Adecuado	Muy Adecuado	Adecuado
Gestión de la Calidad	Muy Adecuado	Adecuado	Muy Adecuado
Nivel de Despilfarro	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Uso de la capacidad de producción	Muy Adecuado	Muy Adecuado	Muy Adecuado
Cumplimiento del plan de producción	Adecuado	Adecuado	Adecuado

---

Total	0,7857	0,7857	0,7143
Eficiencia del área	$(0,7857+0,7857+0,7143) / 3 = 76,19\%$		

---



## Anexo 2: Toma de tiempos del proceso de producción de una bolsa de controlador biológico estándar

Durante las visitas que realizamos a las instalaciones de Solagro SAC, se realizó una toma de tiempos a las distintas actividades que conforman el proceso de producción de una bolsa de controlador biológico durante un periodo de 3 días.

### **Llenado de Bolsas**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 10,97 segundos y una desviación estándar de 2,85 segundos.

Día	1	2	3
1	10,73	11,9	12,95
2	11	9,62	12,75
3	6,56	8,53	12,51
4	16,36	12,3	12,15
5	12,22	8,22	12,08
6	9,66	11,36	11,85
7	10,9	10,06	11,75
8	13,1	12,3	11,35
9	8,53	8,8	8,11
10	10,62	10,19	11,05
11	23,82	9,91	11,01
12	13,59	9,51	10,78
13	9,07	14,15	10,5
14	12,2	7,78	10,49
15	10,72	9,65	10,31
16	10,15	8,93	10,3
17	8,79	13,03	10,12
18	23,8	8,9	9,93
19	15,84	9,58	9,86
20	11,64	12,7	9,83
21	20,54	8,22	9,79
22	13,22	11,39	9,63
23	13,92	12,2	9,46
24	11,17	11,2	9,39
25	9,32	10,58	9,33
26	8,63	13,38	9,15
27	8,93	10,6	8,88
28	7,56	9,43	8,86
29	8,49	12,02	8,62
30	12,37	11,33	8,53

### **Humedecido**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 4,47 segundos y una desviación estándar de 0,59 segundos.

Día	1	2	3
1	3,35	4,03	4,14
2	4,77	3,76	4,48
3	5,53	4,26	4,15
4	4,4	5,18	4,09
5	4,05	4,59	4,36
6	4,4	5,08	5,03
7	6,39	4,68	4,46
8	3,23	4,22	4,6
9	3,89	5,18	4,17
10	4,73	4,4	3,11
11	3,56	4,62	3,36
12	5,09	3,96	3,83
13	4,43	4,23	4,83
14	3,55	4,66	4,91
15	4,52	4,65	5,43
16	3,48	4,93	4,56
17	4,56	4,73	4,53
18	4,43	4,36	4,23
19	3,73	4,12	4,38
20	3,82	4,13	4,6
21	4,29	4,33	3,76
22	5,2	4,98	5,48
23	4,23	4,13	4,63
24	4,79	4,86	4,85
25	3,83	4,66	4,4
26	4,2	4,26	5,63
27	4,26	3,98	4,95
28	5,4	5,42	5,45
29	4,85	3,8	5,52
30	4,53	4,48	4,16

### **Sellado**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 3,73 segundos y una desviación estándar de 1,52 segundos.

Día	1	2	3
1	4,52	2,54	3,6
2	3,29	3,39	2,85
3	3,57	5,9	3,73
4	3,2	3,15	3,43
5	3,2	3,66	3,15
6	2,72	4,18	2,43
7	2,73	2,82	4,86
8	2,02	2,92	3,92
9	4,2	3,15	3,45
10	2,15	14,8	3,06
11	2,87	4,42	2,55
12	3,43	6,48	2,95
13	3,3	4,33	2,51
14	4,12	4,31	4,61
15	4,87	3,5	3,28
16	2,8	4,25	3,6
17	4,35	2,86	4,51
18	3,79	3,15	2,45
19	8,65	3,03	2,92
20	3,69	3,74	4,19
21	4,08	3,25	3,05
22	2,96	4,68	3,48
23	3,45	4,5	3,96
24	2,59	3,25	2,99
25	3,22	3,45	5,35
26	3,37	2,78	3,9
27	3,54	4,62	3,05
28	4,2	2,58	4,21
29	3,6	2,86	2,48
30	4,15	4,36	3,52

### **Sellado**

Para esta actividad se tomó una muestra de 15 observaciones con una cantidad de 2 o 3 bolsas por observación y se obtuvo un promedio de 3,38 segundos y una desviación estándar de 0,96 segundos.

