

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN UNA
INDUSTRIA MEDIANA, APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING

Trabajo de Titulación para optar al
Título Profesional de INGENIERÍA
DE EJECUCIÓN EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Wladimir David Huilcaleo Inal

Profesor Guía:

Sr. Claudio Bahamondes R.

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de título a mis seres queridos, a mi hermano que estuvo siempre para acompañarme a lo largo de este trabajo y un agradecimiento especial a mis padres que me enseñaron que la perseverancia es la mejor herramienta para ir forjando el camino con el cual puedo llegar a alcanzar cada una de mis metas.

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo que se presenta a continuación está basado en la aplicación de herramientas de la metodología de gestión estratégica Lean Manufacturing a una línea de producción de semillas de prados, dichas herramientas son aplicadas para el diagnóstico de la línea productiva y así generar propuestas de mejoras que ayuden a incrementar los niveles de producción.

Este trabajo tiene como objetivo general elaborar propuestas de mejoras para el sistema productivo de una industria mediana aplicando herramientas del modelo de gestión Lean Manufacturing, con el fin de aumentar la fluidez en sus procesos y minimizar desperdicios, para lo cual es necesario el desarrollo y estudio de cuatro capítulos fundamentales que a su vez cumplen los cuatro objetivos específicos de este trabajo de título.

Los de cuatro capítulos están dedicados a analizar y determinar las distintas herramientas Lean Manufacturing necesarias para diagnosticar la línea productiva y posteriormente desarrollar propuestas de mejoras que ayuden no solo a aumentar los niveles de producción, sino que además, ayuden a mejorar factores como seguridad, condiciones de trabajo.

Como primer capítulo se contemplaran la teoría de la metodología de gestión estratégica Lean Manufacturing y las herramientas que sean compatibles con el caso de estudio, la que será una línea de producción de prados. Cumpliendo de esta manera el primer objetivo específico que consiste en describir el marco teórico y de la metodología Lean Manufacturing que sirva como base conceptual y contextual para la construcción del modelo de mejora.

El capítulo dos está destinado a cumplir el segundo objetivo específico, el de realizar un diagnóstico de la situación actual en el sistema de producción, mediante el levantamiento de herramientas Lean Manufacturing, este capítulo busca encontrar la causa raíz de los desperdicios presentes en la línea productiva de semillas de prados, esto mediante una serie de procedimientos y con ayuda de las herramientas de la metodología Lean Manufacturing.

Para el tercer capítulo se realiza una clasificación de las herramientas Lean Manufacturing que den solución a la causa raíz de los problemas que generan los desperdicios, con el fin de diseñar las propuestas de mejoras al proceso productivo de la línea de prados de la empresa Anasac Ambiental S.A. Cumpliendo así, con el objetivo específico tres, que pretende elaborar un modelo de mejora al proceso productivo.

Como cuarto capítulo se realiza una evaluación de los impactos productivos y económicos que se generarían con la implementación de dichas propuestas de mejoras, dando especial énfasis al costo que conllevaría la implementación de las propuestas de mejoras y la viabilidad de estas últimas, cumpliendo así con el cuarto objetivo específico que consiste en valorar las propuestas de mejoras comparando a nivel técnico y económico cada una de ellas para la selección de la propuesta final a la empresa.

A lo largo del desarrollo de este trabajo y con el cumplimiento de los objetivos específicos, será posible que Lean Manufacturing como metodología de gestión estratégica de proceso y organización, es una herramienta que requiere a todo el personal de la empresa involucrados y dispuesto a vencer la barrera de la resistencia a cambios mejores, pudiendo generar hábitos, cultura y mejoras a la organización de procesos. Mejoras que por lo demás no necesariamente deben ser implementadas individualmente, puesto que en la mayoría de las ocasiones, dar mejores resultados como un conjunto e implantándolas secuencialmente.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE	5
1.1. MARCO TEORICO	7
1.1.1. Antecedentes históricos	7
1.1.2. Concepto Lean Manufacturing	9
1.1.2.1. Definición Lean Manufacturing	9
1.1.3. Principios de Lean Manufacturing	9
1.1.4. Metodologías de gestión estratégicas similares a Lean Manufacturing	10
1.1.5. Beneficios del Lean Manufacturing	12
1.1.6. Aplicación de Lean Manufacturing	13
1.2. CONCEPTO DE VALOR AGREGADO VS DEPERDICIOS	13
1.2.1. Valor agregado	13
1.2.2. Concepto de desperdicio	13
1.3. HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	16
1.3.1. Demanda	19
a. Takt Time	19
b. Andon	19
c. Mapa de proceso (VMS)	19
1.3.2. Flujo continuo	20
b. Células de Manufactura	21
f. Cambios rápidos de utillaje	22
p. Hoshin Kanri	26
1.3.3. Nivelación	26
1.3.4. Estructura de las herramientas que conforman Lean Manufacturing	27
CAPÍTULO 2: FASE DE DIAGNÓSTICO A INDUSTRIA MEDIANA EN BASE A LEAN MANUFACTURING	29
2.1. CASO APLICADO	31
2.1.1. Descripción de la problemática	31

2.2.	DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA	33
2.2.1	Descripción del sistema productivo	33
2.2.2.	Determinación de la capacidad por máquina	37
2.2.3.	Diagrama Sinóptico de Procesos de la Línea de producción	40
2.2.4.	Cálculo de Takt time	41
2.2.5.	Cadena de valor del proceso productivo	43
2.2.5.1.	Desperdicios de la línea de producción	43
2.2.5.2.	Mapa de cadena de valor actual (VSM) de línea de prados	45
2.2.6.	Puntos crítico en el proceso de producción de la línea de prado	51

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA LÍNEA DE PRADOS 55

3.1. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING 57

3.1.1.	Indicadores de rendimiento para las herramientas Lean Manufacturing	58
3.1.2.	Selección de herramientas Lean Manufactura según causa de los problemas	60

3.2. PROPUESTA DE MEJORAS A LA LINEA PRODUCTIVA DE PRADOS DE ANASAC AMBIENTAL. 63

3.2.1.	Propuestas de mejora N°1: Reducción de tiempos de preparación aplicando las 5S	63
3.2.2.	Propuesta de mejora N°2: Mejora del flujo continuo del proceso de fabricación de semillas de prado aplicando Células de manufactura	76
3.2.3.	Propuestas de mejora N°3: Mejora de disponibilidad de equipos en el proceso productivo de la línea de prados	83

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN LAS VARIABLES DE SERVICIO Y COSTO 93

4.1. IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL AMBITO PRODUCTIVO 95

4.1.1.	Impactos de propuestas de mejora N°1: Reducción de tiempos de preparación aplicando las 5S	95
4.1.2.	Impactos de propuestas de mejora N°2: Mejora del flujo continuo del proceso de fabricación de semillas de prado aplicando Células de manufactura	96
4.1.3.	Impactos de propuestas N°3: Mejora de fiabilidad de equipos en el proceso productivo	97

4.2. IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL ÁMBITO ECONÓMICO 98

4.2.1. Evaluación económica de la implementación de las propuestas de mejoras en línea productiva de prados	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
ANEXOS	111
ANEXO A: MATRIZ DE CLASIFICACION DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	113
ANEXO B: MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO	114
ANEXO C: ESPECIFICACIONES DE COSTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Evolución histórica de Lean Manufacturing	8
Figura 1-2. Desperdicios en una línea productiva	14
Figura 1-3. Niveles para aplicación de Lean Manufacturing	17
Figura 1-4. Los tres niveles de la manufactura esbelta	18
Figura 1-5. Pasos para un mapeo de procesos flujo Continuo	19
Figura 1-6. Flujo continuo One piece flow	20
Figura 1-7. Célula de fabricación	21
Figura 1-8. Resumen de las 5S	25
Figura 1-9. Estructura de facturación Manufacturing	28
Figura 2-1. Productos de Anasac ambiental	32
Figura 2-2. Pasos para diagnóstico de la problemática	33
Figura 2-3. Línea mecanizada de la línea de prados	36
Figura 2-4. Mapa de cadena de valor actual (VSM) de línea de prado mecanizada	47
Figura 2-5. VSM con línea de valor futura e indicación Problemas	48
Figura 3-1. Hoja de ruta para la implementación Lean Manufacturing	58
Figura 3-2. Materiales e insumos desordenados en el lugar de trabajo	64
Figura 3-3. Acumulación de residuos planta superior de máquina dosificadora	64
Figura 3-4. Acumulación de insumos sobrantes	65
Figura 3-5. Tarjeta Roja de clasificación de elementos	65
Figura 3-6. Mueble organizador para elementos de trabajo	68
Figura 3-7. Tarjeta amarilla - Acumulación de insumos sobrantes	69
Figura 3-8. Botes de basura según normativa	70

Figura 3-9. Herramientas visuales 5s's	74
Figura 3-10. Layout actual de Áreas de fraccionamientos de Anasac Ambiental	76
Figura 3-11. Formato de trabajo actual	77
Figura 3-12. Célula de manufactura	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Comparativas de metodologías de gestión estratégicas	11
Tabla 1-2. Los 7+1 Tipos de desperdicios	15
Tabla 2-1. Registro utilización rendimiento de máquina dosificadora	39
Tabla 2-2. Resultados de diagrama sinóptico	40
Tabla 2-3. Desperdicios de la línea de producción	43
Tabla 2-4. Causales de decadencia según desperdicios	53
Tabla 3-1. KPI's para herramientas Lean Manufacturing	59
Tabla 3-2: Clasificación de herramientas Lean Manufacturing	60
Tabla 3-3. Matriz para clasificación de herramientas de Lean Manufacturing	62
Tabla 3-4. Resultados de clasificación de Herramientas Lean Manufacturing	62
Tabla 3-5. Clasificación de insumos	66
Tabla 3-6. Acumulación de insumos sobrantes	71
Tabla 3-7. Hoja de ruta para estandarización de 5S's	73
Tabla 3-8. Máquinas necesarias para propuesta N°2	78
Tabla 3-9. Comparación de Rendimiento de máquina dosificadora	81
Tabla 3-10. Registro de utilización y rendimiento de dosificadora (propuesta)	81
Tabla 3-11. Registro de fallas de maquina dosificadora vertical	84
Tabla 3-12. Tabla de Grado de criticidad	86
Tabla 3-13. Matriz Cualitativa de riesgo para máquina dosificadora	86
Tabla 3-14. Registro de paros de maquinaria por fallas	91
Tabla 4-1. Aumento de producción por propuestas N°1	96
Tabla 4-2. Aumento de eficiencia por propuestas de mejora N°2	96
Tabla 4-3. Aumento de producción por propuesta N°3	97
Tabla 4-4. Impactos productivos por el total de propuestas	98
Tabla 4-5. Ahorros generados al implementar las propuestas de mejoras	99

Tabla 4-6.	Costo total de implementación de propuestas	100
------------	---	-----

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2-1.	Flujo de proceso general de línea de prados	37
Diagrama 2-1.	Sinóptico de Procesos de la Línea de producción de prado	40
Diagrama 2-3.	Desperdicios de la línea de prados	45
Diagrama 3-1.	Fallas de Máquinas dosificadoras	85

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 3-1	Comparativa de utilización de HM	82
-------------	----------------------------------	----

SIGLAS

VMS: Value Stream Mapping (Mapa de la cadena de valor)

LM: Lean Manufacturing

JIT: Just In Time (justo a tiempo)

TPM: Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total)

TPS: Toyota Production System (Sistema Productivo Toyota)

TQM: Total quality management (Calidad productiva total)

HM: Horas Máquinas

HH: Horas Hombres

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa de Interna de Retorno

TT: Takt Time (Ritmo de trabajo)

OT: Orden de trabajo

KPI: Key Performance Indicator (Indicador clave de rendimiento).

SMED: Single Minute Exchange of Die (Cambio de utillaje en menos de diez minutos).

SPC: Statistical Process Control (Control Estadístico de Procesos).

PLM: Product Lifecycle Management (Ciclo de vida del producto).

TOC: Theory of constraints (Teoría de las restricciones).

SKU: Stock-keeping unit (Código de un artículo).

SAP: Systems, Applications, Products in Data Processing (Sistemas, Aplicaciones y productos en procedimiento de datos).

ud: Unidades

KPI: Key performance indicator (Indicadores claves de rendimiento)

Nph: Número de producción por hora.

Tpu: Tiempo de producción por unidad.

FTT: Tasas de defectos observados

INTRODUCCIÓN

La empresa Anasac Ambiental S.A. es una empresa chilena con más de 60 años de experiencia en el mercado de insumos agrícolas, agropecuarios, productos de jardín y hogar.

Anasac Ambiental S.A. como la gran mayoría de las empresas se ve enfrentada al reto de controlar los niveles de pérdidas que como empresa se tiene y excedentes fuera de control que generan gastos en excesos, junto con los innumerables errores que se generan en los procesos productivos. Esto sumado al aumento de las exigencias de los clientes en el mercado, que requieren productos de calidad que se ajusten a sus necesidades específicas, así como entregas más frecuentes y rápidas.

Con respecto a la búsqueda y de soluciones que resuelvan el problema generado en las empresas, aparece el concepto de metodología Lean Manufacturing, la cual ha tenido un gran auge dentro de las empresas industriales.

Lean Manufacturing o también conocido como fabricación esbelta o producción limpia, es una metodología consolidada en el área de control de gestión estratégica, que sienta sus bases en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística japonesa Toyota. Este modelo Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios que existe en las diferentes áreas de las empresas.

Este modelo estratégico de gestión tiene como clave generar una nueva cultura que tiende a encontrar la forma de aplicar mejoras en las empresas de diferentes ámbitos, tanto a nivel de puesto de trabajo, así como, de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios.

Como un preludeo a este modelo de gestión Lean Manufacturing, la sección describe y analiza este modelo como filosofía y cultura aplicable a la empresa Anasac Ambiental S.A., con el fin de generar propuestas de mejoras en el sistema productivo de la empresa, con la utilización de las herramientas que ofrece el modelo de gestión de “producción esbelta”, Lean Manufacturing , donde la resistencia al cambio toma una especial relevancia como clave en la aplicación de dichas técnica y herramienta, sumado la participación de la alta dirección y sus acciones de motivación y comunicación con todos los niveles de la empresa resultan esenciales.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar propuestas de mejoras para el sistema productivo de una industria mediana aplicando herramientas del modelo de gestión Lean Manufacturing, con el fin de aumentar la fluidez en sus procesos y minimizar desperdicios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para poder cumplir el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- 1- Describir el marco teórico y de la metodología Lean Manufacturing que sirva como base conceptual y contextual para la construcción del modelo de mejora.
- 2- Realizar un diagnóstico de la situación actual en el sistema de producción, mediante el levantamiento de herramientas Lean Manufacturing que puedan ser aplicables para la mejora del proceso productivo.
- 3- Elaborar un modelo de mejora al proceso productivo utilizando indicadores cuantificables que permita la disminución de pérdidas por conceptos operacionales.
4. Evaluar las propuestas de mejoras comparando a nivel técnico y económico cada una de ellas para la selección de la propuesta final a la empresa.

CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. MARCO TEORICO

1.1.1. Antecedentes históricos

^{1*}Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación del método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la simplificación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos consisten en conjuntos de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización de los procesos.

Si bien estas técnicas, eran la base de los modelos de organización de procesos, fue en Japón, donde nace el primer indicio reconocido con el pensamiento Lean Manufacturing, este concepto vino a derrocar y estructurar las técnicas anteriormente mencionadas. En el año 1902 nació el concepto “automatización con un toque humano”, a través de un simple experimento que realizó Sakichi Toyoda, en el cual una máquina anunciaba mediante una señal visual el paro de su funcionamiento, y por ende la atención por parte del operador. Esta técnica permitió dar paso a una seguidilla de ideas y conceptos que suponían una oportunidad de mejora constante a la productividad a través de la variación de los métodos de trabajo.

^{2*}Para los japoneses era de suma importancia aumentar la producción a bajos costos sin que se viera mermada la calidad, fue así, que comenzaron con el estudio de los métodos de producción y modelos de organización de los procesos estadounidenses, con especial atención a los métodos de Ford, a el control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, sumando las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa.

Como conclusión de aquello resultó que el sistema americano no era aplicable a Japón y ya que lo que se buscaba era tener una producción variada y a bajo costo, siendo posible esto, si y solo si se suprimieran los stocks y toda una serie de desperdicios, incluyendo dentro de estos desperdicios los que no aprovechaban las capacidades humanas.

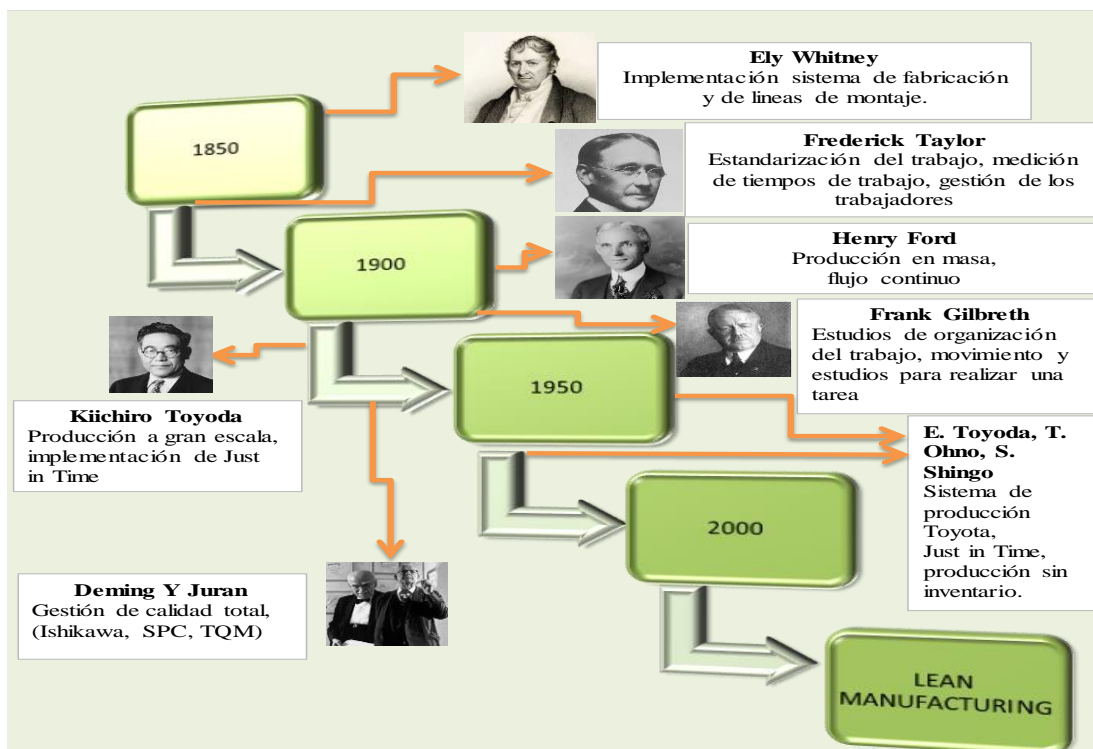
^{1*} y ^{2*} Fuente: HERNANDES, Juan. Y VIZAN Antonio. Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid España: Fundación eoi, 2013.

3*Respecto a esta conclusión, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS por sus siglas en inglés (Sistema de producción Toyota). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”.

4*Los aportes de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota, quien estudió detalladamente la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth, Shingo y entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación.

5*Sin embargo, pese a todos estos antecedentes, no es hasta principios de la década de los 90, cuando el modelo japonés tiene un gran eco en occidente y lo hace a través de la publicación del libro “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos. En este libro se sintetiza el “Programa de Vehículos a Motor” que se realizó en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) con el fin de contrastar, de una forma sistemática, los sistemas de producción de Japón, Europa y Estados Unidos. En esta obra fue donde por primera vez se utilizó la denominación Lean Manufacturing.

En la Figura 1-1 se puede apreciar la evolución histórica de los conceptos y estudios de los modelos de organización y procesos productivos hasta llegar a Lean Manufacturing.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-1. Evolución histórica de Lean Manufacturing

1.1.2. Concepto Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”.

1.1.2.1. Definición Lean Manufacturing

Dependiendo de la industria o del autor se encontrarán traducciones de Lean Manufacturing como producción/fabricación delgada, esbelta ajustada, ágil o incluso, sin grasa. Por otra parte, las empresas han adaptado como universales palabras en inglés o japonés que han pasado a ser parte del vocabulario técnico de las empresas que adoptan de dicha metodología. A lo largo de este trabajo se utilizará la denominación “Lean Manufacturing” debido, por un lado, a que la variedad de traducciones aplicadas a este término puede inducir a error y, por otro, por el hecho de ser ésta la expresión más utilizada entre los profesionales. No obstante, en numerosas ocasiones se hará referencia exclusivamente a la denominación “Lean” dado que puede aplicarse en entornos distintos a fabricación.

1.1.3. Objetivo Lean Manufacturing

El objetivo de la metodología Lean Manufacturing es el de generar una cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; identificando y eliminando los desperdicios dentro de la cadena de valor del proceso. Produciendo exclusivamente lo que se solicita y cuando se necesita, empleando el mínimo de recursos (personas, materiales, máquinas, espacio, etc.), logrando implantar la eficacia en todos los procesos de negocio con el fin de generar lo que realmente es de valor para el cliente final

1.1.4. Principios de Lean Manufacturing

Los principios de Lean Manufacturing son de aplicación en toda la cadena de valor, desde el proceso de pedidos a proveedores hasta la distribución y entrega del producto al cliente.

3* ,4*, 5* Fuente: HERNANDES, Juan. Y VIZAN Antonio. Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid España: Fundación eoi, 2013.

En todas las etapas es posible eliminar desperdicios, mejorar la calidad, reducir los costos y aumentar la flexibilidad es así como se identifican cinco principios claves, los cuales son:

1- Definir el valor desde la perspectiva del cliente (eliminar desperdicios), o comprensión de lo que es valor para el cliente, el consumidor final es el que decide lo que es importante y le aporta valor, las actividades de valor añadido son aquellas que el cliente final está dispuesto a pagar por ellas. Todas las otras actividades son desperdicios.

2- Identificar el mapa de la cadena de valor (VSM), por sus siglas en inglés Value Stream Mapping o estudio de las fases de proceso de producción para tener claro las que añaden valor o las que deben ser eliminadas.

3- Optimizar el flujo (sin interrupciones). Se debe lograr un movimiento continuo del producto a través de la corriente de valor (procesos necesarios de la línea de producción), esto al quitar obstáculos innecesarios en el proceso.

4- Extraer Valor al cliente (PULL). Esto es dejar que los clientes tiren la producción, en la que los equipos de proyectos deberían permitir a sus clientes que se involucren en su proceso. El producto no termina hasta que los clientes no hacen su pedido.

5- Buscar permanentemente cumplir con los requerimientos del cliente interno y externo (mejora continua), se deben adaptar a los pedidos de los clientes, se comprueban las reducciones de costos, esfuerzos y tiempo de trabajo en todas las áreas, donde se sigue trabajando constantemente para conseguir unos ciclos de producción más cortos, obtener la producción ideal (calidad y cantidad).

1.1.4. Metodologías de gestión estratégicas similares a Lean Manufacturing

Otras herramientas o metodologías que tienen más relevancia en la aplicación de mejora de procesos son: Seis sigma, gestión de ciclo de vida del producto (PLM) y Teoría de restricciones (TOC), todos estos enfoques vienen a la mejora de diversas direcciones y tienen diferencias comparativas entre sí, lo que se puede apreciar en la Tabla 1-1, donde se realiza una comparación entre los modelos de gestión estratégicos.

1.1.4.1. Seis Sigma

Es una herramienta de gestión estratégica del desempeño. Es la evolución de calidad total (TQM) y que incluye como herramientas para mejora de procesos al control estadístico (SPC).

El objetivo fundamental de seis sigmas es cumplir es la reducción de la variabilidad de los procesos para contribuir con la disminución del desperdicio y la mejora de la productividad.

1.1.4.2. Gestión de ciclo de vida del producto

La gestión del ciclo de vida del producto (PLM) es una estrategia de información que posibilita construir una estructura de datos coherente, consolidando sistemas productivos estables y comunicados.

PLM también puede denominarse una estrategia empresarial, la cual permite que las organizaciones globales trabajen como un equipo unificado para diseñar, producir, dar soporte y retirar productos del mercado, al mismo tiempo, recoger las prácticas recomendadas y lecciones aprendidas durante el proceso.

1.1.4.3. Teoría de restricciones (TOC)

La teoría de restricciones es una herramienta a nivel computacional y de procesos de soporte para mejorar el flujo de las cadenas productivas y operaciones, es una herramienta que indica que la única forma de asegurar una mejora permanente requería enseñar y educar a la gerencia y las personas de las organizaciones, de ingeniería y operaciones.