Dia	1			2			3		
	Obs	Tiempo	Cantidad	Tiempo	unitario	Tiempo	unitario	Tiempo	unitario
1	4,56		2	2,28	5,7		2	2,85	5,72
2	14		3	7	5,33		2	2,665	7,69
3	6,8		3	3,4	6,3		2	3,15	7,76
4	6,2		2	3,1	7,35		2	3,675	5,83
5	5,9		2	2,95	5,96		2	2,98	4,98
6	9,32		3	4,66	6,35		2	3,175	6,23
7	6,32		2	3,16	4,03		2	2,015	5,73
8	10,7		3	5,35	7,09		2	3,545	6,36
9	9,59		3	4,795	5,7		2	2,85	6,01
10	10,62		3	5,31	5,96		2	2,98	6,23
11	5,4		2	2,7	8,2		2	4,1	8,5
12	4,1		2	2,05	6,15		2	3,075	5,95
13	6,59		2	3,295	4,93		2	2,465	7,13
14	10,2		3	5,1	5,26		2	2,63	6,7
15	5,53		2	2,765	5,9		2	2,95	5,42

### **Homogenizado y Esterilizado**

Para las actividades de Homogenizado y Esterilizado no se realizó una toma de tiempos debido a que son actividades con duraciones constantes de 12 a 16 horas y 1 hora respectivamente.

### **Empacado**

Para esta actividad se tomó una muestra de 10 observaciones con una cantidad de 30 bolsas por observación y se obtuvo un promedio unitario de 1,39 segundos y una desviación estándar de 0,59 segundos.

Día	1	2	3
1	106,27	39,8	51,7
2	36,28	39,53	42,17
3	55,08	64,75	42,75
4	33,55	32,43	49,53
5	47,51	39,88	42,68
6	31,55	34,75	41,57
7	40,26	39,09	45,2
8	33,19	39,1	42,65
9	23,87	36,21	50,24
10	26,39	36,8	42,89

### **Oreo**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 7,41 segundos y una desviación estándar de 2,78 segundos.

Día	1	2	3
1	7,77	4,96	5,39
2	8,63	9,04	4,81
3	11,86	4,1	4,5
4	10,93	5,18	4,48
5	13,23	7,07	4,49
6	11,74	8,17	4,13
7	9,7	9	5,92
8	14,31	6,55	15,58
9	11,33	7,76	8,15
10	10,12	8,43	4,72
11	12,85	6,1	4,97
12	9,64	5,7	3,74
13	8,44	6,92	4,58
14	10,42	8,27	4,21
15	8,59	6,1	3,95
16	11,42	5,7	5,17
17	11,85	6,92	2,93
18	12,62	4,91	4,38
19	14,4	8,92	7,03
20	9,54	7,61	4,75
21	9,39	6,71	5,59
22	8,6	7,15	5,18
23	7,46	7,68	4,43
24	6,76	7,87	5,3
25	8,27	7,97	3,94
26	9,07	8,47	4,27
27	9,3	7,18	4,1
28	7,72	7,57	4,97
29	5,8	8,02	3,74
30	7,75	7,22	4,58

### **Corte**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 5,25 segundos y una desviación estándar de 0,78 segundos.

Día	1	2	3
1	5,52	4,67	4,92
2	5,06	5,9	4,77
3	5,4	5,23	3,42
4	5,96	4,87	4,35
5	5,29	4,95	5,28
6	5,72	4,8	5,02
7	4,9	5,15	4,02
8	4,66	5	4,32
9	5,16	5,09	4,7
10	6,56	4,69	4,82
11	5,6	4,95	5,12
12	7,39	5,33	5,16
13	9,82	6,56	5,56
14	4,63	6,49	5,86
15	4,8	5,35	5,25
16	4,67	4,76	6,02
17	5,02	4,9	5,55
18	4,93	5,45	4,4
19	5,66	4,85	5,76
20	5	5,8	4,76
21	4,49	5,29	5,73
22	5,63	5,22	5,22
23	5,62	4,22	5,42
24	5,52	5,07	5,8
25	5,63	4,5	4,72
26	6,2	5,37	5,35
27	6,1	5,05	5,22
28	4	4,39	4,97
29	5,13	5,9	5,22
30	5,29	5,49	5,4

### **Rotulado**

Para esta actividad se tomó una muestra de 3 observaciones con una cantidad entre 15 y 17 bolsas por observación y se obtuvo un promedio de 0,6 segundos y una desviación estándar de 0,075 segundos.

Día	1			2			3		
	tiempo	cantidad	tiempo unitario	tiempo	cantidad	tiempo unitario	Tiempo	cantidad	tiempo unitario
1	8,07	15	0,538	8,72	17	0,52	11,26	17	0,66
2	9,84	15	0,656	8,33	16	0,52	9,6	14	0,69
3	9,7	15	0,65						

## **Siembra**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 4,86 segundos y una desviación estándar de 0,72 segundos.

Día	1	2	3
1	3,25	6,87	4,92
2	4,23	5,57	4,47
3	3,26	5,67	7,23
4	4,1	4,4	5,4
5	4,59	5,17	5,49
6	4,59	4,73	5,13
7	4,8	5,55	4,8
8	4,37	4,45	5,42
9	4,37	4,72	4,35
10	7,5	4,13	4,63
11	4,9	5,33	4,52
12	4,32	5,2	4,63
13	4,82	6,56	5,47
14	5,59	4	4,59
15	4,3	5,7	4,8
16	5,46	4,29	4,6
17	4,57	4,53	5,37
18	5,03	4,63	4,62
19	4,83	4,22	5
20	4,75	4,03	4,07
21	5,43	4,73	4,66
22	5,22	4,6	4,49
23	4,53	4,82	3,92
24	4,4	4,77	4,7
25	4,8	6,06	4,63
26	5,1	4,85	4,59
27	5,56	4,7	4,6
28	4,8	3,85	5,09
29	4,97	5,79	5,49
30	5,12	4,67	3,53

## **Engrapado**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 3,70 segundos y una desviación estándar de 0,94 segundos.

Día	1	2	3
1	4,08	3,63	2,73
2	3,33	3,26	7,45
3	2,65	4,06	3,66
4	3,15	4,12	3,17
5	4,45	5,36	3,63
6	2,15	3,77	3,4
7	4,13	5,43	3,02
8	3,89	3,82	2,9
9	2,5	3,86	3,6
10	3,35	2,36	4,35
11	3,55	4,36	4,12
12	3,6	3,79	3,17
13	3,68	3,53	3,43
14	4,25	2,52	3,56
15	3,1	3,75	2,88
16	4,15	3,93	3,2
17	3,62	3,43	3,13
18	2,79	3,67	3,22
19	6,46	2,86	4,13
20	2,55	3,8	3,69
21	4,22	3,2	4,17
22	3,4	4,24	4,5
23	2,52	5,92	3,32
24	6,7	5,67	3,46
25	3,23	3,22	2,45
26	3,22	3,5	2,52
27	3,47	3,42	2,81
28	3,76	3,05	5,3
29	4,33	4,82	3,7
30	3,43	3,13	3,15

### **Agitado final**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 3,70 segundos y una desviación estándar de 0,94 segundos.