Tabla 1-1. Comparativas de metodologías de gestión estratégicas

Comparativas de metodologías de gestión estratégicas				
Herramientas de gestión	Lean Manufacturing	Seis sigma	Gestión de ciclo de vida del producto (PLM)	Teoría de restricciones (TOC)
Teoría	Eliminar los desperdicios	Reducir variación	Gestión empresarial a nivel del producto	Manejar las restricciones

Ventajas de LM frente a otros modelos de gestión estratégicos		1) Frente a LM, seis sigma no es usado correctamente ya que es complicada de utilizar.	1) PLM es aplicable a cadenas productivas que tienen alto valor agregado, respecto a LM que puede ser aplicado a procesos con poco valor agregado.	1) Al contrario de LM, TOC posee una falta de exhibición de resultados para los trabajadores, puesto que emplea un algoritmo no publicado para programar la planta de producción.
		2) Frente a LM, seis sigma tiende a perder la interdependencia que existe entre los miembros de la empresa.	2) PLM es orientada al marketing del producto, mientras que LM es orientada a los flujos de procesos.	2) Para su aplicación requiere de mayor conocimiento y capacitaciones en áreas de programación finita.
		3) Al contrario de LM, seis sigma está diseñada para ignorar el costo, con el fin de centrarse en la calidad.	3) Frente a LM. PLM es una metodología de alto valor y de tiempos de aplicación extensos.	3) TOC se adecua a ambientes estables, a comparación de LM es aplicable a ambientes estáticos y dinámicos

Fuente: Elaboración Propia a partir de las fuente Revista virtual Pro; "Gestion Estrategica"; Enero 2013.

1.1.5. Beneficios del Lean Manufacturing

Para definir los beneficios que se obtienen al implementar un modelo de gestión bajo el Lean Manufacturing, es necesario que el modelo lleve a las organizaciones que decidan incorporarlo, a que se mejoren diversos aspectos, que afectan las actividades en su operación diaria; algunos de estos beneficios son:

- Reducción en el tiempo de manufactura.
- Distancias más cortas entre los movimientos de los materiales.
- Reducción de inventarios.
- Mayor respuesta a las demandas del mercado.
- Trabajadores más comprometidos en la resolución de problemas.
- Reducción de los costos de calidad y desperdicios.
- Mejoras en calidad.

1.1.6. Aplicación de Lean Manufacturing

En relación con el área de aplicación del Lean Manufacturing, esta es muy abundante dentro de todas los tipos de industrias, siendo dentro de las empresas los aspectos más relevantes los cuales Lean Manufacturing mejora son: producción, seguida del área de logística, almacén, distribución. Dichas áreas son las que son de mayor interés para la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing.

1.2. CONCEPTO DE VALOR AGREGADO VS DEPERDICIOS

1.2.1. Valor agregado

Valor agregado es cualquier actividad que incremente la forma del producto o servicio, ya sea que mejore la calidad, disminuya los tiempos de producción, agilice la respuesta a la demanda de este, por las que dichas actividades, el cliente está en dispuesto a pagar por ellas.

1.2.2. Concepto de desperdicio

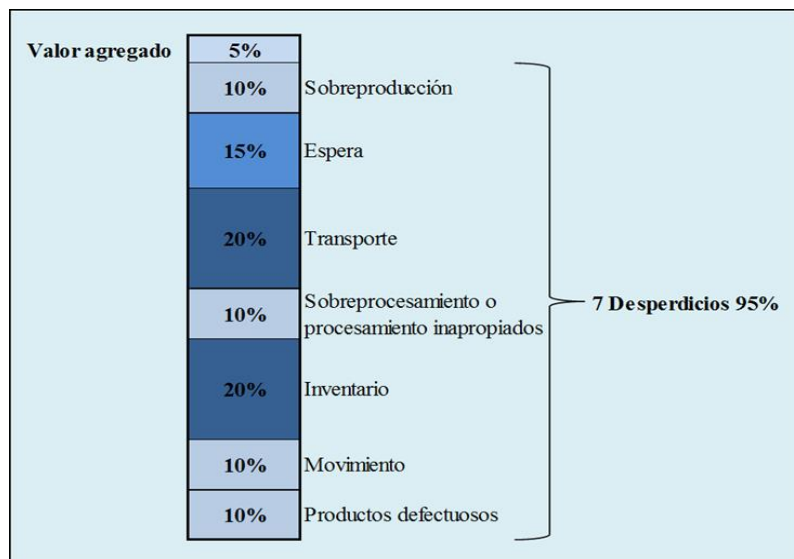
Mudas (palabra japonesa) que traducidos al español significa desperdicios. Es todo el valor no agregado, es cualquier actividad que no incremente la forma o la función del producto, ya sea toda actividad, carencias, obstáculos que disminuyan o entorpezcan la calidad y índices de producción del producto final, por ende estas actividades deben ser eliminadas o reducidas.

Si las empresas actúan en la línea de la eliminación de los desperdicios dispondrán de la herramienta más adecuada para disminuir sus costos. Justamente Lean surgió cuando las empresas ya no podían vender productos a partir del cálculo de sus costos, ya que si estos eran altos, para tener una ganancia el valor final del producto aumentaba, al contrario, el pensamiento Lean estipula busca que los precios sean fijos, disminuyendo los costos, de esta manera se logra aumentar la ganancia sin variar el precios final del producto.

Lean Manufacturing establece como objetivo principal en cualquier sistema la eliminación del desperdicio, que para Lean Manufacturing son:

- Sobre producción
- Espera
- Transporte
- Sobre procesamiento o procesamiento incorrecto
- Inventario
- Movimientos Innecesarios
- Productos defectuosos.

A modo de ejemplo en la figura 1-2, se muestra el porcentaje que ocupa los desperdicios en la producción de una empresa de producción de muebles, donde queda a la vista que el valor agregado que se le da a esta línea de producción es de un 5%.



Fuente: Villaseñor, Lean Manufacturing

Figura 1-2. Desperdicios en una línea productiva de muebles.

Para comprender de mejor manera el concepto de desperdicio a continuación se presentan pensamientos sobre el concepto de desperdicios.

-Ohno (1988) afirma, cuando se piensa en la eliminación absoluta del desperdicio, se debe mantener en mente dos puntos: la eficiencia en el mejoramiento, y todo lo que es fuera del mínimo necesario de materiales, equipamiento, partes, espacio y tiempo para el proceso.

-Cuatrecasas (2008) afirma que es en los procesos y en sus actividades, donde se genera el valor esperado por el cliente, pero cuando no se genera valor se produce desperdicio de recursos productivos que el cliente no valorará y por tanto no está

dispuesto a pagar por ello, por lo cual mientras se encuentren desperdicios en las empresas siempre habrá oportunidades de mejora.(página.90)

-Galgano (2004) define el desperdicio de manera muy simple: cualquier actividad desarrollada por una empresa que consume recursos y no produce valor para el cliente.(página.21)

Las diferentes definiciones apuntan al mismo objetivo, el cual es, eliminar las ineficiencias que afectan las utilidades de las empresas; el precursor en el proceso de identificación fue Ohno quien en su tarea de reestructurar y mejorar la posición de Toyota identificó siete desperdicios que se presentan desde la recepción de la orden de compra hasta la entrega del producto final. Sin embargo hoy en día se suma el tipo de desperdicio por factor humano, los cuales en conjunto son mencionados por la metodología Lean Manufacturing como 7+1 Tipos de Desperdicios los cuales son detallados en la tabla 1-2

Tabla 1-2. Los 7+1 Tipos de desperdicios

LOS 7+1 TIPOS DE DESPERDICIOS			
Nº	Desperdicios	Características - Descripción de desperdicios	Causas Posibles
1	Sobreproducción	Producir mayor cantidad de artículos que lo requerido, esto es producir productos antes de que el consumidor lo requiera, esto provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como el costo de mantenerlo.	<ul style="list-style-type: none"> > Procesos no capaces y poco fiables > Automatización insuficiente > Respuestas a las previsiones, no a las demandas > Falta de comunicación > Equipamiento obsoleto > Equipos sobre dimensionados
			<ul style="list-style-type: none"> > Procesos no estandarizados > Layout deficiente (dispersión de procesos)
2	Tiempo de espera	Corresponde a operarios esperando por información o materiales para la producción, esperas por averías de máquinas o clientes a la espera para atención,	<ul style="list-style-type: none"> > Falta de maquinaria apropiada > Baja coordinación entre personal > Cambios de utillaje elevados
			<ul style="list-style-type: none"> > Layout obsoleto
3	Transporte	El movimiento innecesario de algunas partes	<ul style="list-style-type: none"> > Layout obsoleto

4		(movimiento o manipulación de material o bienes) durante el proceso productivo es un desperdicio.	<ul style="list-style-type: none"> > Gran tamaño de lotes > Procesos deficientes y pocos flexibles > Reprocesos frecuentes
	Sobre-procesamiento o procesos inapropiados	No tener claro los requerimientos de los clientes causa que en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto o servicio, también el uso de equipos y herramientas inapropiadas, agregan valor al proceso.	<ul style="list-style-type: none"> > Layout Obsoletos > Tiempos de preparación elevados > Excesivos almacenes intermedios > Baja eficiencia de los operarios y las máquinas > Programas de producción no uniformes
	Inventario	Excesos de materia prima o productos terminados causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, costos por transportación, almacenamientos y retrasos.	<ul style="list-style-type: none"> > Procesos con poca capacidad > Cuellos de botella no identificados > Previsiones de ventas erróneas > Sobreproducción > Retrocesos por defectos de calidad > Baja eficiencia de los operarios y las máquinas
6	Movimientos Innecesario	Cualquier movimiento innecesario hecho por el personal durante sus actividades productivas, tales como mirar, buscar y acumular partes, herramientas significan un desperdicio.	<ul style="list-style-type: none"> > Layout obsoleto > Procesos pocos flexibles > Programas de producción no uniformes > Reprocesos frecuentes > Excesivos almacenes intermedios > Gran tamaño de los lotes
	Productos defectuosos	Producción de partes defectuosas. Reparaciones, scrap (rechazo interno de producción), reemplazo en la producción e inspección significan manejo, tiempo y esfuerzo desperdiciado.	<ul style="list-style-type: none"> > Procesos no capaces y poco fiables > Proveedores no capaces > Poca experiencia de operarios > Técnica de procesos inadecuados > Procesos productivo mal diseñado > Errores de los operarios
8	Talento Humano	Pérdidas de aportes en ideas y oportunidades de mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> > Falta de capacitación de personal > Falta de conocimiento en los 7 desperdicios anteriores > Uso de creatividad sin conocimiento previo

Fuente: Elaboración Propia a partir de la fuente Villaseñor, "Lean Manufacturing", Cuatrecasas, "Lean Manufacturing, La gestión estratégica"

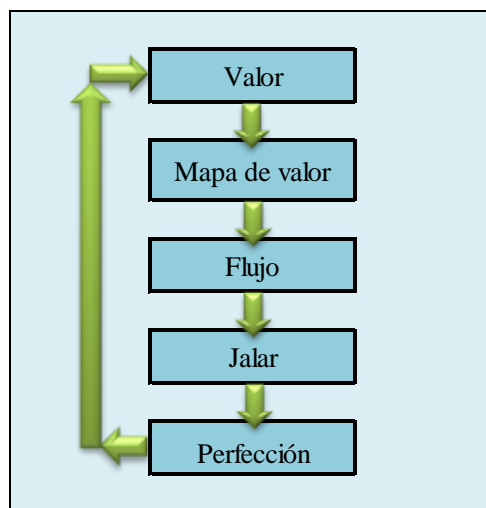
1.3. HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing es una herramienta de gestión estratégica que utiliza un serie de herramientas para poder cumplir sus objetivos, pero estas herramientas de nada sirven si no existe un compromiso por parte de la alta gerencia, es por eso que a continuación se detalla la forma correcta de implementar la metodología.

La manufactura esbelta tiene un proceso de 5 pasos para su implementación, (ver Figura 1-3) los cuales son:

1. Definir que agrega valor para el cliente.
2. Definir y hacer el mapa del proceso.
3. Crear flujo continuo
4. Que el consumidor jale lo que quiere
5. Esforzarse por la mejora y alcanzar la perfección

Villaseñor (2007) ser un empresa Lean, se requiere una forma de pensar que se enfoque en hacer que el producto fluya a través del proceso que le agrega valor sin interrupciones (flujo en una sola pieza); un sistema que “jale” de las estaciones de trabajo anteriores (proceso anterior), iniciando desde el cliente y continuando, de la misma manera, con las estaciones en periodos cortos de tiempo (varias veces al día), y crear un cultura en donde todos estén comprometidos con el mejoramiento continuo.(página 23)



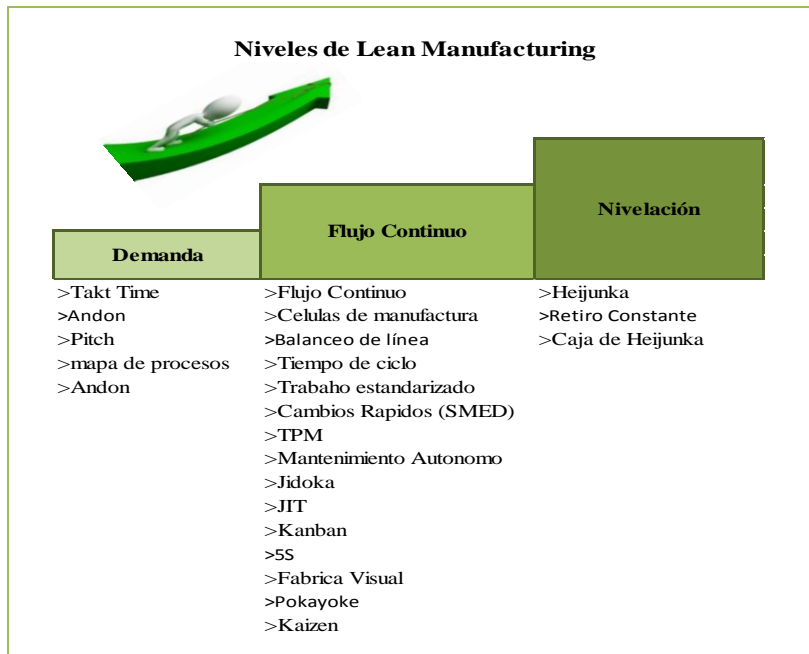
Fuente: Elaboración propia a partir de la fuente Villaseñor, “Lean Manufacturing”

Figura 1-3. Niveles para aplicación de Lean Manufacturing

Las herramientas de Lean Manufacturing se pueden agrupar dentro de tres niveles, que son: demanda, flujo , nivelación, las cuales se describen a continuación:

1. **Demanda:** entender las necesidades que tiene el cliente de productos o servicios, además de tener en cuenta las características de calidad, tiempo de entrega (lead Time) y precio.
2. **Flujo continuo:** implementar el flujo continuo en toda la compañía para que lo clientes internos y externos reciban los productos y materiales indicados, en el tiempo que los necesitan y en la cantidad correcta.
3. **Nivelación:** distribuir uniformemente el trabajo, por volumen y variedad, para reducir el inventario final, lo que permitirá a los clientes pedir ordenes en pequeñas cantidades.

Dentro de estos tres niveles se agrupan las distintas herramientas de la metodología Lean Manufacturing, en la figura 1-4. se puede apreciar los niveles de Lean Manufacturing en forma de bloques ascendentes, puesto que es al nivel más alto al que se debe llegar para poder ser un empresa Lean, también se aprecian la herramientas clasificadas para cada nivel. Para efectos de estudios solo se analizaran las herramientas que serán utilizadas en el caso aplicado en los próximos capítulos.



Fuente: Elaboración propia a partir de la fuente Villaseñor, “Lean Manufacturing”

Figura. 1-4. Los tres niveles de la manufactura esbelta

De La figura 1-4 se tiene:

1.3.1. Demanda

La demanda permite la existencia y permanencia de una empresa en el mercado. El cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregarán los productos o servicios que desea; además, es quien decide que agrega y que no agrega valor dentro de los procesos, que es lo que genera desperdicio y por lo cual no está dispuesto a pagar.

De ahí la importancia de las herramientas que se presentarán a continuación:

a. Takt Time

Takt es una palabra de origen alemán que significa “ritmo”. Esto quiere decir que el Takt time marca el ritmo de lo que el cliente está demandando,

De la información que se tenga sobre la demanda del cliente, se debe determinar el Takt Time, o el ritmo de producción que marca el cliente. Producir con Takt time significa que los ritmos de producción y de ventas están sincronizados, lo cual, es una meta de lean Manufacturing.

b. Andon

Lean Manufacturing incrementa dramáticamente la importancia de hacer las cosas bien a la primera.

Andon es una herramienta visual que muestra el estado actual de las operaciones, solo con pasar por el lugar de trabajo. Básicamente es un sistema que consiste en un tablero en una parte alta del área con indicadores de la estación, esto incrementa la importancia de hacer las cosas bien a la primera

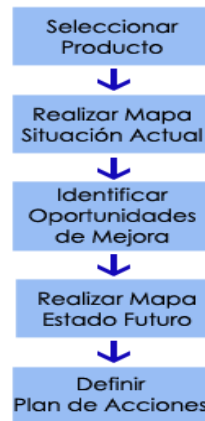
c. Mapa de proceso (VMS)

El mapa de valor de un proceso contiene todas las acciones (tanto las que agregan y no agregan valor) requeridas para producir un producto, desde la materia prima, hasta llegar a las manos del cliente. El mapeo de procesos se enfoca más al flujo continuo de la producción.

VSM es una herramienta que ayuda a ver y entender el flujo de material e información a través de la cadena de valor de un producto de principio a fin.

Es una herramienta de diagnóstico donde se puede determinar cómo varias actividades están conectadas y donde podrían estar fallando las conexiones o actividades, esto permite reconocer el desperdicio y sus causas.

El mapeo de procesos sigue pasos que se muestran a continuación.



Fuente: Villaseñor Lean Manufacturing

Figura 1-5. Pasos para un mapeo de procesos flujo Continuo

1.3.2. Flujo continuo

Flujo continuo es el mejoramiento progresivo de actividades a través de toda la cadena de valor, desde el diseño hasta el lanzamiento del producto.

Esto significa un proceso productivo continuo y sin paradas o pérdidas de tiempo productivo por conceptos de desperdicios. El flujo continuo permite establecer un plan de trabajo y comenzar con los cambios necesarios para establecer un flujo continuo dentro de la planta.

A continuación se muestran las herramientas necesarias para establecer el flujo de procesos:

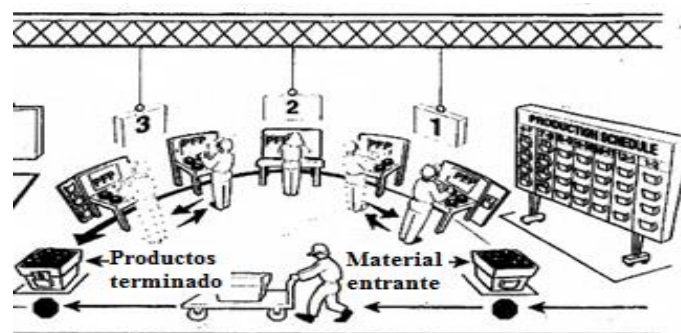
a. Flujo Continuo (One piece flow):

El flujo continuo se puede resumir en un simple enunciado: “mover uno, hacer uno” (o mover un pequeño lote”), en la figura 1-6. se aprecia que el operador debe seguir una línea de procesos designadas, la línea es un solo flujo, sin interrupciones y

movimientos innecesarios desde la entrada del material hasta el producto terminado. Esto es asegurarse de que las operaciones nunca harán más de lo que sea necesario o de lo que se haya demandado.

Un proceso con un flujo continuo contempla producir o transportar productos de acuerdo con tres principios clave:

- Lo que se necesita
- Justo cuando se necesita
- En la cantidad exacta que se necesita



Fuente: Villaseñor, Lean Manufacturing

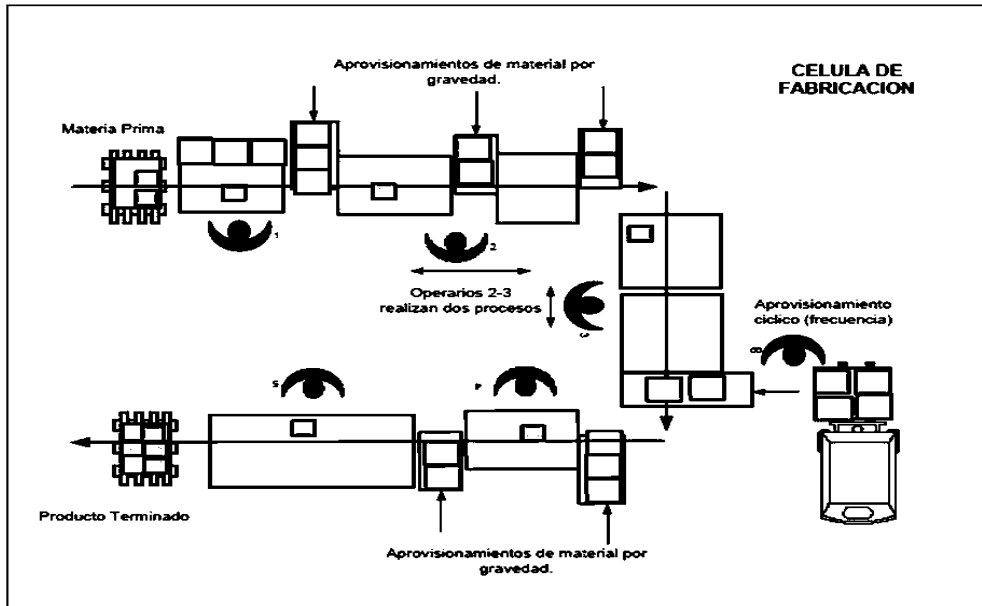
Figura 1-6. Flujo continuo One piece flow

b. Células de Manufactura

Como se aprecia en la Figura 1-7. Las células de manufacturas son los puestos o estaciones de trabajo distribuidos estratégicamente de tal forma que se reduzcan al máximo conceptos de desperdicios por movimientos innecesarios y procesamientos inapropiados, aumentando las operaciones que agregan valor a un proceso productivo, esto se logra principalmente por la producción en pequeños lotes y la organización estratégica de los puestos de trabajo de manera tal que el trabajador no deba desplazarse de un lugar a otro para continuar con el proceso.

Las células de manufactura involucran equipos y personas, en una secuencia de producción e incluye todas las operaciones requeridas para elaborar un producto de manera reducida y funcional.

Una célula corresponde al recorrido mínimo que habría de efectuar una pieza por cada una de sus máquinas.



Fuente: Villaseñor Lean Manufacturing

Figura 1-7. Célula de fabricación

c. Balaneo de línea

Es un proceso a través el cual, se logra nivelar las tareas y cargas de las líneas de trabajo, para esto se debe reducir los desperdicios por conceptos de espera por una mala distribución de labores.

d. Tiempo de ciclo (T/C)

El tiempo de ciclo es el tiempo requerido para terminar un proceso, este sirve para determinar el rendimiento del proceso productivo, de esta manera poder realizar una nivelación de las cargas de trabajo o en su medida implementar nuevas tecnologías a las líneas de producción.

e. Trabajo estandarizado

Se busca encontrar y dar soluciones que vaya a estandarizar el tiempo de ciclo y todos hagan lo mismo trabajando de la misma manera. Esto se realiza mediante un conjunto de procedimientos de trabajo establecidos por ser el mejor método y secuencia para cada proceso.

f. Cambios rápidos de utillaje

Hacen referencias a las técnicas y teorías diseñadas para realizar la operación de cambio de herramientas y utillaje en menos de 10 minutos.

Siendo utillaje de una maquina el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la maquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto

g. Mantenimiento productivo Total

El TPM (Total Productive Maintenance) el sistema de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto “mantenimiento preventivo”. El mantenimiento productivo total asegura que cada máquina en el piso de producción siempre está disponible para ser utilizada según el programa de producción, lo cual provoca un flujo continuo en el correcto funcionamiento de los equipos.

Siendo las tres metas del mantenimiento productivo total:

1. Maximizar la efectividad de cada pieza del equipo (la eficiencia global del equipo)
2. Proveer un sistema de mantenimiento acorde al ciclo de vida del equipo
3. Involucrar a los departamentos en el plan, el diseño, el uso y el mantenimiento del equipo.

h. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es un elemento básico del mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés).

Con esta herramienta se pueden prevenir perdidas de equipos relacionadas con paros, perdidas de velocidad y defectos de calidad mediante la detección temprana por parte de los o del operador, defectos o fallas como falta de lubricación, desgaste excesivo debido a la contaminación de la suciedad, pernos flojos o falta de estos, etc.

El mantenimiento autónomo se enfoca en mantener en óptimas condiciones al equipo a través de la participación del operador en tareas de mantenimiento y verificaciones diarias con el fin de prevenir las perdidas antes mencionadas. Este mantenimiento se ha probado que ayuda especialmente a reducir los paros y los problemas de calidad que interrumpen el flujo continuo.

i. Jidoka (Automatización con toque humano)

Jidoka es un término japonés que significa automatización con un toque humano. Se refiere al diseño de las operaciones y equipos que no detengan a los operadores y así estos estén libres para que hagan trabajo que agregue valor.

Jidoka consiste en instalar un mecanismo en las maquinas que permita detectar los defectos y también un mecanismo que detenga la línea o la maquina cuando ocurren los defectos. Estas máquinas agregan valor a la producción sin necesidad de contar con un operador.

j. JIT (Justo a tiempo)

Justo a tiempo (JIT) significa poder producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo lo que implique despilfarro o desperdicios (Muda) en el proceso de producción, desde las compras hasta la distribución debe ser eliminado.

k. Sistema Kanban

Kanban es una palabra de origen japonés que significa etiqueta de introducción, también llamadas tarjetas.

Dichas tarjetas contienen la información necesaria para poder sincronizar las etapas del sistema productivo, permitiendo que se entreguen los materiales en tiempos más reducidos y con una mayor calidad.

Kanban además hace referencia al uso de tarjetas para el control de los inventarios en el sistema jalar.

l. 5 S

Las 5S forman parte esencial de Lean Manufacturing, pues implica sumar esfuerzos para lograr beneficios, manteniendo un lugar de trabajo bajo condiciones tales que logre contribuir a la disminución de desperdicio y reprocesos, así como mejorar la moral del personal.

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo.

Se llama estrategia de las 5S porque representa acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con las letras S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar limpio y seguro para trabajar. Estas cinco palabras son:

- 1) Seiri (Clasificar)
- 2) Seiton (Orden)
- 3) Seiso (Limpieza)
- 4) Seiketsu (Estandarizar)
- 5) Shitsuke (Disciplina)

Su importancia radica en mantener un buen ambiente de trabajo, que es crítico para lograr encaminar a una organización hacia la calidad, bajos costos y entregas oportunas.

La aplicación de estas metodologías supone unas seguidillas de pasos que son descritos en la figura 1-8.

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Fuente: Libro “Manual sobre Lean Manufacturing”

Figura 1-8. Resumen de las 5S

m. Fábrica y administración visual

La fábrica y administración visual inicia con una frase: “una imagen dice más que mil palabras”. La fábrica y administración visual es un sistema de comunicación y

control usado en toda la planta que enfoca principalmente la información visual como principal método de aprendizaje, disciplina y control de un proceso productivo.

n. Poka-yoke (A prueba de errores)

Poka-yoke es una técnica de calidad que significa a pruebas de errores. La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

Como error se entiende lo que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso, por ende es de suma importancia detener y controlar el proceso sobre el cual se está generando el error. Un mecanismo Poka-Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan.

o. Kaizen (Mejoramiento continuo)

Es el término japonés para el mejoramiento continuo, está compuesta por dos palabras, una KAI que significa “cambio” y la otra ZEN que significa “bueno, mejor” lo que implica que KAIZEN signifique “cambio para mejorar” y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa de lo pequeñas que sean, y alcanzar las metas de Lean Manufacturing de eliminar todos los desperdicios, que generan un costo sin agregar valor.

Kaizen significa mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social y de trabajo aplicada al ambiente de trabajo.

p. Hoshin Kanri

Hoshin Kanri o administración por directrices es el sistema nervioso de Lean Manufacturing. Básicamente el Hoshin kanri es un subsistema de Control Total de calidad, que permite a una organización planear y ejecutar innovaciones estratégicas, a través del desarrollo de planes de implementación apropiados a cada nivel jerárquico a través de toda organización.

Hoshin kanri es el sistema administrativo de una empresa, para lograr la supervivencia a través de la satisfacción de las necesidades del cliente.

1.3.3 Nivelación

Este es uno de los aspectos más importantes de todo el proceso, ya que de esta manera se buscara distribuir el turno durante el día o la semana, el trabajo requerido en la célula de manufactura para satisfacer la demanda del cliente.

Las herramientas que utiliza son:

a. Heijunka (nivelación de carga)

Heijunka es un sofisticado método para planear y nivelar la demanda del cliente a través del volumen y variedad a lo largo del turno de trabajo.

Este permite nivelar la carga considerando el uso más eficiente del equipo y de las personas.

b. Retiro constante (paced withdrawal)

Es un sistema para mover pequeña cantidades de productos de una operación o proceso a otro, en intervalos de tiempos iguales para el pitch. (tiempo necesario en la producción para realizar un contenedor de productos o lotes)

1.3.4. Estructura de las herramientas que conforman Lean Manufacturing

La estructura de Lean Manufacturing hace referencia a una casa, (ver figura 1-9). Donde el techo de la casa está constituido por las metas propuestas, estas se identifican con la mejor calidad al más bajo costo, el menor tiempo de entrega.

Sujetando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka, JIT para producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta y Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición de fallo e inmediatamente detener el proceso. Ese sistema permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz de manera que los defectos no pasen a las próximas estaciones.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua.

A este cimiento, se le añade el factor humano como clave en las implantación del Lean, factor éste que se manifiesta en múltiples facetas como son el compromiso de la dirección, la formación de equipos, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa.

Todos los elementos de esta casa se construyen a través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento.



Fuente: Ppt Lean manufacturing en línea www.bomconsulting.com

Figura 1-9. Estructura de facturación Manufacturing

**CAPÍTULO 2: FASE DE DIAGNÓSTICO A INDUSTRIA MEDIANA EN
BASE A LEAN MANUFACTURING**

2. FASE DE DIAGNÓSTICO A EMPRESA EN BASE A LEAN MANUFACTURING

La empresa a estudiar tiene por nombre Anasac Ambiental S.A., es una industria de bien y consumo, está vinculada de manera directa a la producción, comercialización de semillas distribución y producción de insumos para la sanidad ambiental y el cuidado de áreas verdes.

Anasac Ambiental S.A. es una empresa productora y distribuidora de productos agrícolas y de mascotas en donde todas sus líneas de producción son a nivel de fraccionamiento, es decir, Anasac Ambiental S.A. no es una empresa fabricante de granel de productos, más bien, es una empresa que fracciona (embaza) las materias primas que adquiere a productores externos o filiales y posteriormente distribuye dichos productos.

En cuanto a sus líneas de producción de Anasac Ambiental S.A. se caracterizan por tener poco nivel de automatización, más bien, se realizan casi todos los procesos a mano y se depende mucho del factor humano.

Actualmente la planta de Anasac Ambiental S.A. ubicada en Lo espejo, Región Metropolitana, cuenta con 6 líneas de fraccionamiento o embazado las cuales son:

- Área de fraccionamiento de Líquidos -Área de fraccionamiento de prados - Área de fraccionamiento de semillas de hortalizas - Área de fraccionamiento de raticidas - Área de fraccionamiento de sustratos - Área de fraccionamiento de fertilizantes.

2.1. CASO APLICADO

2.1.1. Descripción de la problemática

Para fines de estudios el área a analizar es el área o línea de fraccionamiento de prados. En esta línea de producción se fracciona toda la gama de semillas de prados que ofrece Anasac Ambiental S.A., los cuales son más de 40 códigos de productos, en donde se elaboran alrededor de 1000 unidades por cada código de producto o SKU (código del producto, por el cual se clasificación y encuentra) en un mes de alta demanda.

Semillas Puras	Mezclas de semillas de prado
 	  
 	  

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1. Productos de Anasac ambiental

Es así que el plan de producción se debe ajustar a la cantidad de horas hombres disponibles, para poder cumplir con la meta de producción por mes.

Esta dependencia de horas hombres, sumada a la poca automatización de la línea, conlleva a la necesidad de que en algunos casos por la fluctuación de la demanda, se requiera de horas extraordinarias por parte de los trabajadores para poder alcanzar la demanda por mes.

De acuerdo a lo anterior, se tiene consecuencias asociadas como:

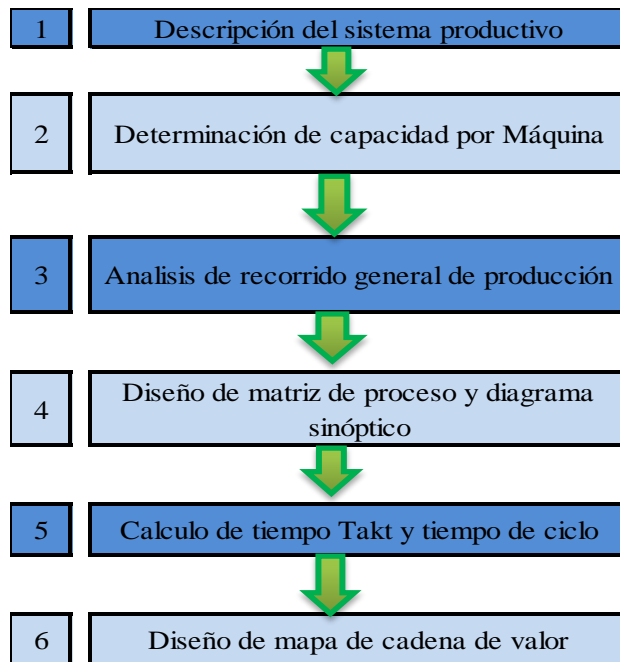
- Las personas no pueden mantener un trabajo totalmente continuo en períodos largos de tiempo (relativos a la jornada).
- La producción es un tanto lenta y dependiente del factor humano.
- La posibilidad latente de no llegar a la meta productiva por mes.
- Como el factor humano es preponderante en esta línea, para el correcto funcionamiento de la línea de producción se debe hallar un equilibrio en los grupos de trabajo (Horas máquinas), lo que no asegura una correcta fluidez en el proceso.
- Se requiere más unidades de producción en menos horas hombres, esto para poder liberar al personal y así disponerlos en otras líneas de producción para la generación de otros SKU.

De acuerdo a las referencias que da tanto el personal y el jefe de producción sumada a características técnicas del área, como lo es una mala distribución de los espacios físicos para lograr el proceso productivo de la planta, sumado a los puntos anteriormente mencionados, queda a la luz que la problemática principal es:

“No contar con un flujo continuo en la línea de producción de prados, lo que trae como consecuencia que el personal dedique más tiempo para una meta de producción establecida.”

2.2. DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA

Para realizar el diagnóstico de la problemática de la línea de producción del área de fraccionamiento de prados, se realizarán una serie de pasos los cuales, se puede apreciar en la figura 2-2:



Fuente: Elaboración Propia a partir de fuente Villaseñor, "Lean Manufacturing"

Figura 2-2. Pasos para diagnóstico de la problemática

2.2.1 Descripción del sistema productivo

El proceso productivo de la línea de prados comienza cuando el área de ventas (Retail o Profesional) genera un pedido del producto, este pedido es dirigido al área de operaciones que determina la cantidad exacta a producir, toda la información con relación a la producción, se encuentra en línea con la base de datos del área de área de distribución y almacenamiento.

Una vez determinada la cantidad del pedido en unidades, se genera un pedido mediante el sistema SAP al área de producción, donde se indica el SKU (códigos de productos) a producir de 50 posibles productos, junto al SKU se indica la cantidad, es en base a esta información que el área de producción genera una orden de insumo al área de materias primas con 12 horas de anticipación (mediante sistema SAP), esta último entrega los materiales necesarios para la producción, los que son despachado al área de producción donde se desarrolla todo el proceso productivo de la línea de prados.

El proceso productivo de la línea de prado puede ser de dos formas:

- a) Completamente a mano.
- b) Puede realizarse con ayuda de una máquina dosificadora. Esta debe ser limpiada entre cada cambio del tipo de semillas (duración del proceso igual a 2[h]) el proceso dependerá del tipo de código de producto a desarrollar.

Estos Códigos pueden ser semillas de prado 100% puras, o semillas de prados con mezcla de variedades de semillas.

2.2.1.1. Elección del producto a elaborar como motivo de estudio

La elección de la línea de productos se ha seleccionado en base a los productos más representativos de la línea de producción de prados en general y a los productos más vendidos de cada línea de producción (línea de producción mecanizada y línea de producción manual) esto de acuerdo al historial de ventas de años anteriores, lo cual arrojó que para la línea de producción manual el producto más vendido es la línea de semillas puras “Chépica alemana” y para la línea mecanizada el producto más vendido es la variedad de mezclas de semillas “estadio”, este último producto será el proceso productivo a analizar, donde, los niveles de producción promedio de este producto, permiten su análisis y estudio con facilidad

Para la descripción del proceso general de la línea de prados ver diagrama 2-1, donde se visualiza el flujo de procesos general de la línea de prados.

a) Línea de prado realizado a Mano

El proceso comienza cuando se ingresa la materia prima (semillas de prados puras), mientras esto sucede los operadores preparan el material de embalaje (etiquetan y marcan las cajas), posterior a esto, el operario N°1 es encargado de llenar la bolsa de empaque y pesar la cantidad exacta dependiendo la orden que pueden ir de los 250 [g] a 1[kg] dependiendo del SKU a producir, un segundo operador es el encargado de sellar la bolsa con una máquina selladora por calor presión, finalmente deja la bolsa sobre el mesón hasta juntar una cierta cantidad con la que se puedan ir llenando las unidades de empaque (caja de embalaje) donde finalmente es sellada y marcada con un sello que indica el tipo de producto (nombre), fecha de elaboración, lote y cantidad que va a depender de la orden generada (de 10 a 15 unidades por caja de embalaje). Este último proceso va a variar si el código SKU como unidad va en una caja de empaque o

simplemente va en una bolsa de empaque, que finalmente son depositados en una caja de embalaje.

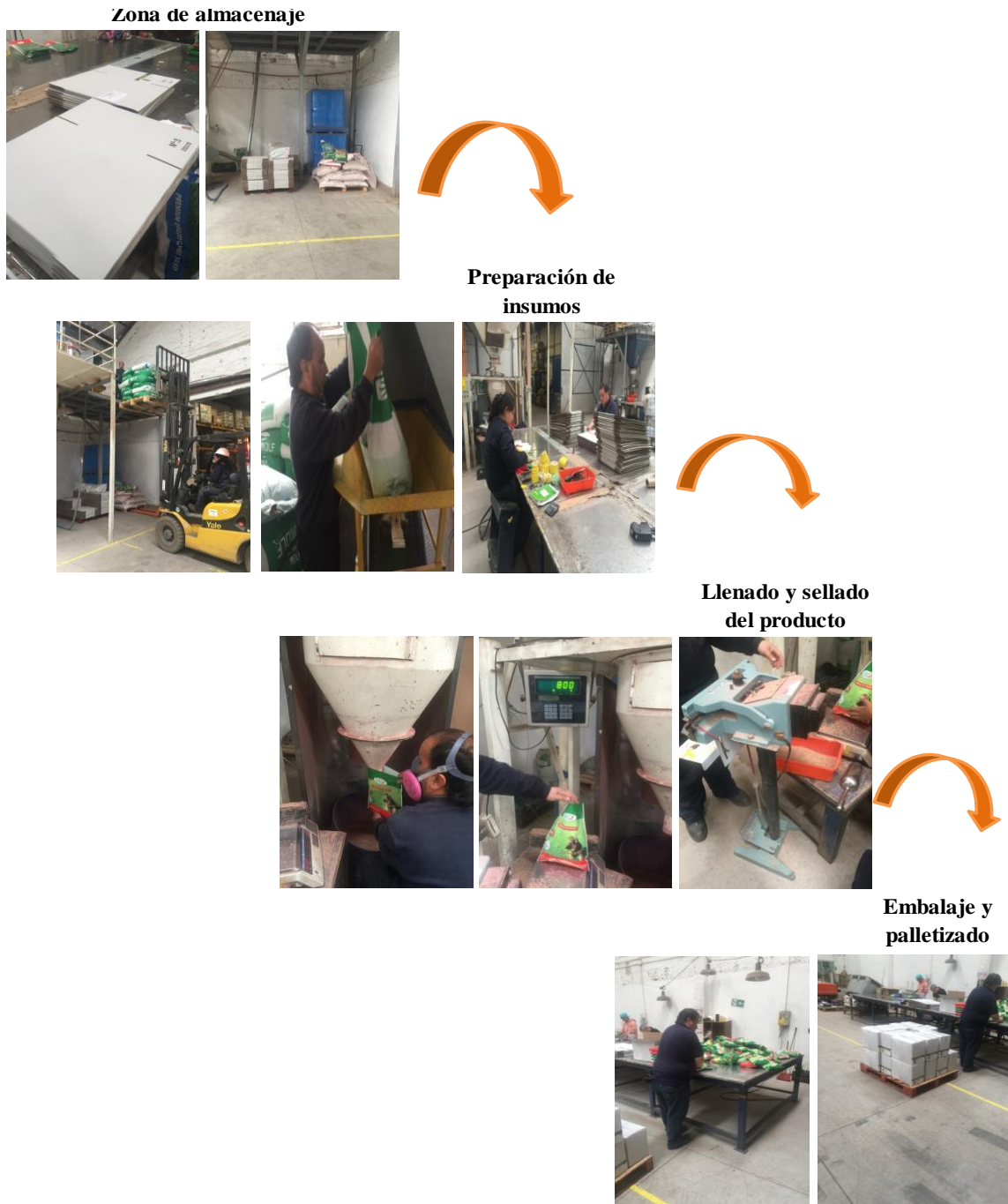
b) Línea de prado mecanizado

En la figura 2-3, se puede apreciar las estaciones de trabajo y los procesos que participan en la línea productiva de prados mecanizada, donde el proceso productivo de la línea de prados mecanizado comienza con la limpieza de la máquina (ver diagrama 2-1., flujo de proceso general de línea de prados), esta limpieza es en seco, luego se ingresa la materia prima (semillas de prados), con la que finalmente se carga la máquina (dosificadora vertical) por la parte superior con un tope máximo de 700 [kg], luego la máquina se encarga de revolver la mezcla de semillas de prados y dosificar la cantidad de mezcla que va en cada bolsa de empaque que pueden ir de los 250 [g] a 1[kg] dependiendo del SKU a producir en paralelo, mientras se espera que la máquina se encuentre lista para la operación, los operarios se encargan de preparar los materiales de insumos para realizar los embalajes, cuando la máquina se encuentre lista, un operador va instalando y retirando la bolsa de empaque a medida que esta se va llenando con la mezcla de prado, este operador deja la bolsa de empaque en la pesa digital donde un segundo operador verifica si el peso es el correcto, este segundo operador es el encargado de sellar la bolsa con un máquina selladora por calor presión. Finalmente, la bolsa es dejada sobre el mesón hasta juntar un cierta cantidad con la que se puedan ir llenando las unidades de empaque (caja de embalaje) donde finalmente es sellada y marcada con sello que indica el tipo de producto (nombre), fecha de elaboración, lote y cantidad que va a depender de la orden generada (de (10 a 15 unidades por caja de embalaje).

Al finalizar dicho proceso se genera el despacho final con los productos terminados y elaborados al área de distribución, donde se generan los pedidos de los distintos clientes ya sean particulares o tiendas del retail.

Para lograr dimensionar los tiempos de cada proceso se ha generado un diagrama sinóptico de proceso (ver diagrama 2-1, el cual abarca cada paso anteriormente mencionado indicando el tiempo que dura cada proceso.

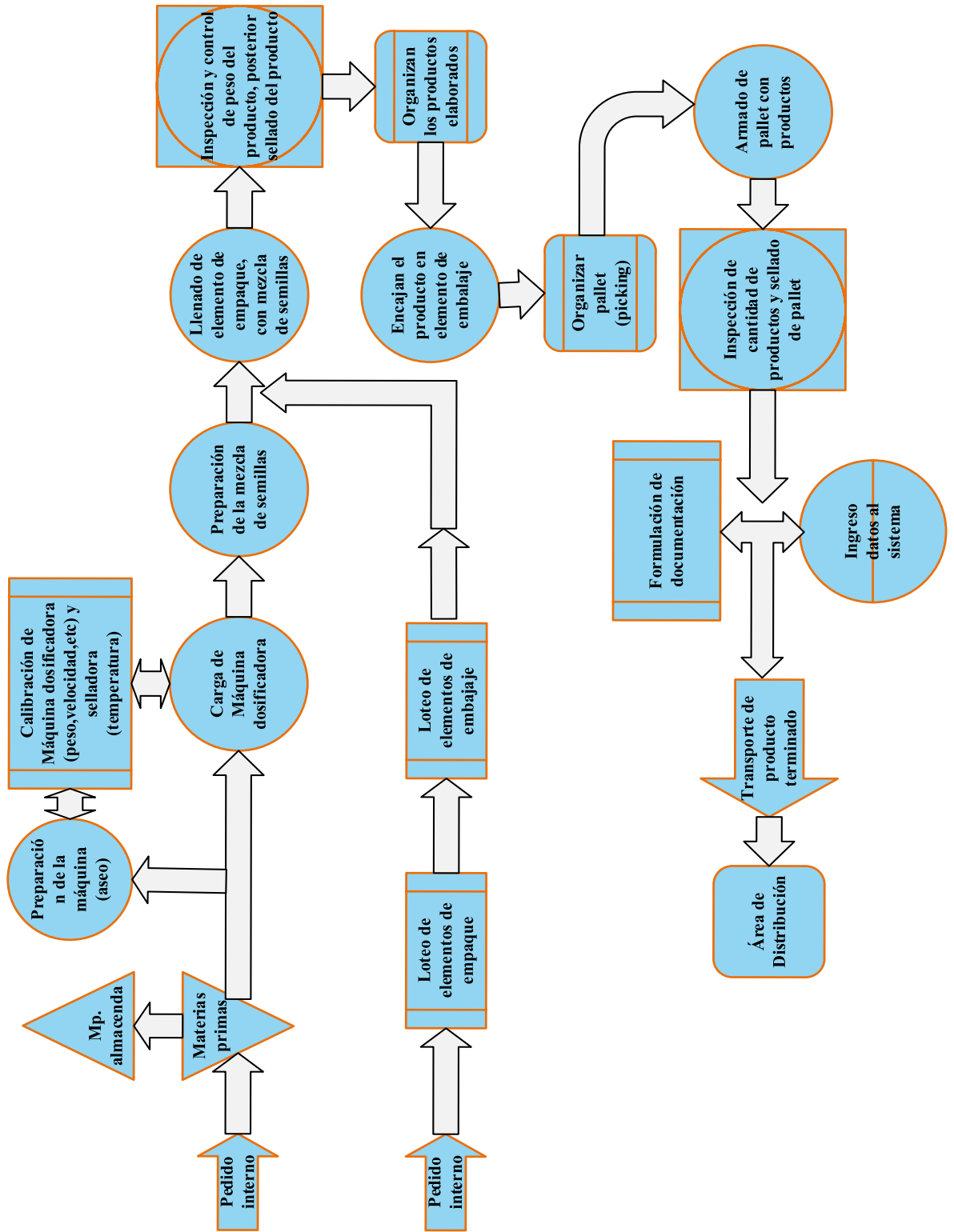
Este último es el proceso productivo a analizar, esto a pedido de la jefatura del área de producción puesto que este el proceso que requiere mayor cambio en cuanto a mejoras.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3. Línea mecanizada de la línea de prados

Diagrama de Flujo de Proceso General de Línea de Prados



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 2-1. Flujo general de línea de prados

2.2.2. Determinación de la capacidad por máquina

Para determinar la capacidad de la máquina dosificadora se tomó en consideración los tiempos de funcionamientos de la máquina dosificadora,

contemplando la producción total en un turno de 9[h] que corresponde al turno de trabajo total.

Para realizar los cálculos de capacidad por máquina, se realizó un muestreo de forma aleatoria y en diferentes condiciones de operación del tiempo que se requiere para cargar una bolsa de empaque con la máquina dosificadora (con la mezcla ya realizada) esto para un grupo de persona de 2 operarios, estos tiempos arrojaron un promedio de operación cercano a los 15[s], es importante mencionar que este tiempo no incluye los tiempos de recorrido para el producto, ni los tiempos de encajado y palletizado, simulando así un proceso cercano al ideal.

Dónde:

₁*Ecuación N°1: CP.máx. = Capacidad de producción máxima = Capacidad por turno de trabajo [ud./turno].

$$CP_{\max} = \left\{ \left(\frac{\text{Tiempo total de trabajo[h]} * \text{Conversión de 1[h] en [s]}}{\text{Tiempo de operación[s]}} \right) * 0.85 \right\} = \text{Capacidad por turno de trabajo}$$

₂*Ecuación N°2 CP.Real= Capacidad de producción real= Capacidad por turno de trabajo [ud./turno].

$$CP_{\text{real}} = \left\{ \left(\frac{\text{Tiempo total de trabajo[h]} * \text{Conversión de 1[h] en [s]}}{\text{Tiempo de operación[s]}} \right) * 0.85 \right\} = \text{Capacidad por turno de trabajo}$$

En base a lo anterior, el ciclo de producción máximo utilizando la máquina es:

$$1^* CP_{\max} = \left\{ \left(\frac{9[h] * 3600[s]}{15[s]} \right) * 0.85 \right\} = 1836 \text{ [ud./turno]}$$

$$CP_{\text{real}} = \left\{ \left(\frac{9[h] * 3600[s]}{15[s]} \right) * 0.85 * 0.88 \right\} = 1436 \text{ [ud/turno]}$$

Siendo:

0.85 = 85% Grado de eficiencia del personal. (Para Calculo de Anasac A.)

0.88 = 88% Factor de merma inherente del proceso (base a datos de Anasac A.)

15[s]. = Tiempo promedio que se requiere para cargar una bolsa de empaque.

Según los cálculos el ciclo de producción máxima es de 1436 [ud/turno], lo que significa que el rendimiento real de la máquina contabilizando 8[h] efectivamente trabajadas (sin adicionar el tiempo asignados a colación y permisos) es de 202 [ud./HM].

Sin embargo, a pesar de los datos calculados, dadas las condiciones del área de producción, falta de estándares al proceso y como se menciona anteriormente los tiempos que no fueron incluidos (para simular un proceso productivo ideal); la capacidad de producción de semillas de prados en la práctica es mucho menor teniendo una variación del 10[%].

Respecto a lo anterior se cuenta con un registro de utilización y rendimiento de la máquina dosificadora en los meses del año 2016 que servirá a modo de comparación respecto a las posibles propuestas de mejoras.

El registro del periodo 2016, ver tabla 2-1. Indica las horas máquinas (HM) que fueron necesarias para poder completar la producción en dicho periodo, las HM son consideradas en un periodo normal de 20 días hábiles con un uso de la máquina dosificadora de 8[h] (horas en que la maquina se encuentra en funcionamiento en un día normal de trabajo) por turno con un rendimiento promedio de producción cercano a 105 [ud./HM], donde es necesario 34.29[s] para la producción de un solo producto.