Día	1	2	3
1	5,59	3,77	3,12
2	5,03	3,32	4,09
3	4,8	4,41	2,05
4	4,32	4,4	3,83
5	4,9	4,02	3,42
6	4,45	4,02	4,4
7	4,92	4,3	3,88
8	4,63	2,52	4
9	4,52	2,6	6,5
10	5,47	3,71	4,56
11	4,6	3	3,05
12	3,89	3,16	3,15
13	3,93	4,13	3,42
14	3,32	3,73	3,13
15	3,86	3,3	3,83
16	4,02	3,47	3,37
17	4,53	4,16	3,3
18	4,09	3,55	3,59
19	2,17	4,19	3,99
20	4,23	4,62	3,79
21	4,95	2,95	3,77
22	3,89	3,53	3,86
23	3,7	3,36	4,15
24	4,06	3,23	3,55
25	3,46	3,79	4,87
26	3,73	3,43	3,93
27	3,43	3,71	3,65
28	3,23	2,82	2,86
29	3,9	6,03	3,95
30	4,43	4,36	4,99

### **Primera Movida de lotes**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 12,96 segundos y una desviación estándar de 0,42 segundos.

Día	1	2	3
1	13,63	13,25	12,25
2	12,34	13,15	12,39
3	13,42	12,68	12,31
4	12,57	13,2	12,81
5	13,31	12,31	12,95
6	12,44	12,96	13,01
7	12,86	13,61	13,02
8	12,45	12,91	12,92
9	13,41	12,98	13,41
10	13,21	12,61	12,9
11	13,31	12,46	13,32
12	12,52	12,64	13,35
13	13,36	13,45	13,4
14	13,23	12,78	13,43
15	12,65	13,63	12,89
16	13,19	12,58	13
17	13,27	13,48	12,74
18	12,37	12,32	13,52
19	13,09	13,54	12,28
20	13,34	13,07	13,49
21	13,12	12,46	12,64
22	12,64	13,58	12,31
23	13,49	13,53	13,17
24	12,46	12,63	12,68
25	12,32	13,12	13,38
26	12,44	13,59	13,19
27	12,95	13,11	12,72
28	12,63	13,43	13,27
29	12,45	13,42	12,46
30	12,87	13,49	12,3

## **Segunda Movida de lotes**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 6,22 segundos y una desviación estándar de 0,13 segundos.

Día	1	2	3
1	6,39	6,43	6,02
2	6,36	6,09	6,16
3	6,06	6,33	6,23
4	6,38	6,41	6,31
5	6,25	6,26	6,34
6	6,16	6,35	6,03
7	6,09	6,43	6,05
8	6,29	6,15	6,08
9	6,16	6,42	6,41
10	6,41	6,27	6,07
11	6,39	6,13	6,05
12	6,11	6,11	6,28
13	6,27	6,29	6,06
14	6,06	6,41	6,28
15	6,12	6,2	6,04
16	6,38	6,16	6,14
17	6,25	6,36	6,19
18	6,03	6,22	6,13
19	6,24	6,1	6,43
20	6,27	6,14	6,26
21	6,22	6,29	6,17
22	6,34	6,06	6,41
23	6,21	6,19	6,06
24	6,19	6,35	6,38
25	6,02	6,12	6,24
26	6,24	6,12	6,09
27	6,16	6,07	6,03
28	6,4	6,13	6,08
29	6,16	6,31	6,37
30	6,36	6,09	6,12

### **Tercera Movida de lotes**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 6,32 segundos y una desviación estándar de 0,02 segundos.

Día	1	2	3
1	6,29	6,32	6,35
2	6,33	6,35	6,3
3	6,3	6,31	6,29
4	6,29	6,35	6,34
5	6,34	6,29	6,29
6	6,35	6,32	6,33
7	6,3	6,29	6,35
8	6,31	6,34	6,29
9	6,32	6,34	6,31
10	6,31	6,3	6,31
11	6,29	6,3	6,33
12	6,32	6,33	6,3
13	6,32	6,35	6,3
14	6,35	6,3	6,31
15	6,29	6,35	6,32
16	6,29	6,34	6,35
17	6,34	6,29	6,34
18	6,34	6,31	6,34
19	6,3	6,31	6,3
20	6,31	6,3	6,32
21	6,32	6,32	6,35
22	6,31	6,31	6,31
23	6,35	6,29	6,3
24	6,3	6,33	6,31
25	6,3	6,34	6,3
26	6,33	6,33	6,34
27	6,33	6,3	6,35
28	6,31	6,35	6,35
29	6,3	6,33	6,34
30	6,34	6,34	6,29

## **Despacho**

Para esta actividad se tomó una muestra de 30 bolsas y se obtuvo un promedio de 10,96 segundos y una desviación estándar de 0,27 segundos.