Los cuadros en que el rendimiento supera al 100[%], significa que para dichos meses fue necesario de horas extras para poder completar la producción mensual.

Tabla 2-1. Registro utilización rendimiento de máquina dosificadora

Registro de utilización y rendimiento de máquina dosificadora periodo 2016												
Meses del año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
HM	124.20	105.10	190.70	160.80	81.20	68.00	68.30	217.20	282.80	245.70	253.30	229.60
Utilización de máquina 20 días hábiles x 8[h]	77.63%	65.69%	119.19%	100.50%	50.75%	42.50%	42.69%	135.75%	176.75%	153.56%	158.31%	143.50%
Rendimiento por turno 8[h]	652	552	1001	844	426	357	359	1140	1485	1290	1330	1205
Producción Mensual (Und/mes)	13041	11036	20024	16884	8526	7140	7172	22806	29694	25799	26597	24108

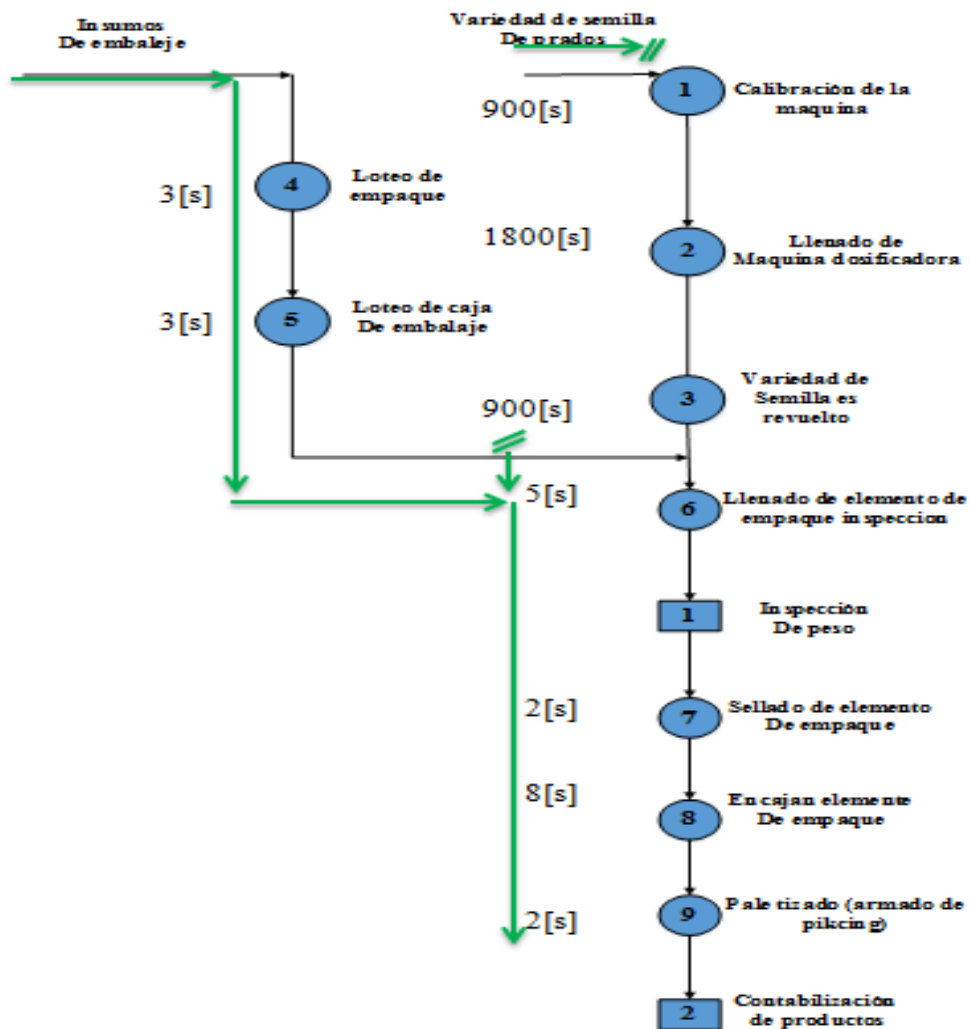
Fuente Elaboración propia

La demanda que posee el área de producción es previamente concertada por la alta gerencia en base a la demanda de años anteriores sumando un 10[%] de crecimiento anual.

En base a esto se puede deducir que el área de producción corresponde al modelo de gestión de operaciones del tipo PUSH (empujar) donde la existencia de economías de escala permite la producción de lotes grandes, donde unas de las principales desventajas de este sistema es que disminuye la velocidad de flujos y de materiales pasan a ser un stock lo que produce nerviosismo y causa mayor variabilidad en el sistema. Esta deducción parte del hecho que la alta gerencia exige un 10[%] de crecimiento anual, por ende la producción de los productos cada año va en aumento y

para llegar a dicha producción es necesario realizar grandes lotes de productos, parámetros contrarios a los de la metodología Lean Manufacturing.

2.2.3. Diagrama Sinóptico de Procesos de la Línea de producción



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama 2-2. Proceso de línea de producción de prados

Tabla 2-2. Resultados de diagrama sinóptico

Símbolo	Significado	Línea de producción mecanizada →		Línea de producción hecha a mano →	
		Total	Tiempo total	Total	Tiempo Total
Línea Vertical	Flujo de un proceso				
Línea Horizontal	Ingreso de material				
○	Operación	9	1 [hr] y 23[s]	6	25[s]
□	Control de calidad	2	0	2	2

Fuente: Elaboración propia

Del diagrama 2-2 se puede observar:

- 1) La línea de producción de prados Mecanizada posee tres operaciones previas que demandan mayor tiempo y de los cuales, uno de ellos corresponde a la preparación de la máquina y los otros dos corresponden a la preparación de las mezcla de semillas.
- 2) En esta misma línea de producción y en paralelo se ejecutan dos operaciones, donde la primera es la preparación de la máquina y la segunda es la preparación de insumos de empaque.
- 3) El diagrama sinóptico no considera los tiempos de movimientos de los operadores (tiempos de recorridos del producto) para trasladar el producto en fabricación de un puesto de trabajo a otro, estos tiempos de recorrido son:
 - Recorrido de dosificadora vertical-control de peso: 2[s].
 - Recorrido control de peso-selladora calor presión: 2[s].
 - Recorrido selladora calor presión-mesón de trabajo: 2[s].
 - Recorrido de mesón de trabajo a pallet: 4[s].

Según lo anterior ver tabla 2-2, suman 10[s] al tiempo total necesario para la elaboración de un solo producto siendo un tiempo total de 35[s] para poder elaborar un producto.

2.2.4. Cálculo de Takt time

El turno de trabajo de la línea de producción es de 9[hr], esto menos el tiempo donde el proceso normal de trabajo se detiene queda en:

$$\text{Tiempo de producción real en [s]} \quad : 9[\text{h}] * 60[\text{min}] * 60[\text{s}] = 32400[\text{s}]$$

$$\text{Descanso de 10[min]} = 600[\text{s}]$$

$$\text{Colación de 45[min]} = 2700[\text{s}]$$

$$\text{Permisos Baño 5[min]} = 300[\text{s}]$$

Sumatoria de Tiempo perdido: 3600[s] o 1.0[h]

$$\text{Tiempo disponible } 32400 - 3600 = \mathbf{28800[\text{s}] \text{ u } 8.0 [\text{h}]}$$

El tiempo disponible para realizar el proceso productivo en un turno de trabajo es de 8[h] que es igual a 28800[s].

Cálculo de Takt Time:

El cálculo de Takt time o el ritmo de producción que marca el cliente se realiza a partir de la demanda calculada previamente por el área de ventas (ventas internacionales y locales).

La producción total requerida para productos de semillas de prado con mezclas o para la línea de producción mecanizado es de 37000 unidades

Esto dividida en los días de trabajo queda en:

$$\text{La demanda línea Mecanizada} = \frac{37000}{22} = 1681.81 \text{ productos por día.}$$

La producción total requerida para productos de semillas de prado puras o para la línea de producción realizada a mano es de 13000 unidades

Esto dividida en los días de trabajo queda en:

$$1) \text{ La demanda línea a mano} = \frac{13000}{22} = 591 \text{ unidades por día.}$$

Según el cálculo de la demanda se tiene:

$$^3\text{Takt Time o Ritmo de producción disponible: } \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

$$1) \text{ Takt time línea mecanizada: } \frac{28800}{1681.81} = 17.12 \left[\frac{\text{s}}{\text{ud}} \right]$$

$$2) \text{ Takt Time línea Manual: } \frac{28800 \text{ [s]}}{591 \text{ und.}} = 48.73 \left[\frac{\text{s}}{\text{ud}} \right]$$

Según los Takt time calculados se indica que para satisfacer la demanda del cliente o la demanda calculada se debe producir a una velocidad de 17.12[s] por unidad en la línea de prados mecanizada y 48.73 segundos por unidad en la línea de prados a manos.

Esto se contrarresta con la información reflejada en el diagrama sinóptico, puesto que el tiempo necesario para satisfacer la demanda actual debe ser de 17.12[s], mientras que la real es de 35[s], siendo esto, motivo necesario generar horas extras para poder completar el nivel de producción establecido y así satisfacer la demanda.

³* Fórmula para cálculo de Tack Time, Libro: Lean Manufacturing, Villaseñor.

2.2.5. Cadena de valor del proceso productivo

2.2.5.1. Desperdicios de la línea de producción

Para poder generar mejoras en un proceso productivo, es necesario conocer dónde se encuentran las fallas del proceso productivo. La tabla 2-3 describe los principales desperdicios que la línea de producción de prados en general presenta:

Tabla 2-3. Desperdicios de la línea de producción

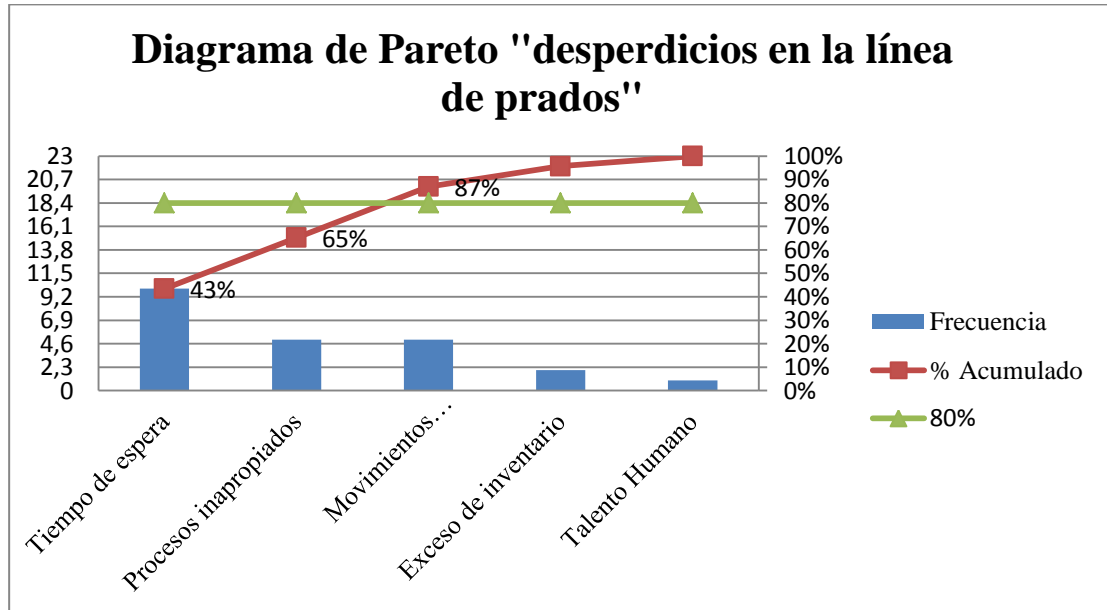
Nº	Problema en el proceso productivo	Descripción de problemática	Clasificación de desperdicio
1	Personal subvalorado	El personal puede realizar más acciones y más rápidas que los registros de producción. Puede producir más en la misma cantidad de tiempo	Talento Humano
2	Máquina en mal estado	Una máquina en mal estado ocasiona que la producción se retrase y obliga a que los operarios improvisar y quedar con tiempo libre.	Tiempo de espera
3	Retraso de insumos	Los insumos se envían de un área a otra lo que ocasiona un tiempo de espera considerable.	Tiempo de espera
4	Falta de estandarización de procesos	Los operarios se saltan pasos de ejecución, lo que conlleva a errores en ejecuciones de procesos.	Procesos inapropiados
5	Mal posicionamiento de operarios	Los operarios en ocasiones no se encuentran en la posición correcta para realizar el proceso.	Movimientos innecesarios
6	Falta de abastecimiento de insumos	El personal queda a la espera de insumos para realizar el proceso.	Tiempo de espera
7	Exceso de insumos	En ocasión queda un sobrante del material de insumo.	Exceso de inventario
8	Espera de maquinaria para cargar la materia prima	La materia prima debe ser cargada en la parte superior de la máquina dosificadora, para esto se necesita una grúa horquilla	Tiempo de espera
9	Movimiento de la materia prima	Para poder cargar la máquina dosificadora, se necesita separar la materia prima, esta debe ser movida de lugar	Movimientos innecesarios
10	Los operarios se trasladan demasiado	Van rotando constantemente su puesto de trabajo	Movimientos innecesarios
11	Lugar de materiales no establecidos	Inexistencia de delimitación para poder dejar el inventario inicial, por ende se dejan en cualquier lugar	Exceso de Inventario
12	Imprecisión en el peso del producto	Esto debido a falta de mantenimiento y mala calibración de la máquina dosificadora, lo que conlleva a que el peso del producto debe ser revisado	Movimientos innecesarios

Nº	Problema	Descripción de problemática	Tipo de desperdicio
13	El operario olvida procedimientos	Falta de estandarización, hay pasos que se olvidan puesto que no hay una guía presente	Procesos inapropiados
14	Procesos en paralelo desiguales	A pesar de que existen procesos paralelos, hay partes donde algunos de los operarios quedan con tiempo libre.	Tiempo de espera
15	Dependencia de jefatura	Ante cualquier eventualidad el personal pierde tiempo en ir a preguntar a jefatura el procedimiento a realizar.	Tiempo de espera
16	Hoja de orden deficiente	Existe personal con mayor experiencia que otros, lo cual causa una dependencia en caso de que llegaran a faltar.	Tiempo de espera
17	Acumulación de suciedad o residuos en el lugar de trabajo	El mismo residuo de las semillas, se va acumulando genera mayor suciedad.	Tiempo de espera
18	Inexistencia de señaléticas	La falta de estandarización ocasiona que los trabajadores inexpertos cometan errores seguidos.	Proceso inapropiados
19	Disminución de espacio de trabajo	Debido a que se realizan otros procesos en paralelos en el mismo lugar de trabajo	Exceso de inventario
20	Incertidumbre de falla de máquina dosificadora	Esto debido a que no existe un plan de mantenimiento predeterminado para dicha máquina.	Tiempo de espera
21	Falta de comunicación entre transportista y operarios	Esto ocasiona que el operario salga a buscar al transportista (grúa horquilla), para poder transportar la materia prima.	Tiempo de espera
22	Perforar elemento de empaque	En unos de los pasos de la línea se debe perforar el producto para que no se genere vacío en la bolsa	Proceso inapropiados
23	Comando de la máquina distante	Interruptores de funcionamiento de la maquina dosificadora distante del área de llenado de la máquina, lo que genera que el operario debe bajar para poder accionar el botón de encendido del motor del tornillo sin fin	Movimientos innecesarios
24	Falta de conocimiento del producto	El personal desconoce características del producto y necesitan una capacitación del mismo	Procesos inapropiados

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el diagrama 2-3 que el 80% de los problemas con mayor cantidad de desperdicios se encuentran en la categoría correspondientes a tiempos de espera que existen en el proceso productivo, esto debido a espera de indicaciones de procesos, movimiento de material, carga de material, preparación de la máquina dosificadora y esperas por reparaciones de la misma, junto con los desperdicios relacionados con los procesos inapropiados o movimientos innecesarios, esto debido

principalmente a falta de estándares, siguiendo a este desperdicio el exceso de inventario, principalmente por acumulación de materias primas o inventarios inicial.



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 2-3. Desperdicios de la línea de prados

En esta categoría no se contabilizó los desperdicios por sobre producción puesto que la cantidad a producir establecido por otras áreas de la empresa y donde las bodegas de almacenaje corresponden a las áreas de distribución, área la cual no se encuentra contemplando en este estudio tampoco se contabilizo el desperdicio por transporte, debido a que los puestos de trabajos están limitados de espacios, motivo que no deja como consecuencia un exceso de transporte de material de un lado a otro

Además de la categoría de sobreproducción y transporte, no se contabilizó el desperdicio por defectos, puesto que estos defectos o posibles devoluciones por deterioro, pasan primero por el área de distribución y luego son separados en el área de materias primas que luego se entregan al área de producción como materia prima.

2.2.5.2. Mapa de cadena de valor actual (VSM) de línea de prados

En base a lo visto en la empresa, se observa que la producción de la línea de prados ya sea manual o mecanizada, añaden valor al cliente, esto en el control de la calidad final del producto, puesto que son los trabajadores los encargados de corregir el peso neto del producto, es decir, los mismo trabajadores realizan la labor de control de

calidad y terminación final (estética), ya que por sus manos pasa el proceso final y terminado.

Según lo anterior y los diagramas anteriormente mostrados, se observa que lo que no agrega valor al cliente son los tiempos de esperas en el ámbito de la producción, especialmente en la preparación de las máquinas e insumos.

Como valor agregado se tiene todo aquel tiempo que es necesario para la fabricación del producto (canto inferior de línea de valor).

A continuación se muestra el mapa de la cadena de valor (ver figura 2-4), para la fabricación de la línea de prados mecanizada, esta tiene tiempos de esperas para la preparación de insumos y maquinarias, con el VSM se visualizan posibles problemas que puedan generar tiempos de esperas en la producción, el VSM se genera a partir del tiempo Takt Time disponible total disponible para el proceso de $8[h] = 28800[s]$. A este tiempo se le descuenta el tiempo de ciclo (TC) de cada proceso, esto indica la disponibilidad de tiempo [%] que queda del tiempo total para fabricación del producto.

En el mapa de la cadena de valor se da conocer dos líneas de cadena de valor:

- La línea N°1, hace referencia a los tiempos de producción de un solo producto.
- La línea N°2, hace referencia a los tiempos de producción en para cálculo de Takt time (producción en un mes).

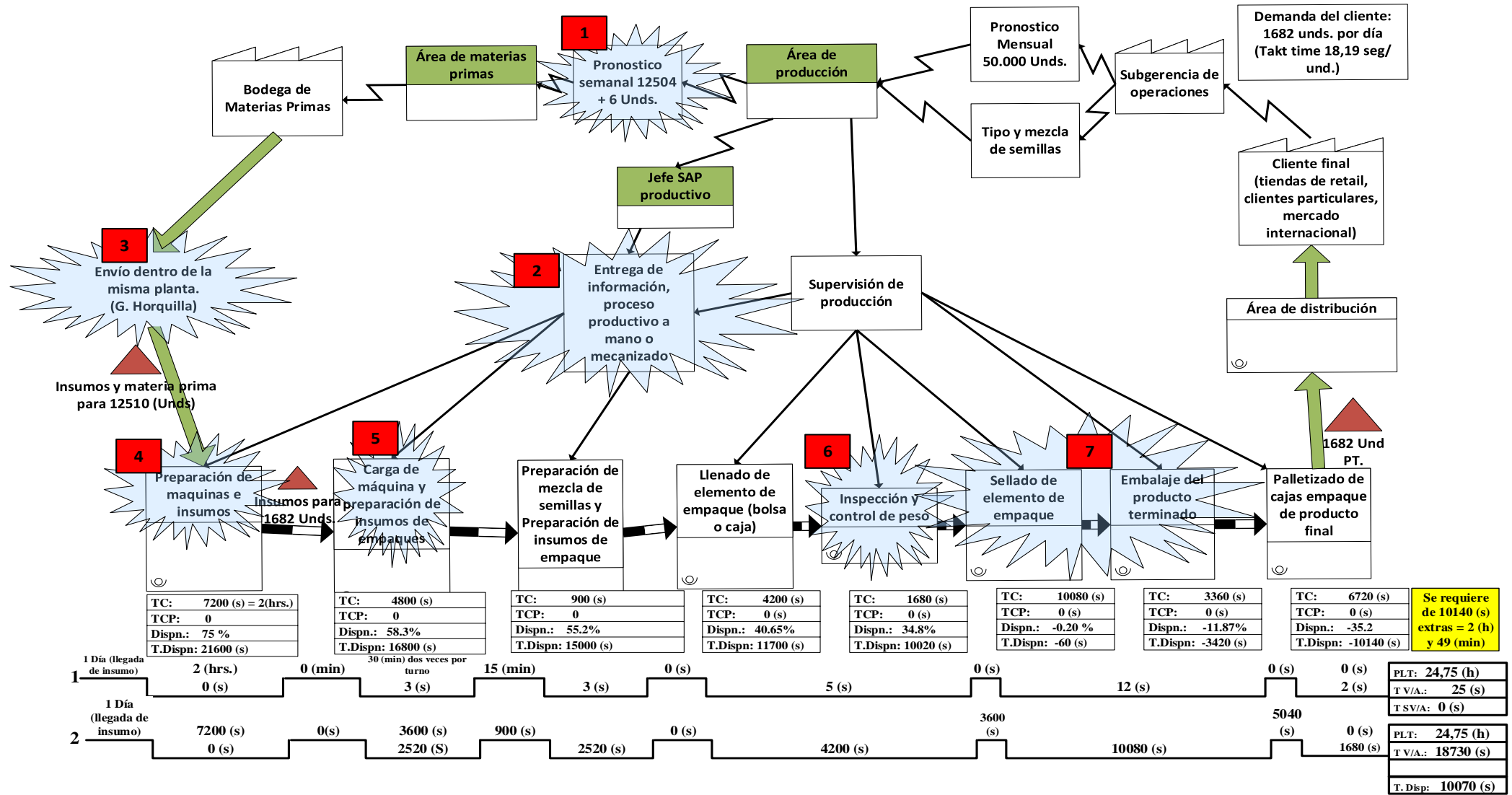
Se agrega además:

PLT: Tiempo de inventario del producto sin proceso o tiempo en que se ocupan HM y no existe elaboración del producto.

TV/A: Tiempo de valor agregado

TSV/A: Tiempo sin valor agregado

Por consiguiente se genera un VSM, con marcas en los puntos que ocasionan los problemas, este VSM es una hoja de ruta que ayudara tener presente donde atacar los desperdicios y los valores agregados que se pueden generar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-5. VSM con línea de valor futura e indicación de problemas de línea mecanizada de prados

2.2.7.3 Diagnóstico del VSM actual de la línea de producción de prados

Del diagnóstico del mapa de cadena de valor (VSM) de la línea de prados se han detectados los siguientes puntos y problemas que principalmente producen tiempos que no agregan valor al producto final, tiempos por el cual el cliente no está dispuesto a pagar.

N°1: Tiempo de espera, esto debido a que el área de producción determina la cantidad de insumos y materias primas que necesita para poder producir la cantidad de productos exigidos por el área de operaciones. Esta cantidad de insumos y materias primas deben ser solicitados al área de materias primas mediante sistema SAP con 12 horas de anticipación. Por lo que si se necesitara producir un cierto lote de productos, se debe esperar el actuar de materias primas. Este punto ocasiona problemas con los tiempos de entrega de la orden de producción, pudiendo mejorar el sistema de entrega de productos al no ser necesario la espera de 12 horas.

N°2: Tiempo de espera, debido principalmente a que el encargado de SAP productivo, debe entregar algunos de los insumos a los trabajadores para poder etiquetar las cajas y los bandeos, en esta operación, el trabajador debe ir hasta la oficina, solicitar el material y esperar que este se genere. En ocasiones el encargado productivo SAP debe verificar la cantidad de materias primas entrantes, por lo que el tiempo de espera puede aumentar. Este punto puede causar retraso en el inicio del proceso productivo, generando un retraso en las fechas de entrega de los productos.

N°3: Tiempo de espera, debido a que el personal debe esperar que los insumos y materias primas deban ser trasladados hasta el área de producción de semillas de prados, esta acción se realiza mediante una grúa horquilla. Esta grúa debe estar disponible tanto para el área de producción, así como, para el área de materias primas y el área de distribución, por lo que existe un tiempo de espera alto en caso de que la grúa horquilla se encuentre en otra área. Este punto causa como problemática principal un retraso en el inicio del proceso productivo, generando un retraso en las fechas de entrega de los productos.

N°4: Tiempo de espera y movimientos innecesarios; ambos debido a que para la preparación de la máquina dosificadora se requiere de un tiempo de espera de 2[h] si la máquina se encuentra en buenas condiciones, esto producto del tiempo de calibración y la limpieza de la máquina. Los movimientos innecesarios se dan debido a que, en la calibración de la máquina se realizan pruebas de peso y volumen para verificar dicha

calibración, pruebas que en ocasiones deben realizarse en más de una oportunidad debido a la antigüedad de la máquina dosificadora y la falta de mantenimiento de esta misma. Este punto al igual que el anterior causa retrasos en la fechas de entrega de los productos terminados al área de distribución, además se genera la posibilidad de verse afectada la calidad final del producto.