Dia	1	2	3
1	10,48	11,36	11,31
2	11,33	10,95	10,87
3	10,48	11,15	10,77
4	10,59	10,75	11,18
5	11,24	11,32	11,13
6	11,34	10,75	10,87
7	10,84	10,82	10,49
8	10,87	11,25	11,19
9	10,67	10,75	10,63
10	10,94	10,64	10,8
11	10,83	10,59	11,1
12	10,51	11,31	11,36
13	11,07	11,17	10,89
14	10,48	10,77	11,15
15	10,51	10,71	11,29
16	10,96	11,11	11,36
17	11,35	11,28	10,54
18	11,27	11,3	10,71
19	10,88	11,03	11,16
20	10,67	10,89	10,57
21	10,98	10,93	11,18
22	10,66	11,07	11,09
23	10,61	10,99	11
24	10,78	11,34	11,14
25	11,18	11,29	10,78
26	10,67	11,17	11,3
27	11,22	10,58	10,94
28	11,21	10,62	10,65
29	11,15	11,21	11,23
30	11,15	10,81	11,16

### **Anexo 3: Bondad de Ajuste de la toma de tiempos en la empresa Solagro SAC**

Una prueba de bondad de ajuste nos va a permitir analizar los datos obtenidos en nuestra toma de tiempos de cada actividad del proceso de elaboración de un controlador biológico estándar que fueron indicados dentro del Anexo 2, y encontrar la distribución estadística que más se ajusta al comportamiento de la toma de tiempos de cada actividad.

Consiste realizar una prueba de Chi-Cuadrado y una prueba llamada Kolmogorov-Smirnov (en adelante K-S) y en evaluar el “Square Error” (error cuadrado) de la distribución. Para aceptar la distribución, tanto el p-value del Chi-Cuadrado y K-S deben ser mayores al error 5%. Si hay más de una distribución que cumple, se elegirá a la que tiene menor error cuadrado.

Para esta presente Tesis, se ha realizado una prueba de bondad de ajuste utilizando un complemento del software Arena llamado Input Analyzer y se obtuvieron los siguientes resultados para cada actividad del proceso:

Actividad	Expresión	Square Error	Test	Chi- Cuadrado	Test K-S
Llenado	$6 + \text{LOGN}(4,76; 2,27)$	0,015003	= 0,0377	> 0,15	
Humedecido	$\text{NORM}(4,47; 0,587)$	0,004167	= 0,496	> 0,15	
Sellado	$2 + 4,93 * \text{BETA}(2,42; 5,26)$	0,009315	= 0,054	> 0,15	
Agitado	$2 + \text{GAMM}(0,63; 2,02)$	0,074449	< 0,005	> 0,15	
Empacado	$23 + \text{GAMM}(8,48; 2,35)$	0,016144	< 0,005	> 0,15	
Oreo	$2 + \text{WEIB}(6,13; 2,09)$	0,021741	= 0,023	> 0,15	
Corte	$3,02 + 4,77 * \text{BETA}(10,1; 12)$	0,002652	= 0,522	> 0,15	
Rotulado	$\text{UNIF}(0,49; 0,71)$	0,106122	-	> 0,15	
Siembra	$3 + 4 * \text{BETA}(5,1; 6,12)$	0,016276	= 0,0222	= 0,0966	
Engrapado	$\text{NORM}(3,62; 0,787)$	0,027995	< 0,005	> 0,15	
Agitado final	$\text{NORM}(3,88; 0,705)$	0,003882	= 0,427	> 0,15	
Primera Movida de Lotes	$12,1 + 1,66 * \text{BETA}(1,47; 1,39)$	0,017691	= 0,116	> 0,15	
Segunda Movida de Lotes	$6 + 0,48 * \text{BETA}(1,15; 1,4)$	0,012670	= 0,202	> 0,15	
Tercera Movida de Lotes	$\text{UNIF}(6,28; 6,36)$	0,003254	> 0,75	> 0,15	
Despacho	$10,4 + 1,06 * \text{BETA}(1,48, 1,25)$	0,009844	0,21	> 0,15	