N°5: Tiempo de espera y movimiento innecesarios, debido que la máquina dosificadora debe ser cargada por la parte superior, siendo necesario subir la materia prima hasta el nivel superior, donde es necesario la ayuda de la grúa horquilla y al igual que el punto N°3 el tiempo de espera aumenta debido a que exista disponibilidad de la grúa horquilla, ya que esta se puede encontrar en alguna otra área. Luego de esta acción es necesario presionar el botón que activa el tornillo sin fin que revuelve la mezcla de semillas, este se encuentra en la parte inferior de la máquina dosificadora, por lo cual es necesario descender al primer nivel para activar dicho botón. Este punto genera problemas en el flujo continuo del proceso productivo debido a la espera de la carga de la máquina dosificadora.

N°6: Procesos inapropiados, debido a que la máquina dosificadora al no tener un plan de mantenimiento y calibración, pierde precisión en los pesos de los productos esto conlleva a que los productos deban ser pesados nuevamente por parte de los trabajadores. Este punto genera aumento en los tiempos de producción, pudiendo generar retrasos en el inicio de los procesos y un posible retaso en las fechas de entrega del producto, además de ver disminuida la calidad del producto.

N°7: Procesos inapropiados y movimientos innecesarios, esto debido a que en la etapa de sellado y embalaje de los productos, existen ocasiones en que las cajas no sellan correctamente, siendo necesario ser sellados nuevamente provocando la repetición del proceso por parte de los trabajadores. Este punto causa como problemática principal un retraso en las fechas de entrega de los productos.

-Cabe destacar que el VSM también indica los procesos que generan tiempos de valor agregados para la cadena de producción, los cuales son 25[s] en la fabricación de una unidad de producto. Este tiempo es agregado gracias al trabajo en paralelo que realizan los trabajadores u operarios, trabajo que es paralelo a otras actividades que se van desarrollando en los mismos instantes, un ejemplo de ello es, cuando un operario se encarga de llenar la máquina, el otro operario de la línea de producción de prados, ocupa ese tiempo en la etiqueta o loteo del elemento de empaque.

Se observa además que existe un tiempo que es necesario para cargar y preparar la mezcla (PLT), se puede considerar como un desperdicio necesario puesto que es fundamental para desarrollar el producto final.

La información más fundamental que entrega el VSM es el tiempo que no agrega valor al proceso (TSV/A), esto resulto ser igual a 1210 [s] por turno de trabajo, que considera el tiempo de recorridos y la calibración diaria de la máquina dosificadora, esto significa un desperdicio claro que debe ser eliminado para mejorar el proceso productivo de la línea de prados, es por eso que se genera este segundo VSM futuro, que será una hoja de ruta para evitar perder el horizonte en la eliminación de desperdicios.

2.2.6. Puntos crítico en el proceso de producción de la línea de prado

Como resumen de las evaluaciones anteriores, se puede destacar que tanto en el análisis de desperdicios y el análisis del VSM de la línea de producción de prados, se muestra en detalle que los principales problemas son ocasionados por el tiempo de espera entre procesos, los movimientos innecesarios y procesos inapropiados, lo que desenlaza finalmente en puntos críticos como:

-Proceso productivo entrecortado: Una de las principales problemáticas que destaca el proceso productivo debido a los tiempos de esperas, es que dicho proceso no mantiene un flujo continuo de los procesos.

-Tiempos de entregas: Este es uno de los puntos más relevantes para el proceso productivo de la línea de prados, ya que al generarse una orden de producción por parte del área de operaciones, el área de producción se compromete con una fecha de entrega de los productos terminados. Este punto resulta ser clave ya que si se estipula que por turnos de producción establecidos no se llega a la fecha establecida de entrega, es necesario generar horas extras en la producción para poder completar la demanda establecida.

-Calidad y terminación de los productos: El producto final debe tener una apariencia bien definida, no debe verse deforme y debe estar correctamente sellado, además debe tener el peso indicado y mezcla adecuada. Esto es de un grado de importancia alto, debido a que:

- Para un cliente final (consumidor), el producto resulta ser llamativo y atractivo.

- Para las cadenas de distribución (clientes mayoristas), la reposición y movimiento del producto debe ser de fácil manejo, por ende, el producto debe ser compacto y ergonómico (comodidad, eficiencia, funcionalidad) con los espacios. De esta manera se evitara devoluciones por no ventas y devoluciones por productos mal

sellados o con algún defecto visual, devoluciones que repercutirían de manera directa en el área de distribución y posteriormente en el área de materias primas.

2.2.6.1. Identificación de causas de los problemas

En base a los puntos críticos mencionados anteriormente, se puede extraer que los problemas que se encuentran en la línea de producción de prados son:

-Falta de estándares en el proceso productivo: no se cuenta con procedimientos estandarizados para realizar las distintas labores en la línea de producción.

-Puestos de trabajo desorganizado y desordenado: el lugar de trabajo no tiene un orden adecuado y lógico que pueda facilitar el proceso productivo.

-Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora: la máquina dosificadora no cuenta con un plan de mantenimiento, por lo que no se sabe la disponibilidad real, así como, la confiabilidad de la máquina de dosificadora.

-Falta de automatización del proceso productivo: parte del proceso productivo en su mayoría es realizado a mano, lo que conlleva un tiempo de producción más elevado.

-Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura: los operarios dependen de la información que la jefatura entrega, además que estos deben estar siendo monitoreados constantemente para evitar que bajen los niveles de producción debido a fines personales.

-Falta de comunicación entre áreas operativas: el movimiento de materias primas e insumos es realizado a través de una grúa horquilla, la cual debe ser contactada de un área a otra.

2.2.6.2. Categorización de problemas por causales

En la tabla 2-4 se muestran los principales problemas generados por los desperdicios observados en la línea de producción de prados, con sus causales.

Estos problemas son los que generan con mayor frecuencia siendo el 80% del total de problemas, los cuales fueron establecidos a partir del diagrama de Pareto “Producción de prados”

Tabla 2-4. Causales de decadencia según desperdicios

N°	Problema	Tipo de desperdicio	Causa del problema
2	Máquina en mal estado	Tiempo de espera	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora
3	Retraso de insumos	Tiempo de espera	Falta de comunicación entre áreas operativas
6	Espera de insumos	Tiempo de espera	Falta de comunicación entre áreas operativas
8	Espera de maquinaria para cargar la materia prima	Tiempo de espera	Falta de comunicación entre áreas operativas
14	Procesos en paralelo desiguales	Tiempo de espera	Estación de trabajo desorganizado y desordenado
15	Dependencia de jefatura	Tiempo de espera	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura
16	Hoja de orden deficiente	Tiempo de espera	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura
16	Acumulación de suciedad o residuos en el lugar de trabajo	Tiempo de espera	Estación de trabajo desorganizado y desordenado
19	Incertidumbre de falla de máquina dosificadora	Tiempo de espera	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora
20	Falta de comunicación entre transportista y operarios	Tiempo de espera	Falta de comunicación entre áreas operativas
4	Falta de estandarización de procesos	Procesos inapropiados	Falta de estándares en el proceso productivo
23	Falta de conocimiento del producto	Procesos inapropiados	Falta de estándares en el proceso productivo
10	Inexistencia de señaléticas	Proceso inapropiados	Falta de estándares en el proceso productivo
22	Perforar elemento de empaque	Proceso inapropiados	Falta de automatización del proceso productivo
12	Imprecisión en el peso del producto	Movimientos innecesarios	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora
17	Movimiento de la materia prima	Movimientos innecesarios	Estación de trabajo desorganizado y desordenado
21	Los operarios se trasladan demasiado	Movimientos innecesarios	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura
13	Comando de la máquina distante	Movimientos innecesarios	Falta de automatización del proceso productivo
5	Mal posicionamiento de operarios	Movimientos innecesarios	Falta de automatización del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS
DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA LÍNEA DE PRADOS

3 ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA LÍNEA DE PRADOS

3.1. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

La metodología Lean Manufacturing busca reducir y en lo posible eliminar los desperdicios presentes en un proceso o las áreas específicas. Con motivo de esto, es necesario aplicar los cambios necesarios para generar una mejora significativa en los procesos, pero para esto es necesario analizar y determinar las herramientas de Lean Manufacturing, que permitan generar las etapas de propuestas, las que finalmente permitirán los cambios necesarios para la mejora del proceso productivo.

Dichos cambios deben generar y consolidar un sistema productivo no solo robusto si no, que además debe ser estable y además, que sea cuantificable, esto para poder tener una certeza de su rendimiento y el desempeño de dichas herramientas en las áreas aplicadas.

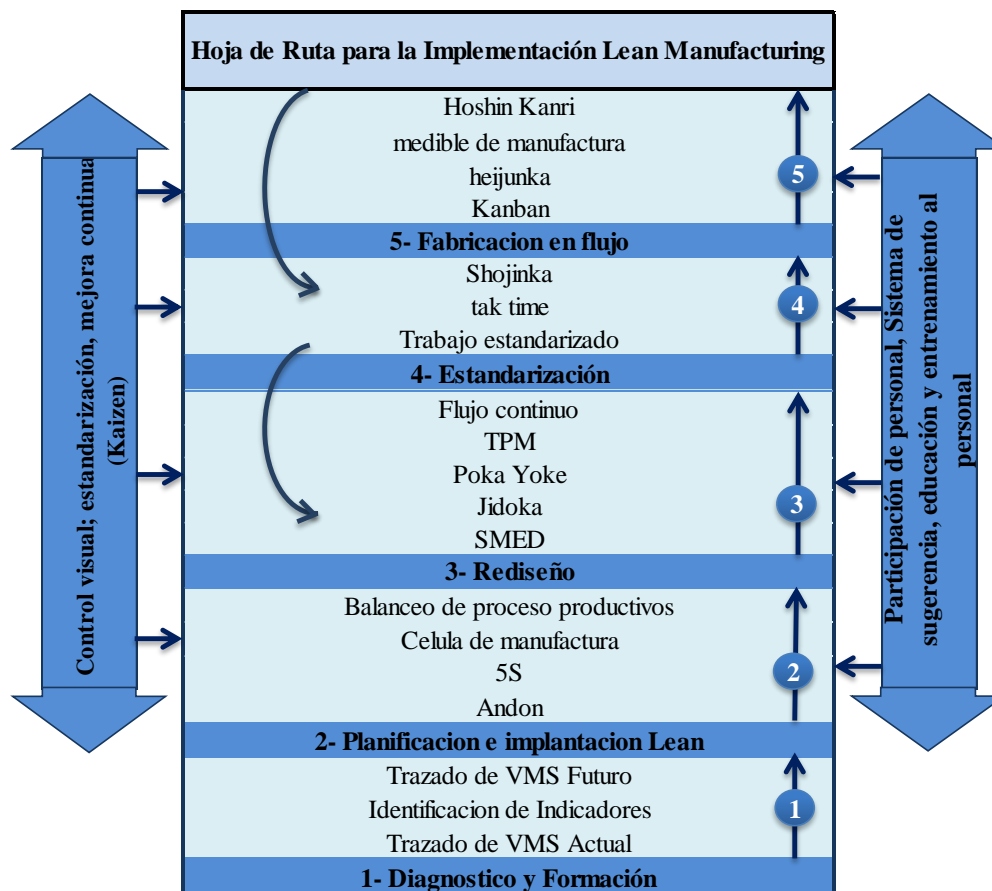
Para llegar a establecer y en su medida producir estos cambios robustos y estables, se debe establecer la selección de herramientas adecuadas que en conjunto y utilizadas de manera correcta van a modelar el sistema Lean Manufacturing para la línea productiva de la línea de prados mecanizada.

La figura 3-1 muestra una hoja de ruta para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing que sirven como guía para la creación de las mejoras para la línea de producción de prados de Anasac Ambiental S.A., esta hoja de ruta fue elaborada en base al marco teórico del capítulo N°1 y en base a los requerimientos de dicha línea de producción.

Se puede apreciar que en la parte inferior de la figura 3-1 y como número 1, figuran la base de toda solución de problemas, el cual es el diagnóstico y la formación que busca identificar la demanda del proceso productivo, luego de este paso, sigue la planificación e implantación Lean, rediseño y estandarización donde se busca implantar las herramientas Lean Manufacturing que estén destinadas al flujo continuo del proceso productivo (pasos N°2, N°3, N°4) y como continuación a estos pasos está el paso de fabricación en flujo (paso N°5), en el cual se busca encontrar y establecer una nivelación del proceso productivo que una vez aplicada la última herramienta, el proceso productivo se estará evaluando nuevamente desde el paso N°4 y de ser necesario deberá

retroceder hasta el paso N°3 para poder cumplir con las metas y objetivos de propuestos en las mejoras.

En forma vertical a las herramientas aparecen flechas en las cuales se mencionan las herramientas Lean Manufacturing que son los encargados de monitorear en todo momento la mejora continua de los procesos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1. Hoja de ruta para la implementación Lean Manufacturing

3.1.1. Indicadores de rendimiento para las herramientas Lean Manufacturing

La implementación de la metodología Lean Manufacturing a través de sus respectivas herramientas Lean Manufacturing como SMED, Kaizen, JIT, 5S, TPM, Andon, etc. trae consigo la interrogante, acerca de la verdadera utilidad y desempeño de la herramienta aplicada, es por este motivo, que la forma de evaluar las distintas aplicaciones de las herramientas Lean Manufacturing es mediante indicadores claves de rendimiento KPI, por sus siglas en inglés (Key Performance Indicator).

A continuación se muestra un cuadro resumen de las herramientas Lean Manufacturing y los KPIs que pueden ser utilizados para la evaluación de dichas herramientas.

Tabla 3-1. KPI's para herramientas Lean Manufacturing

Herramientas L.M.	Objetivos de Herramientas L.M.	KPI's
Estandarización	Reduce el tiempo de ejecución de las operaciones y establece una base para seguir mejorando en el futuro.	Nph ([h],[min],[s]), Tpu
VMS	Exponen todos los desperdicios y operaciones que no añaden valor y proporciona una hoja de ruta para mejorar hacia el estado futuro.	VMS ([h],[min],[s])
SPP	Permite la estabilización de la aplicación de herramientas L.M.	Calidad (Tasas de defectos observados)
5S	Elimina lo que no se necesita en un área de trabajo mal organizada y así, se evitan pérdidas de tiempo buscando herramientas.	Calidad (Tasas de defectos observados)
kanban	Elimina inventario en curso y sobreproducción, reduce tiempos muertos y mejora el plazo de entrega.	Cantidad de Stock (Tpu)
Jidoka	Los operarios pueden realizar el seguimiento de varias estaciones ala vez, reduciendo costes de producción y se pueden detectar muchas incidencias de calidad, por lo que se mejora el nivel de calidad.	Costos de producción ([\$])
Células de M.	Mejora la productividad, ya que reduce tiempos muertos, disminuye el tiempo de ciclo y elimina defectos.	Tiempos de producción ([h],[min],[s]) Tpu, Nph ([h],[min],[s])
SMED	Permite fabricar con lotes pequeños, reduce inventario intermedio y permite adaptarse a cualquier imprevisto del plan de producción	Tiempos de cambio de herramientas, Tpu, Nph ([h],[min],[s])
Control visual	Es una forma accesible para todo el mundo, operarios y directivos, de controlar el estado del proceso de producción, conforme a los plazos de entrega.	Calidad (Tasas de defectos observados, FTT)
Heijunka	Reduce plazos de entrega e inventario en curso	Heijunka (Cantidad de producción/mes)
Hoshin Kanri	Asegura que cada acción llevada a cabo en el taller, conduce a la empresa a cumplir sus objetivos estratégicos, eliminando los desperdicios debidos a una comunicación ineficiente o a no tener una dirección clara	Calidad (Tasas de defectos observados, FTT)
TPM	Mejora la productividad, ya que reduce tiempos muertos, disminuye el tiempo de ciclo y elimina defectos.	TPU (tiempos de producción ([h],[min],[s]))

Justo a Tiempo	Se reduce el nivel de inventario, se reducen costes de producción y el espacio requerido en planta.	JIT (Cantidad de Stock)
Poka-Yoke	Encontrar los defectos con una inspección de calidad y después corregirlos, es mucho más caro que si se detectan antes o directamente si no se producen.	Costos de producción [\$]
Andon	Ante un problema grave detectado, la producción se para, con el fin de que analizar su causa raíz y resolverlo rápidamente.	Cantidades de paradas en el mes (NPH ([h],[min],[s]))
Kaizen	Utiliza el talento de la unión de todo el mundo para crear una búsqueda constante de eliminación de desperdicios del proceso de producción.	Calidad (Tasas de defectos observados)

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Selección de herramientas Lean Manufactura según causa de los problemas

De la totalidad de herramientas Lean Manufacturing solo algunas son aplicables al proceso productivo de la línea de prados mecanizada, debido al tipo de proceso, producto a elaborar y las condiciones del área productiva de la empresa.

A continuación se da a conocer un cuadro resumen donde se puede apreciar qué herramienta va a solucionar los tipos de desperdicios asociados al 80-20% del resultado del diagrama de Pareto.

Tabla 3-2: Clasificación de herramientas Lean Manufacturing

Tiempo de espera	Procedimiento Inapropiados	Movimientos Innecesarios
Value Stream Mapping	Value Stream Mapping	Value Stream Mapping
Kanban	5S	Kanban
Justo a Tiempo	kanban	Estandarización
Jidoka	Estandarización	Sistema de participación del personal
Estandarización	Células de Manufactura	
Andon	Poka-Yoke	
TPM	SMED	
Control visual	TPM	
Sistema de participación del personal	Control visual	
	Sistema de participación del personal	
	Heijunka	
	Balaceo de línea	
	Hoshin Kanri	

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente de la totalidad de herramientas Lean aplicables a la línea de producción de prados por motivos de tiempo y el mismo hecho del levantamiento de información para fines de estudio y no es posible generar una propuesta de mejora para cada herramienta, es por eso que es necesario realizar una evaluación de dichas herramientas, esto para averiguar que herramienta genera una mayor oportunidad de mejora a la línea productiva de prados de acuerdo a los problemas ya conocidos y bajo las siguientes características del proceso productivo:

- Un proceso productivo parcialmente mecanizado.
- Un proceso productivo que no tiene el control de los proveedores.
- Un proceso productivo que no trabaja bajo el sistema de motivación del personal.
- Un proceso productivo que no se encarga de distribuir el producto final.

Siendo los colores los tipos de desperdicios analizados en el diagrama de Pareto. (Ver anexo A. Matriz de Clasificación de herramientas Lean Manufacturing)

Basándose en la información expuesta acerca de las posibles soluciones que puede el principio de cada herramienta Lean, se realizó una evaluación de las herramientas Lean Manufacturing, para obtener la relación que tiene cada oportunidad de mejora.

Para ello se realizó una matriz de relaciones donde se encuentran las oportunidades de mejora en el eje horizontal, y las herramientas sus principios en el eje vertical. (Ver anexo A. Matriz de Clasificación de herramientas lean Manufacturing).

En donde los espacios centrales se realizó la evaluación de la relación entre la posible solución que brinda la herramienta y la oportunidad de mejora del proceso.

Dicha evaluación no cuenta con el estudio de costos - benéficos, ya que estos se detallan el capítulo 4: “Evaluación de impactos de las propuestas de mejoras en las variables de servicio y costo”. (Ver anexo C “Especificaciones de costos de las propuestas de mejoras”).

Esta evaluación es ponderada bajo la pregunta ¿La herramienta actual resuelve en su totalidad el problema asociado al rectángulo superior (eje vertical)?.

La ponderación dada es:

- 0 puntos si la respuesta a la pregunta es “NO”
- 1 punto se la respuesta a la pregunta es “SI”

El puntaje total es sumado en forma vertical, dando el valor total en porcentaje de la relación entre las herramientas Lean Manufacturing y las oportunidades de mejoras, este porcentaje está dado por la suma de la cantidad de puntos acumulados de

cada uno de los principios, dividido por la cantidad total de posibles principios, dando de esta manera el valor total en porcentaje.

Los resultados de estas relaciones fueron expuestos al jefe de producción de Anasac Ambiental, el cual se refirió a que para él, las herramientas LM. que ponderarán una relación de mejora mayor al 50% tendrían mayor validez mirando a una posible implementación de dicha metodología (Lean Manufacturing) y la posterior aplicación de dichas herramientas en la línea productiva de prados.

Tabla 3-3. Matriz para clasificación de herramientas de Lean Manufacturing

Herramientas de Lean Manufacturing		Mudas o Desperdicios					
		Línea de producción de prados					
		Estación de trabajo desorganizado y desordenado	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora	Falta de automatización del proceso productivo	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura	Falta de comunicación entre áreas operativas	Falta de estándares en el proceso productivo
5s	Organizar	1	0	0	1	1	1
	Ordenar	1	0	0	0	0	1
	Limpiar	1	0	0	0	0	1
	Estandarizar	1	0	0	1	1	1
	Disciplinar	1	0	0	1	1	1
TOTAL		100%	0%	0%	60%	60%	100%
Kanban	Control de niveles de inventario	1	1	0	0	0	1
	Flujo continuo de material	1	1	0	1	0	1
TOTAL		100%	100%	0%	50%	0%	100%
JIT	Producir solo lo necesario	0	0	0	0	0	1
	Setup	1	0	0	1	0	1
	Aumento de capacidad máquina	0	1	0	0	0	0
TOTAL		33%	33%	0%	33%	0%	67%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4. Resultados de clasificación de Herramientas Lean Manufacturing

Herramientas L.M.	Problemas en la línea de producción de prados (Mudas o desperdicios)						Promedio de solución de desperdicios
	Estación de trabajo desorganizado y desordenado	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora	Falta de automatización del proceso productivo	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura	Falta de comunicación entre áreas operativas	Falta de estándares en el proceso productivo	
Celulas de Manufactura	100%	0%	100%	100%	100%	100%	83%
Hoshin Kanri	100%	0%	100%	100%	100%	100%	83%
Estandarización	100%	100%	0%	100%	100%	100%	83%
Kanban	100%	100%	0%	50%	0%	100%	58%
TPM	0%	100%	100%	50%	0%	100%	58%
5s	100%	0%	0%	60%	60%	100%	53%
Heijunka	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
SPP	100%	0%	0%	100%	100%	0%	50%
Jidoka	50%	100%	100%	0%	0%	0%	42%
Andon	100%	0%	0%	100%	0%	0%	33%
Poka-yoke	100%	0%	0%	100%	0%	0%	33%
Control visual	100%	0%	0%	0%	0%	100%	33%
JIT	33%	33%	0%	33%	0%	67%	28%
SMED	50%	0%	0%	0%	0%	50%	17%

Fuente: elaboración propia

3.2. PROPUESTA DE MEJORAS A LA LINEA PRODUCTIVA DE PRADOS DE ANASAC AMBIENTAL.

A continuación se dan a conocer tres propuestas de mejoras, las que buscan la eliminación de los desperdicios, la mejora en los índices de producción y la utilización de equipos automatizados que actualmente se encuentran en la planta y no tienen un uso determinado.

Para análisis de la propuesta se realizaron ensayos cronometrados de los tiempos de producción y ensayos pilotos de estas, como resultaron dieron las siguientes propuestas:

3.2.1. Propuestas de mejora N°1: Reducción de tiempos de preparación aplicando las 5S

3.2.1.1. Motivación del cambio

La búsqueda del mejoramiento en los tiempos de producción (reducción de tiempo) con una organización clara, ordenada del área de trabajo y estandarizar el proceso es el motivo principal de esta propuesta de mejora.

En base a las visitas y las observaciones planeadas al área de trabajo se ha modelado una guía de procedimientos que tiene como objetivo orientar, guiar e informar al trabajador la mejor manera de mantener su área de trabajo limpia y ordenada, junto con esto se han identificado algunos puntos críticos en los cuales la mejora debe ser prioritaria y necesaria.

3.2.1.2. Descripción actual del lugar de trabajo

-El área de trabajo es la misma área para todos los procesos de la línea productiva de prados e inclusive es la misma área general para otras líneas productivas. Dentro del área determinada específicamente para la línea de producción de prados, se cuenta con un estante donde se guarda la documentación, los materiales y las herramientas a utilizar durante todos los procesos productivos de la generación del producto. Es justamente en este estante que los materiales no tienen lugares definidos, las herramientas y las ordenes de trabajo, están esparcidas por el lugar de trabajo (esto debido que en el estante no se tiene un lugar definido para cada cosa, lo cual causa que dentro del estante se genere un desorden y mezcla de los insumos de trabajo).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2. Materiales e insumos desordenados en el lugar de trabajo

-La dosificadora vertical presente en el área de trabajo, cuenta con dos niveles, estos son: la planta baja por donde se fracciona las semillas de prados y la planta superior, por donde se realiza el llenado de la máquina y mezcla de semillas. Justamente en la parte superior, al realizar el proceso de llenado de la máquina, no existe área de residuos, acumulándose la basura y depósitos de semillas hasta que estos se puedan bajar con la máquina (grúa Horquilla).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-3. Acumulación de residuos en planta superior de máquina dosificadora

-La orden de trabajo y cantidad a producir es controlada por área ajenas al área de producción, este caso se repite en la situación de distribución de insumos, como se menciona anteriormente, al realizarse una orden de producción se genera un pedido de insumos y materias primas, donde, la orden de pedido de insumo tiene una tolerancia del 2%, es decir, de la orden de insumos para la producción del producto final se pide con un 2% más, esto para amortiguar la falta de material o insumos en caso de emergencia. Sin embargo, puede ocurrir que este 2% no sea utilizado generando un excedente de insumos que debe almacenarse hasta el día establecido para las devoluciones de estos (últimos días de la semana).

-La posición y estructura de la máquina dosificadora vertical genera que existan espacios muertos dentro de la línea productiva, es en estos espacios donde se suele acumular suciedad producto de los residuos de las semillas, además de suciedad por las condiciones del ambiente, sin dejar de mencionar que, en ocasiones es acá donde se acumulan los excesos de insumos que sobran de las ordenes de producción ya terminados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Acumulación de insumos sobrantes

Frente a lo mencionado anteriormente se postulan las siguientes propuestas:

Clasificar (Seiri)

En el lugar de trabajo es necesario rescatar lo necesario de lo innecesario, para esto, se formulan los siguientes parámetros que ayudaran a determinar que es útil y debe permanecer en el lugar de trabajo versus lo que no es útil por ende debe ser eliminado o trasladado un área correspondiente.

Parámetros de evaluación

1. Las herramientas de trabajo se encuentran en buen estado para su uso
2. Existen elementos sin uso en el área
3. Las mesas de trabajo están libres de objetos sin uso
4. Se cuenta con solo lo necesario para trabajar
5. Los cajones se encuentran bien ordenados
6. Se ven materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado

Luego de los parámetros de evaluación, se debe clasificar lo necesario de lo innecesario marcando la cantidad, la condición evaluando como respuesta BUENA si el elemento o herramienta se encuentra en buen estado y MALA si el elemento o herramienta se encuentra en mal estado, seguido de la descripción de la disposición final del elemento o herramienta (Debe ser eliminado – debe ser transferido – Corresponde al área de trabajo). Estableciendo tarjetas de color Rojo (en caso de que el elemento o herramienta se eliminado o transferido).

Clasificación Tarjeta Roja		
NOMBRE DEL ARTICULO		FOLIO N°
CATEGORIA	1. Maquinaria	6. Inventario en proceso
	2. Accesorios y herramientas	7. Producto terminado
	3. Instrumental y mantencion	8. Equipo de oficina
	4. Materia prima	9. Librería y papelería
	5. Refaccion	10. limpieza o pesticidas
FECHA		LOCALIZACION
CANTIDAD		
FORMAS DE DESECHO	1. TRANSFERIR 2. ELIMINAR 3. INSPECCIONAR	
COMENTARIO:		

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-5. Tarjeta Roja de clasificación de elementos

Tabla 3-5. Clasificación de insumos

Clasificación de lo Necesario - Innecesario	
Fecha:	Evaluador:
Área evaluada:	Personal del área:
Elementos Correctos: N°	Observaciones:
Elementos Transferidos: N°	
Elementos Eliminados: N°	
Total Tarjetas Rojas: N°	
Herramientas - Elementos Necesarios	

Elemento - Herramienta	Cantidad	Condición	Disposición
Total Necesarios			N°:
Herramientas - Elementos Innecesarios			
Elemento - Herramienta	Cantidad	Condición	Disposición
Total Innecesarios			N°:

Fuente: Elaboración propia

Ordenar (Seiton)

El orden requiere la importancia de saber cómo y de qué manera almacenar los elementos o herramientas necesarias para el proceso y para las operaciones que se llevan a cabo en la línea productiva de prados. Cumpliendo este propósito los tiempos de búsqueda y retorno de las mismas herramientas se verán disminuidos y serán de manera más fácil.

Parámetros de evaluación

1. Las áreas están debidamente identificadas.
2. No hay unidades acumuladas en las mesas o en las áreas de trabajo.
3. Los botes de basura están en un lugar designado para esto.
4. Todas las sillas y mesas están en el lugar designado.
5. El estante está debidamente organizado y solo se tiene lo necesario.
6. Todas las identificaciones en los estantes de material están actualizadas y se respetan.

Siguiendo los parámetros y de acuerdo a la lista de elementos y herramientas necesarias del paso anterior, con lo que respecta a los elementos que permanecen dentro del área de trabajo, estos serán clasificados según su frecuencia de uso, con la finalidad de determinar dónde y cómo estos deberán de ser almacenados. Como el área de trabajo de la línea de prado es solo una para todos los procesos de dicha línea de producción, facilita el orden de los elementos y herramientas necesarios, para esto se propone la

modificación del actual mueble de almacenaje de productos, quedando un mueble con mejor diseño que permite acomodar de mejor manera los elementos y herramientas necesarios para la producción de prados, siendo estos:

- Insumos para la elaboración de semillas prados en cajas
- Insumos para la elaboración de semillas de prados en bolsas
- Insumos para lotear y etiquetar cajas finales
- Elementos de protección de seguridad de los operadores (mascarillas, cascos, etc.)
- Ordenes de trabajo del proceso actual y procesos paralelos
- Herramientas necesarias para el loteo y sellado de las cajas (Porta cinta adhesiva, pistola etiquetadora, pistola para silicona, silicona solida).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-6. Mueble organizador para elementos de trabajo

Limpieza (Seiso)

La finalidad de esta etapa es identificar y en lo posible eliminar todos los focos de suciedad, para anticiparse a posibles defectos, siendo de suma importancia incentivar

la actitud de limpieza. Esto teniendo en cuenta que se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados provisoriamente.

Parámetros de evaluación

1. Los escritorios se encuentran limpios
2. Las herramientas de trabajo se encuentran limpias
3. Piso está libre de polvo, manchas, componentes y basura
4. Las gavetas de los cajones están limpias
5. Las mesas están libres de polvo, manchas y componentes o residuos
6. Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida

Para esta etapa se propone como eje principal la inspección del área de trabajo mediante una tarjeta amarilla que será como guía para reconocer focos de suciedad y desperdicios, de esta manera no solo se tendrá un control de posibles focos de suciedad, sino que, además será más fácil el análisis de la posible acción correctiva.

S3 - Limpieza			
FECHA:		FOLIO:	N°
SECTOR:			
ELABORADO POR:			
DESCRIPCION DEL PROBLEMA:			
CATEGORIA			
__1. AGUA		__7. MATERIA PRIMA	
__2. AIRE		__8. MATERIAL DE EMPAQUE	
__3. ACEITE		__9. PRODUCTO TERMINADO	
__4. POLVO		__10. PRODUCTO EN PROCESO	
__5. MAQUINA ROTA		__11. OTRO	
__6. HERRAMIENTA			
SOLUCION:			
ACCION CORRECTIVA IMPLEMENTADA:			
SOLUCION DEFINITIVA PROPUESTA:			

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7. Tarjeta amarilla - Acumulación de insumos sobrantes

- Una vez reconocidos los focos de suciedad y desperdicios es clave realizar una plan de limpieza en conjunto con el personal, de esta manera se evitara sobre dimensionar dicho plan de limpieza y a la vez, dejar fuera otros puntos menos importantes.

- Al analizar los desperdicios se recomienda instalar botes de basuras de distintos color para la clasificación de los residuos, cabe mencionar que es necesario disponer de botes de basura para la planta superior, de esta manera se reducen los riesgos de accidente por materiales en el suelo y el desorden que queda a la vista.

¹*Es necesario separar los residuos por botes de basuras de distinto color, recomendando realizar este último procedimiento de acuerdo a las normas de reciclaje del Ministerio del Medio Ambiente, siendo:

- Color Azul: Papel y Cartón
- Color Amarillo: Plástico
- Color Rojo: Desechos peligrosos
- Color gris Oscuro: otros residuos (pudiendo ser estos los residuos de semillas de prados).



Fuente: Ministerio del medio Ambiente

Figura 3-8. Botes de basura según normativa

- Se propone el establecimiento de horarios de limpieza, estos deben ser al iniciar el turno (para poder identificar posibles elementos innecesarios) y al finalizar el turno (para la limpieza general del área de trabajo).

Dado que el problema no es la realización de la limpieza, sino el establecimiento de las horas en las que se va a realizar, no se considerará necesaria la

¹*Pagina web <http://portal.mma.gob.cl/ministerio-del-medio-ambiente>

designación del personal destinado a controlar la limpieza, aunque si deberá controlarse el horario. De forma inicial, la verificación del cumplimiento del horario se debe llevar a cabo de forma diaria durante el primer mes, con el objetivo de generar una costumbre en las horas, para luego pasar a ser realizada tres veces por semana. Además, se debe controlar que al inicio y al final de los turnos laborales, las herramientas y los materiales pertenecientes a cada área estén correctamente colocados en sus lugares designados y en sus cajas con sus colores particulares.

Para lo anterior se genera una tarjeta de conformidad de limpieza que consta de una lista de verificación de los aspectos que se deben evaluar al momento de resultar terminada la limpieza. El objetivo de este formato es la verificación del cumplimiento y que los operarios se acostumbren a realizar una limpieza conforme a los aspectos que se buscan mediante las 5'S evitando así, no regresar al estado anterior. El control debe ir de la mano de los operarios de cada uno de los talleres y recordarles los beneficios que conlleva una buena limpieza en sus labores diarias, sus espacios de trabajo y la mejora de su bienestar físico, además de estar supervisado en todo momento por la jefatura de la sección.

Tabla 3-6. Acumulación de insumos sobrantes

Tarjeta de conformidad de limpieza			
Fecha: _____	Área de trabajo:		
Turno: _____	Operarios:		
Hora: _____			
	ACTIVIDADES	Cumplimiento	
		si	no
	Materiales en lugar asignado		
	Mesa de trabajo limpia		
	Suelo limpio y sin derrames		
	Maquina limpia		
Firma de jefe de área	Residuos clasificados		

Fuente: Elaboración propia

Estandarizar (Seiketsu):

La propuesta supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

El objetivo de la estandarización es crear mejores prácticas y hacer que todos los miembros del equipo usen las mejores prácticas establecidas en la misma manera ya

sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. Donde como objetivo principal se busca eliminar una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”.

Parámetros de evaluación

1. Todos los equipos cumplen con el requerimiento de la operación
2. El personal usa el vestuario adecuado para su labor
3. Todas las mesas, sillas son iguales
4. Todos los instructivos cumplen con el estándar
5. La capacitación esta estandarizada para el personal del área
6. Se consideran futuras normas como plan de mejora clara de la zona

Para esta etapa es de suma importancia la constancia en la aplicación de las 3 primeras S; clasificación, orden, limpieza del puesto de trabajo, además es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Es necesario tomar apuntes y recoger por escritos los métodos aplicados que han dado resultados o han cumplido su objetivo y han facilitados los avances en las tres primeras S. de esta forma se logra mantener e ir perfeccionando continuamente los procedimientos aplicados a las 5S.
2. Es necesario la confección de un manual o una hoja de ruta en función de las áreas (fabricación, administrativa, etc.). Este manual deberá contener como mínimo:
 - Condiciones iniciales previas del área de trabajo correspondiente (superficie ocupada, distribución en planta, etc.).
 - Layout general de las áreas, mobiliario y equipos que lo forman (incluir responsable del área y forma de contacto).
 - La documentación que estandariza el plan debe estar al alcance de cualquier persona de la planta.

Como propuesta se muestra a continuación una hoja de ruta que ayuda a guiar al trabajador u operario en la realización y aplicación de la cuarta S, en donde se muestra la actividad a realizar y el responsable de ella, teniendo referencias de posibles mejoras aplicadas al mismo proceso, de esta manera se evita que el trabajador cometa errores o sume tiempo en las tareas de clasificación, orden y limpieza.

Además se da un espacio en el cual el trabajador puede presentar sus propuestas de mejora, e ir archivándolas de esta manera se las mejoras se pueden ir actualizando constantemente de acuerdo a las necesidades que van surgiendo en cada proceso.

Al final de la hoja de ruta se muestra un apartado, el cual tiene por nombre programación de tareas de limpieza, que tiene como objetivo generar una agenda de limpieza, esta involucra en la limpieza a todos trabajadores que participan en el área de fraccionamiento de prados

Tabla 3-7 Hoja de ruta para estandarización de 5S

S4- Estandarizar			
Fecha:		Plan de mejora N°	
Área evaluada:		Personal del área:	
Observaciones:			
Actividad		Responsabilidad	
1	Ordenar mesones de trabajo	Operador N°1	
2	Ordenar material de devolución	Operador N°2	
3			
4			
Referencias de mejoras			
1	Para ordenes de trabajo terminadas, separar productos para devolución		
2	Para órdenes de trabajo pendientes, ordenar y guardar insumos nivel inferior de mesón de trabajo.		
3	Separar devolución en cajas y por N° pedido		
4			
5			
Mejoras a realizar			
1			
2			
3			
4			
5			
Programación de tareas de limpieza			
Día de semana		Responsable de limpieza a principio de turno	Responsable de limpieza a final de turno
Lunes			
Martes			
Miércoles			
Jueves			
Viernes			
Sábado			
Firma de jefe de área			

Fuente: Elaboración propia

Disciplina (Shitsuke)

La última se convierte en una fase de control desde el punto de vista estratégico, por lo cual el equipo de trabajo, establece auditorías de control y seguimiento, para verificar que las anteriores fases se cumplan, es así como mediante la implementación de ayudas visuales se puede controlar la implementación.

Parámetros de evaluación:

1. Se realiza el control diario de limpieza.
2. Se realizan los informes diarios correctamente y a su debido tiempo.
3. Las herramientas y las piezas se almacenan correctamente.
4. Se utiliza el material de protección para realizar trabajos específicos.
5. Todas las actividades definidas en las 5S se llevan a cabo.
6. Existen procedimientos de mejora, son revisados con regularidad.

Como pasos propuestos para crear disciplina, se establecen:

- Uso de ayudas visuales de herramientas 5S's, para orientar en todo momento a los trabajadores y operarios de la máquina y generar un hábito y disciplina.
- Recorridos a las áreas, por parte de los directivos.
- Publicación de fotos del "antes" y "después", dando a conocer el resultado positivo a manera de comparar con la situación anterior, con la finalidad de motivar al personal a seguir aplicando la herramienta.
- Establecer rutinas diarias de aplicación como "5 minutos de 5s", actividades mensuales y semestrales.
- Efectuar charlas motivacionales e informativas acerca de la herramienta 5S, de manera tal, que el personal se encuentre actualizados en conocimientos y así como en resultados de eficacias de las herramienta aplicada.



Fuente: Lean Manufacturing www.google.com imagenes.cl

Figura 3-9. Herramientas visuales 5S

3.2.1.3. Resultados esperados de la propuesta N°1

Con la implementación de la propuesta de mejora N° 1, se verán reducidos los desperdicios en tiempo de esperas y procesos inapropiados, además, se estima que se tendrá beneficios tales como:

Reducción de tiempos de espera: específicamente reducción en los tiempos de preparación, se estima que este tiempo se verá reducido en un 50[%], puesto que se pasará de 40 [min] (tiempo actual de preparación) a 20 [min] como tiempo máximo de preparación para comenzar a producir. (Esto según resultados de ensayos cronometrados de tiempos de preparación).

Cabe señalar que el tiempo actual de preparación (40 [min]) representa 7.01% del tiempo total que se tiene disponible para la producción de las semillas de prados.

Esto se ve traducido en la mejora de los índices de producción puesto que se sumarán 20 [min] a las tareas de producción. Este tiempo disponible se traduce en un aumento de la producción de un 4.16% donde se sumaran 35 unidades por turno de trabajo.

Reducción en tiempos asignados a limpieza: El tiempo actual de limpieza representa a un 7.14[%].

El programa de limpieza de actual, los trabajadores detienen la producción en promedio 35 [min] antes de finalizar el turno de trabajo, en esta propuesta se propone una distribución de tiempos de limpieza el cual permitirá limpiar 5 [min] al inicio del turno de trabajo y 15 [min] al finalizar el turno de trabajo. De esta forma se reducirá el tiempo de limpieza en un 42.85[%] (de 35[min] a 20[min]). Esto se traduce a la vez en un aumento de producción de un 3.12[%] por turno, sumando así a la producción diaria 26 unidades aproximadamente por turno.

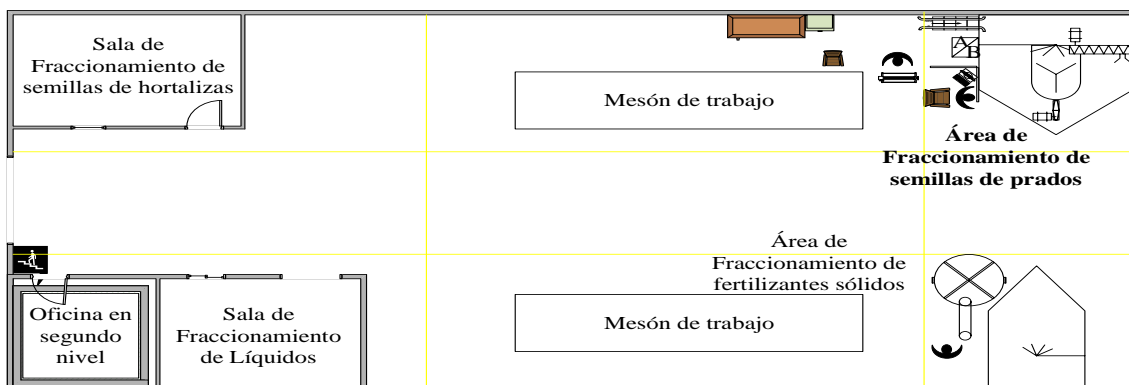
Mejoras en diversos ámbitos: la propuesta trae consigo mejora en la calidad, mejora en la seguridad, mejora en el ambiente de trabajo, además favorece el desarrollo de la comunicación, desarrolla la creatividad. Reduciendo de esta manera los procesos inapropiados y por sobretodo mejora un proceso dándole estandarización (un proceso de limpieza general y establecido).

3.2.2. Propuesta de mejora N°2: Mejora del flujo continuo del proceso de fabricación de semillas de prado aplicando Células de manufactura

3.2.2.1. Motivación del cambio

La disposición de la célula y los almacenes dentro de la planta influye directamente en el número y en la secuencia de los movimientos de los materiales tanto dentro como fuera de la célula de fabricación. Cuanta más distancia exista entre almacenes y célula, mayores serán las distancias que deban recorrer dichos materiales para ser procesados y almacenados, por tanto es mayor el tiempo de entrega final del producto.

Si se llegara a modificar las posiciones de trabajo o células de manufactura se obtendría como resultado el aumento de productividad y manteniendo la calidad de los productos con un flujo de producción continua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-10. Layout actual de Áreas de fraccionamientos de Anasac Ambiental

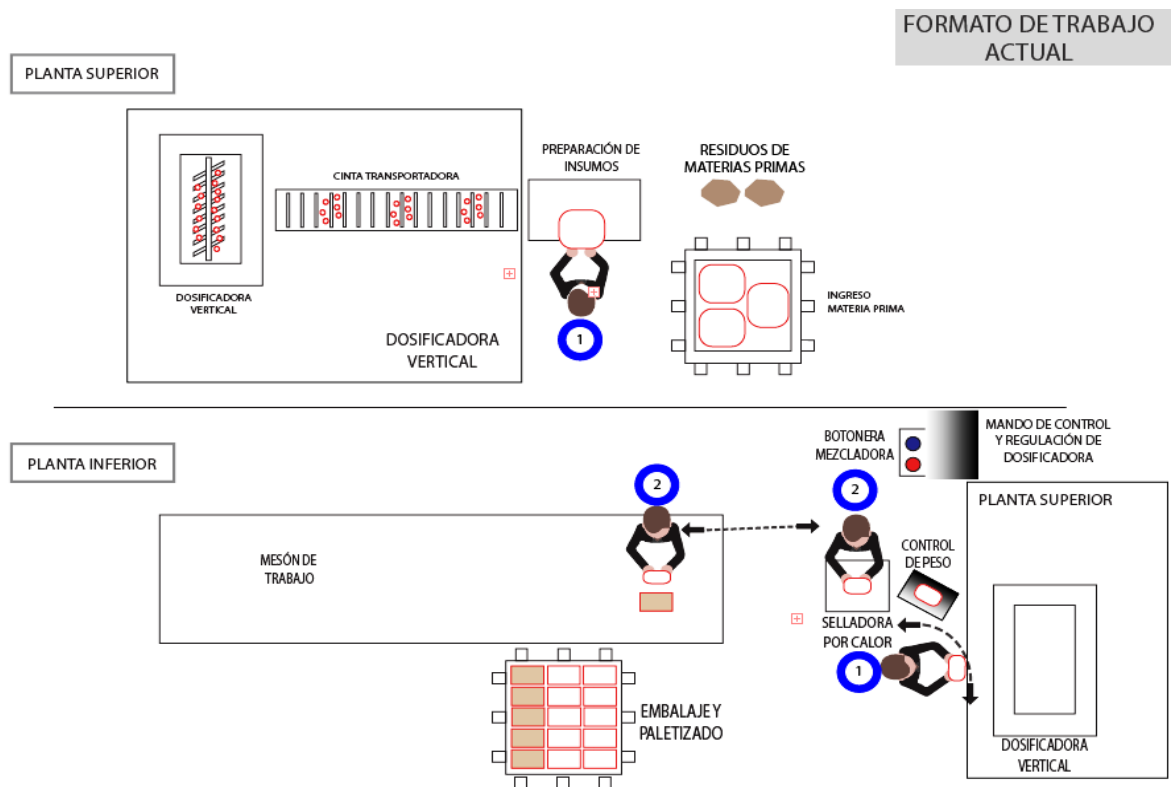
3.2.2.2. Formato de trabajo actual en la línea de producción de prados

El proceso productivo en el formato actual de trabajo consta de dos trabajadores u operadores, donde el operador N°1 sube al segundo nivel de la máquina dosificadora y llena esta última con semillas a granel, para eso debe proceder a poner en marcha la cinta transportadora que se encuentra en el segundo nivel una vez funcionando esta cinta se procede al llenado de la máquina para lo cual, se debe activar el tornillo sin fin encargado de revolver la mezcla de semillas de prados. Para esto el trabajador debe informar al operador N°2 que procesa a activar el tornillo sin fin desde la planta inferior

de la máquina dosificadora, junto a esto se debe activar la ventilación de la máquina dosificadora para evitar exista una acumulación de polvo de semillas producido al revolver las semillas una vez finalizado el llenado de la máquina dosificadora, se debe desactivar la cinta transportadora y en un determinado tiempo después se debe desactivar el tornillo sin fin encargado de revolver la mezcla. Mientras que el operador N°1 realiza los proceso ya mencionados, el operador N°2 procede a la preparación de insumos de empaque y sellado.

El operador N°1 debe desactivar el tornillo sin fin desde la planta inferior de la máquina dosificadora.

Luego el operador N°1 procede a llenar las bolsas de empaque con la mezcla de semillas (esta operación el operador N°1 la realiza sentado, debido a que por la envergadura de la máquina dosificadora, el dosificador de esta llega muy abajo), posteriormente el operador N°2 corrige una posible variación en el peso del producto y procede a sellar el producto con una selladora por calor-presión, dejando finalmente el producto sobre el mesón de trabajo, una vez que exista una gran cantidad de productos sobre el mesón de trabajo se realiza el encajado y posterior palletizado de los productos. Pallet que será retirado por el operador N°1 hasta el área de espera de productos terminados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-11. Formato de trabajo actual

3.2.2.3. Descripción de propuesta N°2: Mejoras en el flujo continuo de procesos

La propuesta considera:

- Configurar las celdas de trabajo de forma que queden ubicadas en forma de U, o lo más cercano posible a esta forma ya que el flujo de proceso debe tener un solo inicio y un solo final. Estas celdas serían las más productivas de acuerdo a su proceso, a la capacidad de planta y a los empleados que maneja el área de producción de la empresa Anasac Ambiental.

- Disminuir la longitud de las mesas de trabajo longitud pensando en la instalación de ruedas en sus pata, facilitando la disposición de esta y la limpieza del lugar de trabajo).




- Capacitar a todos los trabajadores para que sean especialistas en las actividades de la totalidad del proceso, de esta forma de evitará generar dependencia de jefaturas.

- Determinar la zona de trabajo de cada operador y demarcar su ubicación en el piso de del recinto, usan pintura reflectante amarilla.

- Al considerar lo anterior se procuró dar una forma más definida al flujo de procesos para lo cual se propone la adquisición de maquinaria que de alguna manera automatizaran el proceso productivo y disminuirán los tiempos de producción mejorando el flujo continuo del proceso productivo de la línea de prados.

Estas maquinarias son:

Tabla 3-8. Máquinas necesarias para propuesta N°2

Tornamesa	Selladora Continua	Cinta Transportadora
		
<p>Este sirve como acumulador de productos, de esta se forma evita perder tiempo acumulando los productos de forma bien distribuida sobre el mesón de trabajo.</p>	<p>Esta selladora permite mantener un flujo continuo en el sellado de los productos, teniendo como ventaja principal la independencia parcial del operador</p>	<p>Una vez que el producto pase por la selladora continua, es necesario que el producto llegue hasta el tornamesa, esto lo realizará la cinta transportadora, la que tiene como característica principal que la cinta debe ser regulable en altura</p>

Fuente: Elaboración propia

En esta propuesta el operador N°1 sigue siendo el encargado de llenar la máquina dosificadora (preparación de insumos), a esta célula se agrega una botonera de encendido y apagado del tornillo sin fin en el nivel superior de la máquina (un interruptor que esté comunicado con la botonera que se encuentra en la planta inferior de la máquina dosificadora), además de agregar una botonera en la planta superior, se agregan botes de basura ya mencionados en la propuesta N°1 mejoras en los tiempos de preparación.

La función de la botonera es evitar que el operador aumente los tiempos de esperas (al tener que esperar que el operador N°2 presione la botonera de encendido del tornillo sin fin) o realice un movimiento innecesario (al tener que desplazarse para poder dar aviso al operador N°2 para la puesta en funcionamiento del tornillo sin fin o si este tiene que bajar hasta el nivel inferior para poder poner en funcionamiento el tornillo sin fin de este mismo modo reducir tiempos cuando sea necesario detener el tornillo sin fin), el circuito eléctrico es un 924.

Luego el operador N°1 es el mismo encargado de llenar las bolsas de empaques con la mezcla ya realizada, para luego dejar la bolsa de empaque en la selladora continua la que mediante su cinta transportadora, sella el producto depositándolo finalmente en la cinta transportadora la que transporta el producto sellado hasta la altura del tornamesa (tornamesa y selladora continua se encuentran a distinto nivel de altura) que gira constantemente para ir acumulando los productos uniformemente.

Mientras el operador N°1 realiza el proceso de llenado y mientras que el producto llega hasta el acumulador el operador N°2 podrá realizar la labor de etiquetado y loteo del elemento de empaque y las cajas de embalajes. Esto genera adición de tiempos en valor agregado y reducción de tiempos de recorrido.

El operador N°2 verificará una posible variación en el peso del producto de forma aleatoria e informa en caso de error para ajustar este último en el control de mando de la máquina dosificadora, una vez verificado el peso el operador N° 2 procede a encajar el producto ya sellado y verificado en caso de errores, posteriormente el operador N°2 realiza el palletizado de los productos, pallet que será retirado por el operario de la grúa horquilla, el que será previamente informado por el operador N°2 una vez palletizado los productos.

Cabe mencionar que gracias al mesón reacondicionado de fácil desplazamiento, este se acomodará de manera que el proceso de palletizado sea de más fácil acceso.

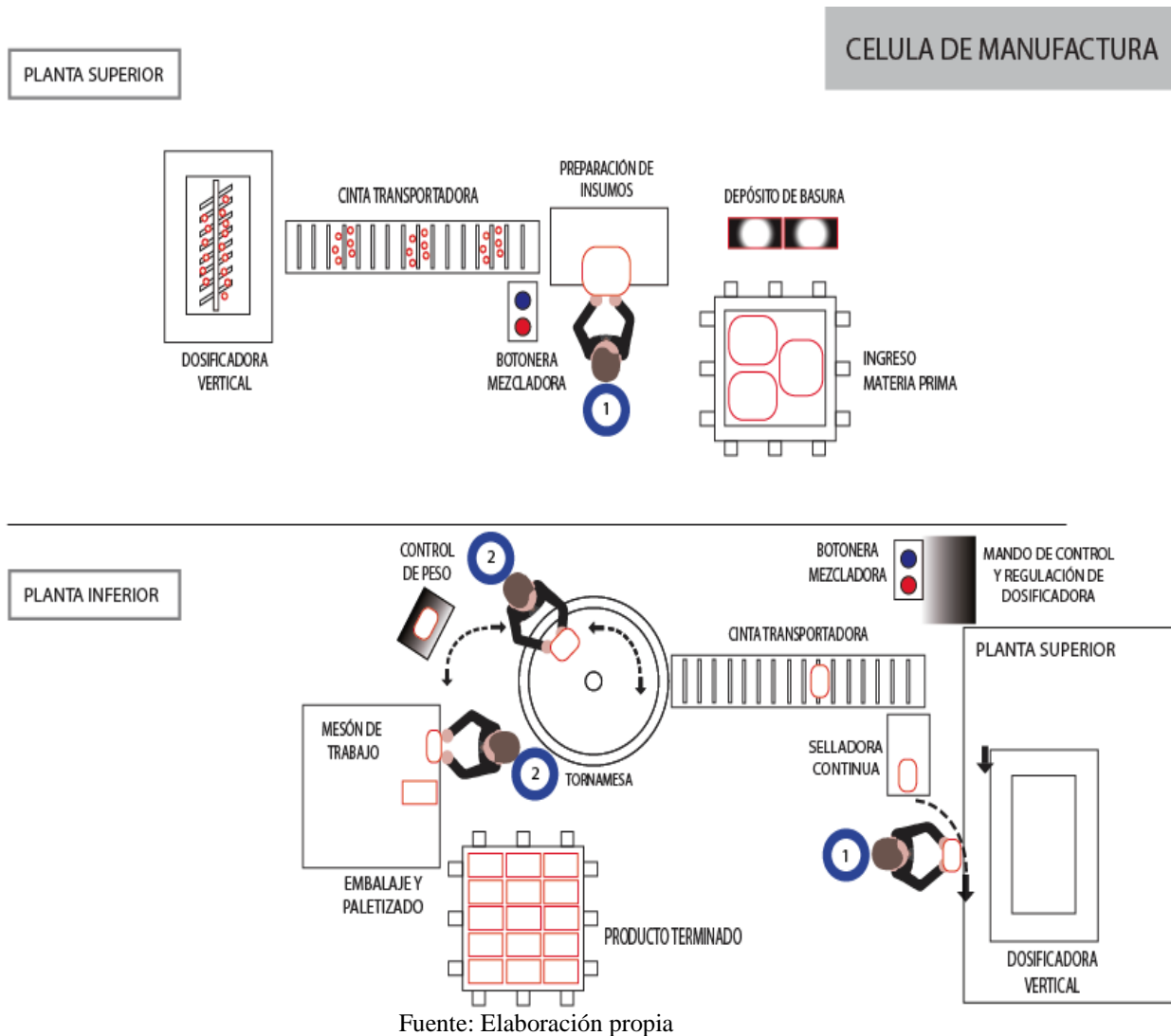


Figura 3-12. Célula de manufactura

3.2.2.4. Resultados esperados de la propuesta N°2

Con la implementación de la propuesta de mejora N° 2 se verán reducidos los desperdicios en tiempo de esperas, procesos inapropiados y movimientos innecesarios, además se estima que se tendrán beneficios tales como:

-Aumento de eficacia de producción: se prevé que con esta propuesta se mejorarán los índices de producción dando como resultado un aumento de eficacia de un 80.95% donde, se pasará de producir 105[ud/HM] a 190[ud/HM] o de 840 [ud/turno] a 1520 [ud/turno], esto debido que gracias a las células de manufactura se le eliminarán los tiempos de recorrido de los distintos procesos generales.

-Reducción en los tiempos de producción: se estima que serán reducidos los tiempos de producción para la elaboración de cada producto, esto gracias a que la

propuesta en la mejora del flujo continuo de los procesos reducen considerablemente los tiempos de recorridos de los productos, además, al configurar esta célula de manufactura y gracias al tambor giratorio (funcionaria como acumulador), se pueden generar procesos paralelos, generando tiempos de valor agregado, con esto se verán reducidos los tiempos totales de producción en un 55.26% según la pruebas que se lograron realizar durante 5 meses, en los cuales al menos 3 veces al, se implementa un sistema de similares características, las que dieron como resultados una reducción de tiempos que van de los 35 [s] aprox. hasta 18.95[s].

Donde los tiempos de producción se verán reducidos a:

- Proceso de llenado de bolsa de empaque: 5[s]
- Proceso de selladora continua: 4[s]
- Proceso de encajado del producto: 8[s]
- Proceso de Palletizado: 2[s]

No se contabiliza los tiempos de Loteo de empaque, loteo y etiquetado de cajas de embalaje esto debido a que estos procesos se generan en paralelos a los procesos ya mencionados, logrando de esta manera un flujo continuo del proceso productivo de la línea de prados. Para la tabla 3-9 los rendimientos promedios fueron calculados mediante los tiempos cronometrados al realizar los procesos.

Tabla 3-9. Comparación de Rendimiento de máquina dosificadora

	Rendimiento Producción estándar [ud/HM]	Rendimiento propuesta automatizada [ud/HM]	Aumento de eficacia
Rendimiento promedio	105	190	80.95%
Tiempos de producción en 1 solo producto	34.29[s]	18.95[s]	55.26%

Fuente: Elaboración propia

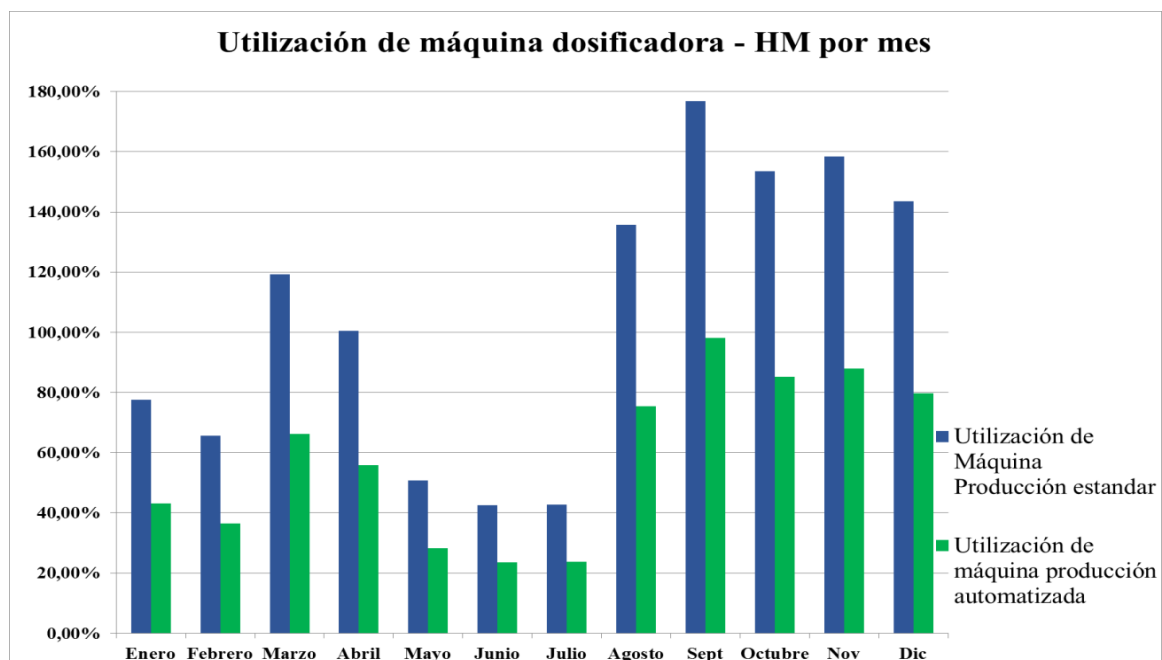
Tabla 3-10. Registro de utilización y rendimiento de dosificadora (propuesta)

Registro de utilización y rendimiento de máquina dosificadora (propuesta)												
Meses del año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
HM	69	58.3	105.8	89.2	45.1	37.8	37.9	120.5	157	136.40	140.6	127.4
Utilización de máquina 20 días hábiles x 8[h]	43.1%	36.4%	66.1%	55.8%	28.2%	23.6%	23.7%	75.3%	98.1%	85.3%	87.9%	79.6%
Rendimiento por turno estimado (Ud/HM)	656	554	1005	847	428	359	360	1145	1492	1296	1336	1210
Producción Mensual (Ud/HM)	13110	11077	20102	16948	8569	7182	7201	22895	29830	25916	26714	24206

Fuente: Elaboración propia

Nota: La información que se encuentra destacada en azul corresponde a los meses en los que se pudo realizar un prueba con el sistema automatizado (como mínimo dos prueba por mes), calculando así un promedio de producción por mes para base de cálculo, con un porcentaje de variación de 10[%], es decir, los rendimientos en la práctica fueron de 210[ud/HM] y para base de cálculos con margen de error, se realizan los cálculos con un rendimiento de 190 [ud/HM], mientras que el resto de la información es un cálculo proporcional en base a los registros del periodo 2017

-Reducción de utilización de HM para un mismo proceso: al aumentar la eficacia de producción y a la vez al verse reducidos los tiempos de producción, automáticamente se reducirán las HM necesarias para la producción de un mismo proceso, es ahí donde se nota un mayor beneficio, ya que, no serán necesarias la contratación de horas extras para poder completar la producción establecida, esto se puede apreciar en la tabla 3-10 donde se muestra que en la utilización de la máquina ningún bloque pasa el 100[%] de la utilización de la máquina en un turno de trabajo de 8[h], contrario al correspondiente al registro del año 2016, está supera en varias ocasiones el 100[%] de utilización de la máquina en un turno de 8[h].



Fuente: Elaboración propia

Grafico 3-1 Comparativa de utilización de HM

3.2.3. Propuestas de mejora N°3: Mejora de disponibilidad de equipos en el proceso productivo de la línea de prados

3.2.3.1. Motivación del cambio

La mala conservación de los activos que participan del proceso productivo no solo trae como consecuencia averías en los mismos equipos, sino que además, trae consigo aumentos de los tiempos de producción; defectos en la producción.

Justamente los conceptos mencionados anteriormente son los que producen mayor pérdida en caso de la empresa Anasac Ambiental S.A. la falta clara de un plan de mantenimiento para sus equipos, la reparación correcta de la máquina dosificadora vertical genera una disminución en los índices de producción en la línea de prados ocasionados una falta de disponibilidad general de la máquina dosificadora.

3.2.3.2. Descripción de la situación actual

Como puntos clave para dar solución a los problemas ya mencionados se tiene:

- El proceso productivo actual cuenta con un solo equipo productivo, siendo este la máquina dosificadora vertical, esta máquina fue creada por dos personas, una encarga de la parte de la fragmentación y la otra persona es el creador de la estructura de la máquina dosificadora, siendo este activo el que presenta mayor cantidad de fallas

- En casos de averías el personal de mantenimiento se presenta e intenta solucionar el problema, de no ser posible, el personal se comunica con el creador de la máquina dosificadora para recibir instrucciones (no cuenta plan de mantenimiento).

- La máquina dosificadora no cuenta con un registro de fallas, disponibilidad, tiempos de fallas y tiempos de reparación, a modo de estudios se genera un registro de fallas en base a la información y encuesta a operarios de la máquina dosificadora.

- No se cuenta con ningún tipo de manual, planos y regulaciones para la máquina dosificadora existente.

3.2.3.3. Descripción de propuesta N°3: Mejora de fiabilidad de equipos en el proceso productivo

La propuesta consta de una serie de mejoras a la máquina dosificadora con respecto a la mantención y reparaciones de esta misma, utilizando el concepto TPM o Mantenimiento productivo total, donde el principal enfoque es la evaluación de los componentes críticos de la máquina dosificadora vertical.

1° Levantamiento de equipos del área de producción de semillas de prados

El activo principal de la línea productiva de prados es la máquina dosificadora vertical (ver ANEXO C: Máquina dosificadora vertical), esta tiene cinco subconjuntos, cada subconjunto a lo largo del periodo 2017 a presentado una serie de fallas y como se menciona anteriormente el área de mantenimiento no cuenta con registro de fallas de la máquina, sin embargo gracias a la información que los operadores registran de acuerdo a las ordenes realizadas a mano y el motivo de retrasos de estas, se puede obtener un registro de fallas que presentó la máquina dosificadora en el periodo 2017, sin embargo, este registro no indica la exactitud del día de la falla y no contabiliza las fallas diarias hacen referencias a las fallas de calibracion de la máquina dosificadora y los tiempos necesarios para poder calibrarlas

En la siguiente tabla se dan a conocer los subconjuntos y la cantidad de fallas que presenta cada subconjunto a lo largo del periodo 2017

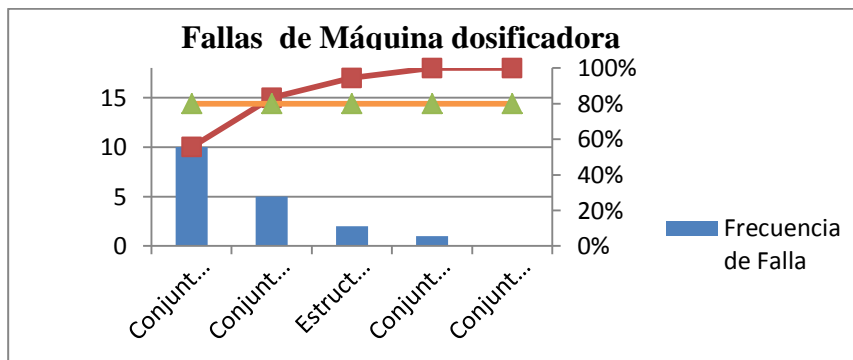
Tabla 3-11 Registro de fallas de maquina dosificadora vertical

Máquina dosificadora Vertical		Fallas de Máquina dosificadora periodo 2017											
N°	Conjuntos y componentes de Máquina dosificadora	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	Estructura de dosificadora, se compone de:	2 Fallas											
1	Tolva de mezcla												
2	Tolva de fragmentación (cortes)	x								x			
3	Embudo de empaque												
	Conjunto mezcladora, se compone de:	1 falla											
1	Tornillo sin fin giratorio												
2	Caja Reductora mecánica												
3	Motor eléctrico												
4	Acoples mecánicos					x							
	Conjunto transportadora, se compone de:	0 Fallas											
1	Cinta transportadora												
2	Motor eléctrico												
3	Caja reductora mecánica												
	Conjunto de fragmentación, se compone de:	10 Fallas											
1	Cuatro cilindros neumáticos doble efecto (actuadores)	x										x	
2	Dos compuertas de primer y segundo corte												
3	Celda de carga (Control de peso electrónico, sensor y transmisor)	x	x	x			x		x	x	x	x	
4	Alimentación de aire comprimido												
	Conjunto de mando y control, se compone de:	5 Falla											
1	Monitor indicador de peso y regulación (set point)												
2	Bloque de control y mando (controlador PLC)	x		x		x			x		x		
3	Botonera de encendido de conjunto mezcladora												

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3-11 indica la cantidad de fallas para cada subconjunto de la máquina dosificadora, de acuerdo a la información obtenida es posible agrupar dichas fallas de acuerdo a las frecuencias que estas tienen.

El diagrama de Pareto de las fallas de la máquina dosificadora en el periodo 2017 indica que las averías que representan el aproximadamente 80% de la totalidad de las fallas y por ende las que mayor prioridad tiene por ser reparadas se encuentran en dos subconjuntos de la maquina dosificadora siendo estos el conjunto de fragmentación (con 10 fallas) y el conjunto de mando y control (con 5 fallas).



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 3-1. Fallas de Máquinas dosificadoras

2°- Análisis de criticidad de equipos en el área de producción de semillas de prados

Es necesario evaluar el equipo que representa un grado mayor de riesgo en comparación con el resto. Esta información será de suma importancia para el personal de mantenimiento, ya que dicha información les será útil para poder realizar un plan de mantenimiento estratégico para el área productiva de fragmentación de semillas de prados, se hace necesario realizar un análisis de criticidad.

Para conceptos de estudios y análisis, se utilizará la matriz cualitativa de riesgo, (ver ANEXO C: Matriz cualitativa de riesgo) esta proporciona un método de clasificación de la criticidad en la que se encuentra cada equipo.

Se debe tener en cuenta la jerarquización de los equipos respecto a la ponderación final de la matriz cualitativa de riesgo, estos serán de:

Tabla 3-12. Tabla de Grado de criticidad

Grado	Ponderación
Crítico	> 50
Medianamente crítico	20 < > 50
No crítico	< 20

Fuente Ppt gestión de mantenimiento

Al igual que el diagrama de Pareto de las fallas de la máquina dosificadora, el resultado de la matriz cualitativa de riesgo indica que los elementos que tienen un grado de criticidad mayor que el resto de los elementos que conforman los subconjuntos de la máquina dosificadora son la celda de carga y el bloque de control y mando, siendo estos dos elementos los puntos clave a mejorar con la propuesta N°3:

Para siglas de matriz cualitativa de riesgo ver ANEXO C: “Matriz cualitativa de riesgo”

Tabla 3-13. Matriz Cualitativa de riesgo para máquina dosificadora

Matriz Cualitativa de riesgo para máquina dosificadora vertical							
Elemento	FF	IO	FO	CM	SHA	Total	Jerarquización
Tolva de mezcla	1	2	1	1	1	4	No crítico
Tolva de fragmentación	2	3	2	1	1	14	No crítico
Embudo de empaque	1	1	1	1	1	3	No crítico
Tornillo sin fin giratorio	1	3	2	1	1	8	No crítico
Caja Reductora mecánica	1	3	1	1	1	5	No crítico
Motor eléctrico	1	3	1	1	1	5	No crítico
Acoples mecánicos	2	3	1	1	1	8	No crítico
Cinta transportadora	1	3	3	1	1	11	No crítico
Motor eléctrico	1	3	1	1	1	5	No crítico
Caja reductora mecánica	1	3	1	1	1	5	No crítico
Cuatro cilindros neumáticos doble efecto (actuadores)	2	3	2	1	1	14	No crítico
Dos compuertas de primer y segundo corte	1	4	1	1	1	6	No crítico
Celda de carga (Control de peso electrónico, sensor y transmisor)	3	4	3	2	1	39	Medianamente crítico
Alimentación de aire comprimido	1	3	1	1	1	5	No crítico
Monitor indicador de peso y regulación (set point)	1	2	1	1	1	4	No crítico
Bloque de control y mando (controlador PLC)	3	4	3	2	1	39	Medianamente crítico
Botonera de encendido de conjunto mezcladora	1	1	1	1	1	3	No crítico

Fuente: Elaboración Propia

3° - Análisis causa raíz de los elementos críticos

De la matriz cualitativa de riesgo resulto que los equipos críticos son la celda de carga y el bloque de control y mando, de acuerdo a ello la celda de carga representa la mayor frecuencia de fallas, para estos elementos no existe información y especificaciones.

A continuación se da una breve descripción de los equipos críticos de la máquina dosificadora:

Celdas de carga: la celda carga es un transductor que convierte una fuerza mecánica en una salida eléctrica medible y establecida. El tipo de celda utilizada dependerá de la aplicación y la industria, para el caso de la máquina dosificadora la celda de carga es de tipo base calibrador de tensión, esta convierte la carga o peso que actúan sobre ellas en una señal eléctrica. El caso del conjunto calibrador se encuentra unido a la estructura que sufre la deformación cuando es aplicado el peso.

Bloque de control y mando (PLC): es el controlador lógico programable del conjunto del control de pesaje de la maquina dosificadora, que tiene por objetivo mantener el valor deseado (peso del producto) de una variable independiente de las influencias externas al proceso de la maquina dosificadora.

El bloque de control y mando utiliza una memoria para el almacenamiento interno de la series de instrucciones o mandatos estipulados para el control de peso, tiempos de cortes del producto y operaciones de cálculos para hacer posible la fragmentación del productos en los pesos específicos que van de los 250 [g] a 1 [kg], para poder realizar las series de acciones el PLC utiliza funciones de entrada y salida de información, en donde la función de entrada es la encargada de captar toda la información que entregan los transmisores y la funciones de salida es la encargada de controlar los actuadores (electro válvulas y cilindros neumáticos) para mantener el valor de la variable deseada.

A través del controlador se puede manejar y configurar las funciones deseadas para el conjunto de pesaje y cortes de la máquina dosificadora, así como también, la configuración y regulación de la celda de carga.

Debido a la nula información y especificaciones de los componentes de los equipos críticos de la maquina dosificadora, para analizar la causa raíz de los elementos críticos de la máquina dosificadora se concertó una entrevista con el creador de la parte de fragmentación de la máquina dosificadora, esta persona se adjudicó el mantenimiento de esta parte de la máquina, sin embargo, no entrega capacitaciones o da a conocer formas de reparación de esta parte de la máquina dosificadora al personal de mantenimiento.

Él indicó que la máquina dosificadora presenta fallas puesto que es un equipo que lleva más de 10 años en funcionamiento sin tener un plan de mantenimiento establecido.

Señala además que la máquina dosificadora presenta fallas principalmente en las celdas de cargas, como consecuencia de esto, se genera una descalibración del sistema de fragmentación en general, esto provoca fallas en el sistema de mando y control, puesto que la calibración del sistema requiere de conocimientos de instrumentación y control, de lo contrario se puede generar un fallo del sistema de control, provocando pesos erróneos en el sistema fallas en los cilindros neumáticos, etc.

Señala además que las celdas de carga fallan debido a la antigüedad de los repuestos y fallas de las resistencias internas que las celdas llevan. (punto evidentemente claro, tanto en la práctica, así como, con el análisis de criticidad del equipo).

Señala además que el bloque de control y mando presenta fallas por mala manipulación de los operadores; por consecuencia de las reiteradas fallas de las celdas de carga y las unidades electrónicas que participan del conjunto de fragmentación (primer corte y segundo corte).

4° - Solución de problemas en máquina dosificadora

Con respecto a lo anterior como solución a las reiteradas fallas que presentan los elementos críticos de la máquina dosificadora se propone realizar un reacondicionamiento del conjunto de fragmentación y el conjunto de mando y control de la máquina dosificadora que tenga como característica principal:

1- En caso de falla de un componente mecánico se recomienda el remplazo total del elemento dañado y no la reparación de este, debido a que el equipo lleva más de una década de funcionamiento sin tener reemplazo de piezas, donde la principal forma de solución en caso de falla era la reparación del componente

2- Realizar una restauración del conjunto mecánico que participa de proceso de fragmentación de la máquina dosificadora

La restauración consta de:

- La reparación de soportes y uniones donde van montados los actuadores de la máquina dosificadora, los soportes de los cilindros neumáticos tienen un evidente juego, lo que causa una variación en el correcto corte de la fragmentación (selección de peso).
- Reparación, limpieza y engrase de las placas que generan el primer y segundo corte.

- Reemplazo de pernos de sujeción de tolva de fragmentación que se encuentran deteriorados.

3- Verificación de unidades electrónicas del conjunto de fragmentación.

La verificación de las unidades electrónicas del conjunto de fragmentación consta de mediciones de voltaje, resistencia de los distintos componentes electrónicos del sistema como sensores, actuadores eléctricos y bloque de control de peso a fin de determinar que componente debe ser reemplazado.

4- Cambiar componentes electrónicos dañados o que no puedan cumplir la función requerida.

Los componentes deben ser reemplazados con el fin de que el conjunto de fragmentación de la máquina dosificadora queda actualizado con componentes genéricos y de fácil acceso a repuestos, de esta manera se logra una independencia del actual fabricante de la máquina dosificadora. Los componentes que deben ser reemplazados son:

- **Las celdas de carga:** las celdas de cargas del conjunto de fragmentación de la máquina dosificadora son tres, estas celdas deben ser reemplazadas debido a que principalmente se tienen una mala lectura del peso real del producto y para actualizar el sistema con repuestos genéricos de fácil acceso y de buena calidad.
- **Transmisor de celda de carga:** Este módulo es la interface entre las celdas de carga y el controlador (PLC). Al igual que las celdas de cargas, el transmisor de la información que entregan las celdas de cargas debe ser reemplazados por motivos de obsolescencia de los actuales trasmisores.
- **Cilindros neumáticos:** Los cilindros neumáticos actuales presentan fugas del aire comprimido, para esto se recomienda el reemplazo de los cilindro de doble efecto y en su medida adquirir repuestos para estos.
- **Mangueras de alimentación de aire comprimido:** las mangueras que transportan el aire comprimido hasta los cilindros neumáticos, nunca han sido cambiadas por ende es necesarios realizar el reemplazo de ellas para evitar posibles fallas a futuro.

3.2.3.4. Resultados esperados de propuesta N°3

Con la implementación de la propuesta de mejora N° 3 se verán reducidos los desperdicios en tiempo de esperas, procesos inapropiados y se estima que se tendrán beneficios tales como:

-Disminución de índices fallas para la máquina dosificadora

-Aumento de la disponibilidad general de la máquina dosificadora: Según el registro de fallas obtenido a través de los operadores y en consulta con el área de mantenimiento, hacen referencia a los tiempos de reparación de las fallas que presenta la máquina, en donde:

-Fallas por reparación de tolva de fragmentación tienen una duración de 4 [h].

-Fallas por reparación de acoples mecánico tienen una duración de 2[h]

-Fallas por reparación en los cilindros neumáticos tienen una duración de 2[h]

-Fallas por reparación en las celdas de carga y las del bloque de control y mando tienen un duración de 18 [h] productivas, debido a la espera de disponibilidad del creador de la parte de fraccionamiento de la máquina dosificadora.

-Tiempo de calibración diario de máquina dosificadora por fallas de celda de carga 20 [min].

En base a esta información se puede realizar un cálculo tipo de la disponibilidad general de la máquina dosificadora donde:

$$\text{Disponibilidad general} = \frac{\text{Tiempo en que la máquina estuvo disponible}}{\text{Tiempo real que debe estar disponible}} * 100$$

Y así con esta propuesta se estima que la disponibilidad general de la máquina aumentará cerca de un 13.70% en el periodo de un año, esto debido a que se reducirán las fallas de los elementos críticos anteriormente mencionados causantes de las mayores frecuencias de fallas. Junto al aumento de la disponibilidad, además, se obtendrá un aumento en la producción anual del mismo punto porcentual de la disponibilidad general de la máquina dosificadora, aumentando la producción de 212825 [ud/año] a 246995 [ud/año].

Tabla 3-14. Registro de paros de maquinaria por fallas

Disponibilidad de máquina dosificadora en el periodo 2017			
Fallas de elementos	Frecuencia de falla	Tiempo de reparación [h]	Horas de reparación total [h]
Tolva de fragmentación (cortes)	2	4	8
Acoples mecánicos	1	2	2
Cuatro cilindros neumáticos doble efecto (actuadores)	2	2	4
Celda de carga (Control de peso electrónico, sensor y transmisor)	8	18	144
Bloque de control y mando (controlador PLC)	5	18	90
Calibración de peso diario de la máquina dosificadora	260	0.333	86.58
Total de paradas por mantenimiento			334.58
Horas totales disponibles x 52 semanas			2340
Disponibilidad general actual			85.70%
Disponibilidad general futura			99.40%
Aumento de disponibilidad			13.70%

Fuente: Elaboración propia

-Aumento de niveles de producción: se prevé que con esta propuesta se mejorarán los índices de producción debido a que ya no serán necesarias la constante calibración de peso para el conjunto de fragmentación de la máquina dosificadora.

Debido a que no se necesitara del tiempo diario de calibración del peso de la máquina dosificadora quedará disponible este tiempo para poder utilizarlo en la producción de la semilla de prados.

Este tiempo disponible será de 20 [min] lo que se traduce en un aumento de la producción en un 4,16% para el caso del actual método de producción con 105 [ud/HM] se suman 35 unidades por turno y el caso del método productivo aplicando las propuestas anteriores con una producción de 190 [ud/HM] se suma a la producción diaria 63 unidades por turno de trabajo.

**CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE
MEJORAS EN LAS VARIABLES DE SERVICIO Y COSTO**

4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN LAS VARIABLES DE SERVICIO Y COSTO

4.1. IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL ÁMBITO PRODUCTIVO

Si las propuestas de mejoras expuestas en el capítulo N°3, se logran implementar como un conjunto generaría un gran impacto en las variables de producción anuales, esto se vería reflejada en una evaluación anual de los resultados y teniendo en consideración que los indicadores claves de producción son:

	Rendimiento de línea productiva de prados	Producción Diaria línea de prados	Producción mensual línea de prados	Producción Anual línea de prados
KPI's de Producción	[ud/HM]	[ud/turno]	[ud/mes]	[ud/año]

Donde la producción mensual de la línea de prados se calcula a partir de 20 días hábiles disponibles para la producción en un mes

Los impactos que se prevé que las propuestas generen en los niveles de producción son:

4.1.1. Impactos de propuestas de mejora N°1: Reducción de tiempos de preparación aplicando las 5S

La implementación de esta propuesta generaría un índice mejora que se reflejaría en los niveles de producción mensuales, que en este caso son considerados leves, es por eso que la evaluación de esta propuesta será en niveles anuales.

La tabla 4-1 Aumento de producción por propuestas N°1, indica que del total de mejoras expuestas en este proyecto, a comparación del sistema que rige actualmente se logra mejorar la producción en 61[ud/turno], que se traduce en una mejora anual de 14640[ud/año].

Tabla 4-1. Aumento de producción por propuestas N°1

N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes x 12 meses [ud/año]
Propuesta de mejora N°1	Reducción de tiempos de espera	4.16%	35	221224.5
	Reducción en tiempos de limpieza	3.12%	26	219064.5
		Total de propuestas	61	227464,5
		Total actual	-61	212824.5
		Mejora productiva por año		14640

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Impactos de propuestas de mejora N°2: Mejora del flujo continuo del proceso de fabricación de semillas de prado aplicando Células de manufactura

El impacto generado por esta propuesta es a nivel de eficiencia de la línea productiva de prados y si se evalúa la implementación de esta propuesta considerando el historial de órdenes de trabajo del periodo 2017 (para un rendimiento de 190[und/HM]) versus las ordenes de trabajo del periodo 2016 con el método de trabajo actual (con un rendimiento de 105 [und/HM]), se tiene un aumento de producción de 690[und/turno], generando un producción extra al año de 163200 unidades de productos elaborados.

Tabla 4-2. Aumento de eficiencia por propuestas de mejora N°2

N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes x 12 meses [ud/año]
Propuesta de mejora N°2	Aumento de eficacia de producción	80.95%	680	364800
		Total de propuesta	680	364800
		Total actual	~	201600
		Mejora productiva por año		163200

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Impactos de propuestas N°3: Mejora de fiabilidad de equipos en el proceso productivo

Los impactos de la propuesta de mejora N° 3 son a nivel de disponibilidad de la máquina dosificadora vertical y si se evalúa la implementación de esta propuesta considerando que la maquina dosificadora trabajó correctamente y teniendo un aumento de disponibilidad de un 13,7% durante el periodo 2017 con un rendimiento de 190[ud/HM] versus el periodo 2017 con el método de trabajo actual con un rendimiento de 105 [ud/HM], se obtiene un aumento de producción anual promedio de 34.170 unidades, si a eso se le suma los aumentos de producción por motivos de mayor tiempo para producir debido a que se elimina el tiempo requerido para la calibración diaria de la maquina con el actual método de trabajo, se genera un aumento en la producción anual de 49290 unidades más de lo que genera el método actual de trabajo.

Tabla 4-3. Aumento de producción por propuesta N°3

N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes x 12 meses [ud/año]
Propuesta de mejora N°3	Aumento de la disponibilidad general de la maquina dosificadora por año	13.70%	~	246994.5
	Aumento de niveles de producción	4.16%	63	228870
		Total de propuesta	~	262114.5
		Total actual	~	212824.5
		Mejora productiva por año		49290

Fuente: Elaboración propia

Con la suma del aumento de producción de cada una de las propuestas da como resultado 227.130 [ud/año] adicional a la producción con el actual método de trabajo lo cual como resultado total estimado de la producción sería de 439955 [ud/año].

Tabla 4-4. Impactos productivos por el total de propuestas

N° de Propuesta	Mejora productiva por año [und/año]	Producción estimada con la implementación de las tres propuestas [ud/año]	Producción con actual método de trabajo [ud/año]
Propuesta N°1	14640	439955	212825
Propuesta N°2	163200		
Propuesta N°3	49290		
Total Producción adicional	227130		

Fuente: Elaboración propia

4.2. **IMPACTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL ÁMBITO ECONÓMICO**

Por conceptos de confidencialidad y derechos que se reserva la empresa Anasac Ambiental S.A., no se tiene certeza del costo de producción, costos de materia prima y ganancias que genera el producto final de la línea productiva de prados (semillas de prados). Por este motivo es que los impactos económicos y evaluación económica se proyectan en base a los ahorros que generan la implementación de las propuestas de mejoras aplicando herramientas de la metodología Lean Manufacturing.

Estos ahorros se ven reflejado directamente en las horas hombres necesarias para el proceso productivo de la línea de prados. Al implementar las propuestas de mejoras en conjunto se estima que evaluando una misma cantidad de producción durante un periodo de tiempo de un año se logra ahorra tiempos de producción, a su vez, se ahorran HM y como consecuencia de esto se ven reducidas notablemente las HH necesarias para el mismo productivo, en otra palabras, se reducirán la contratación de horas necesarias para cumplir con las ordenes de trabajo.

Es necesario tener en consideración que por 1 HM (horas máquinas) se necesitan de 2HH (horas hombres), y el valor promedio que la empresa paga por dicha hora hombre es de \$2222.22 CLP por lo cual se tiene:

Tabla 4-5. Ahorros generados al implementar las propuestas de mejoras

N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes [ud/año]	HM ahorradas en 1 turno [ud/HM]	HH ahorradas en 1 turno [ud/HM]	HH ahorradas en 1 año [HH]	Ahorro económico generado CLP	Ahorro económico generado USD
Propuesta de mejora N°1	Reducción de tiempos de espera	4.16%	35	221224.5	Ref: 105[und/HM]	Ref: 105[und/HM]	Ref: 105[und/HM]	Ref: \$2222.22 HH	Ref: 3.654
	Reducción en tiempos de limpieza	3.12%	26	219064.5	0.58	1.16	278.86	\$ 619.682.54	\$ 1.019.15
	Total de propuestas		61	227464.5					
	Total actual		-61	212824.5					
	Mejora productiva por año			14640					
N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes [ud/año]	HM ahorradas en 1 turno [ud/HM]	HH ahorradas en 1 turno [ud/HM]	HH ahorradas en 1 año [HH]	Ahorro económico generado	Ahorro económico generado USD
Propuesta de mejora N°2	Aumento de eficacia de producción	80.95%	680	364800	Ref: 190[ud/HM]	Ref: 190[ud/HM]	Ref: 190[und/HM]	Ref: \$2222.22 HH	Ref: 3.654
		Total de propuesta	680	364800	6.48	12.95	3108.57	\$ 6.907.936.51	\$ 11.360.99
		Total actual	~	201600					
		Mejora productiva por año		163200					
N° de propuesta	Aumento de producción por:	Variación	Mejora de Producción [ud/turno]	Producción total x 20 días x mes [ud/año]	Producción con un 100% de disponibilidad	HM ahorradas en 1 año	HH ahorradas en 1 año	Ahorro económico generado	Ahorro económico generado USD
Propuesta de mejora N°3	Aumento de la disponibilidad general de la maquina dosificadora por año	13.70%	~	246994.5	Ref:105-190 [ud/HM]	Ref: 212825 [ud/año] Periodo 2017	Ref: 212825 [ud/año] Periodo 2018	Ref: \$2222.22 HH	Ref: 3.654
	Aumento de niveles de producción	4.16%	63	227944.5	[Total de propuesta futura- Total de propuesta actual]	325.43	650.86	\$ 1.446.349.21	\$ 2.378.71
		Total de propuesta	~	262114.5					
		Total actual	~	212824.5					
	Mejora productiva por año			49290	4920				
					Total HH ahorradas	4038.29	Ahorro de HH generados por las tres propuestas	\$ 8.973.968	\$ 14.758.85

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede destacar que el ahorro total de HH que se genera al implementar las propuestas de mejora como un conjunto es de 4038,29 [HH], lo que se traduce en \$8.973.968, ahorro generado en un año de producción

4.2.1. Evaluación económica de la implementación de las propuestas de mejoras en línea productiva de prados

Como se menciona anteriormente por temas de confidencialidad no se cuenta con un dato económico o algún dato de ingreso para poder evaluar las propuestas como un proyecto de inversión, es por este motivo que la evaluación económica de este proyecto será realizada de acuerdo a los ahorros generados en un año, estos ahorros de HH que son cuantificables económicamente serán utilizados como referencia para poder ver la viabilidad del proyecto.

Teniendo en cuenta que los ahorros generados en un año son de 4038,29 HH, lo que se traduce económicamente en \$8.973.968, cabe destacar que el proceso de evaluación económica será realizado en dólares USD. (Ver anexo C “Especificaciones de costos de las propuestas de mejoras”).

4.2.1.1. Costos del proyecto

Los costos de los proyectos detallados se encuentran en el ANEXO C, mientras que como costos fijos, variables, inversión Inicial y costos de puesta en marcha son:

Tabla 4-6. Costo total de implementación de propuestas

Costo total de implementación de propuestas	Valor CLP	Valor USD
Costos Fijos	\$ 1.052.304	\$ 1.730,65
Costos Variables	\$ 14.537.227	\$ 23.908,34
Inversión Inicial	\$ 4.558.550	\$ 7.497,12
Costos puesta en marcha	\$ 600.000	\$ 986,78
TOTAL	\$ 20.748.081	\$ 34.122,89

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la rentabilidad del proyecto es necesario definir algunos parámetros:

-Tasa de descuento: medida financiera que permite estimar el valor actual de pagos futuros representa el costo oportunidad de realizar el presente proyecto.

Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

Costo de Capital Propio:

$$K_e = KRF + \beta (KM - KRF) + RILD$$

$$7 * K_e = 4\% + 2.2\% (12.8\% - 4\%) + 7\%$$

$$K_e = 21.02\%$$

Para lo cual:

K_e = Costo de Capital Propio.

KRF = Tasa libre de Riesgo.

β = Beta, Índice que mide la rentabilidad de la industria.

KM = Tasa de Rendimiento del mercado.

RILD = Riesgo País.

Donde finalmente el costo del capital es:

Costo de capital propio (aporte al proyecto) (51.81 %*0.21%) : 11.24%

Costo de capital externo (aporte al proyecto) (48.19 %*0.21%) : 10.45%

Total o Tasa de descuento: 21.69%

4.2.1.2. Flujo de caja proyectado a 5 años

Se realiza un flujo de caja proyectado a cinco años con inversión interna, el cual indica como resultado:

Tasa Descuento	21.69%
VAN	\$ 1524
TIR	25%

A la vez se realiza un flujo de caja ´proyectado a cinco años con un aprox. un 50% de financiamiento externo, para el cual se obtiene

Tasa Descuento	21.69%
VAN	\$ 1701.23
TIR	33%
Interés	21%

6* Fórmula para cálculo de costo de capital propio “Finanzas riesgo y rendimiento” UCV. Profesor Walter Zavaleta. -- 7*Datos extraídos de la fuente “InfroAnalytic, Banco de Chile”, Bolsa de comercio de Santiago, IPSA Chile

Flujo de caja proyectado a 5 años con inversión interna

Información Banco central de Chile						
Fecha	Valor Dólar USD	Valor peso CLP				
12-01-2018	1	\$ 608.04				
Flujo de caja de proyecto de mejora sin financiamiento externo						
Años	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro		\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85
Costos fijos		-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65
Costos variables		-\$ 23.908.34	-\$ 12.067.01	-\$ 225.69	-\$ 225.69	-\$ 225.69
Depreciación de activos		-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93
Depreciación de activos de		-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00
Depreciación equipos		-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06
Ajuste de depreciación		-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99
Utilidad		-\$ 11.471.13	\$ 370.19	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52
Inversión	-\$ 7.497.12					
Costo de puesta en marcha	\$ 1.279.52					
Flujo de caja	-\$ 6.217.60	-\$ 11.474.91	\$ 370.19	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52
Total Acumulado	-\$ 6.217.60	-\$ 17.688.73	-\$ 17.318.54	-\$ 5.107.02	\$ 7.104.50	\$ 19.316.02
Tasa Descuento	22%					
VAN	\$ 1.524.00					
TIR	25%					

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja - Proyecto de mejora con 50% aprox. del financiamiento externo

Flujo de caja - Proyecto de mejora con 50% aprox. del financiamiento externo						
Años	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro		\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85	\$ 14.758.85
Costos fijos		-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65	-\$ 1.730.65
Costos variables		-\$ 23.908.34	-\$ 12.067.01	-\$ 225.69	-\$ 225.69	-\$ 225.69
Depreciación de activos		-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93	-\$ 80.93
Depreciación de activos de		-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00	-\$ 366.00
Depreciación equipos		-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06	-\$ 144.06
Ajuste de depreciación		-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99	-\$ 590.99
Utilidad		-\$ 11.471.13	\$ 370.19	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52
Crédito (Préstamo Bancario)	\$ 16.446.29					
Gasto Financiero		-\$ 3.453.72	-\$ 2.513.70	-\$ 1.376.28		
Amortización		-\$ 4.476.28	-\$ 5.416.29	-\$ 6.553.72		
Inversión	-\$ 7.497.12					
Costo de puesta en marcha	\$ 1.279.52					
Flujo de caja	\$ 10.228.68	-\$ 19.401.13	-\$ 7.559.80	\$ 4.281.52	\$ 12.211.52	\$ 12.211.52
Total Acumulado	\$ 10.228.68	-\$ 9.172.45	-\$ 16.732.25	-\$ 12.450.73	-\$ 239.21	\$ 11.972.31
Tasa Descuento	22%				Información Banco central de chile	
VAN	\$ 1.701.23				Fecha	Valor Dólar USD
TIR	33%				12-01-2018	Valor peso CLP
Interés	21%				1	\$ 608.04
Datos del crédito						
Cuota	\$ 628	\$ 7.930	\$ 7.930	\$ 7.930		
interés		\$ 3.454	\$ 2.514	\$ 1.376		
Amortización		\$ 4.476	\$ 5.416	\$ 6.554		
Saldo Insoluto	\$ 16.446.29	\$ 11.970	\$ 6.554	\$ 0		

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Análisis de rentabilidad

Al analizar el flujo de caja proyectado a 5 años con inversión interna, se aprecia que el proyecto presenta una buena rentabilidad, según los datos que entrega el flujo de caja se aprecia que la inversión inicial se podrá recuperar al año 4 ya teniendo una ganancia proyectada que va en aumento que se puede apreciar hasta los 5 años de proyección.

Para este mismo caso el VAN da como resultado \$1.524 USD (\$926.652,96 CLP) que es un valor positivo, éste, es un buen indicador que indica que si la empresa Anasac Ambiental llegara a ejecutar el proyecto, recuperará la inversión inicial y además la empresa aumentará su valor en \$1.524 USD. Este escenario se puede corroborar con el TIR el cual dio para esta proyección un 25% siendo mayor a la tasa de descuento de 21,69%, por ende da aún más certeza que el proyecto es rentable y que el riesgo de algún fracaso financiero es reducido, presentándose este proyecto con estas condiciones como una buena oportunidad de negocio.

En caso del análisis del flujo de caja proyectado a 5 años financiado aprox. al 50% de financiamiento externo a 36 cuotas de \$628 USD (\$381.849,12 CLP), da como resultado, que el proyecto presenta buena rentabilidad, donde la inversión inicial se recuperaría en un máximo de 5 años, teniendo en el mismo año 5 una ganancia proyectada que se encuentra en aumento.

Para este caso el VAN resulta ser de \$ 1.701,23USD (\$1.034.415,889 CLP), que es un valor positivo, que a la vez también genera a la empresa un aumento de valor en \$ 1.701,23 USD, presentándose como un proyecto rentable, lo cual se puede corroborar con el TIR, indicador económico que da como resultado un 33%, siendo este mayor a la tasa de descuento, dando al igual que el caso anterior, una certeza que el proyecto es viable, rentable y con riesgo bajo de alguna fracaso financiero a futuro.

Con relación al análisis de ambos flujos de cajas, es importante señalar que la implementación de las propuestas provocan un crecimiento económico para la empresa, pero que a su vez representan una inversión considerable, la cual será recuperada de manera más rápida si el financiamiento de dichas mejoras son realizadas con capital interno o financiadas internamente, de esta misma forma se obtendrá el crecimiento económico más rápido que en caso de la implementación de las propuesta fueran financiadas externamente, parcialmente o en su totalidad.

Cabe destacar que toda la evaluación del proyecto y el estudio de pre factibilidad de este mismo, se realizó en base a al análisis de los ahorros de horas hombres de una sola línea productiva, traducidos en un factor económico clave para la producción de la línea productiva de prados de la empresa Anasac Ambiental S.A..

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología de gestión Lean Manufacturing busca eliminar los desperdicios generados en los procesos productivos mediante una serie de herramientas, esta metodología es aplicable a un sin número de empresas de distintos rubros, no así sus herramientas, para lo cual es necesario someter a la empresa en cuestión a una evaluación para verificar la compatibilidad de herramientas de esta estrategia de gestión con la empresa.

Para el caso de estudio, en la empresa Anasac S.A., la compatibilidad de las herramientas Lean permitieron el diagnóstico de la línea productiva de prados de dicha empresa. Este diagnóstico reflejó que dicha empresa presentaba una serie de desperdicios, ocasionando una inexistencia de flujo continuo en el proceso productivo, generado por una serie de puntos críticos, que por falta de conocimiento, capacitación y un proceso poco estandarizado no permitían a los operadores aportar valor agregado a la línea productiva, siendo posible lo anteriormente mencionado gracias al cumplimiento de los dos primeros objetivos específicos, donde el primer objetivo hace referencia a la descripción del marco teórico y de la metodología Lean Manufacturing que sirva como base conceptual y el segundo objetivo que aludía a un diagnóstico de la situación actual en el sistema de producción, mediante el levantamiento de herramientas Lean Manufacturing.

A su vez, el cumplimiento de estos objetivos permitieron la evaluación de las herramientas Lean Manufacturing compatibles con Anasac Ambiental, pudiendo generar tres propuestas de mejoras que tienen por objetivo dar solución a los porcentajes de desperdicios más altos encontrados en la línea productiva de prados, donde la propuesta N°1 “Disminución en los tiempos de preparación” con ayuda de las herramientas 5S demuestra que no es necesario de tecnología de punta para generar un impacto en el ámbito operacional, donde el orden, la disciplina y un trabajo en equipo permiten dar solución a problemas como lo es la falta de estandarización en lo productivo y en el ambiente de trabajo, esta simple mejora puede significar además mejoras en ámbitos productivos de hasta un 7.2% como lo es en el caso de la línea de prados de Anasac Ambiental S.A..

En relación a la propuesta N°2 “Mejoras en el flujo continuo de los procesos productivos”, con ayuda de la herramienta Células de manufactura, demuestra que una distribución estratégica de los puestos de trabajo, puede ser considerablemente beneficioso en ámbitos productivos y si a dicha organización estratégica se le suma ayuda de la herramienta Jidoka, sobre la automatización con un toque humano, la

propuesta se transforma en una potencial herramienta para disminuir los tiempos de producción y aumentar los niveles de producción, que en el caso de la línea productiva de prados puede llegar a ser de un 80.9% de rendimiento de dicha línea.

Para aumentar los niveles de producción, no solo se trata de agregar nuevas herramientas y métodos de trabajos, esto queda comprobado con la propuesta de mejora N°3 sobre las “mejoras en la disponibilidad de los equipos del proceso productivo”, donde utilizando la herramientas de TPM se puede generar un cambio positivo en la producción y mejorar el flujo continuo de la línea de prados, aplicando conceptos de mantenimiento y restauración de estos, buscando la mejora de los equipos actuales, equipos para los cuales, no se tenía contemplado planes de mantenimiento. Estos cambios positivos pueden llegar a ser para el caso de la línea productiva de prados de hasta un 13.7% en la disponibilidad del equipo productivo, significando un aumento en la producción considerablemente cercano a los mismos puntos porcentuales.

Estas propuestas dieron paso al cumplimiento del tercer objetivo específico que aludía a elaboración de un modelo de mejora al proceso productivo que permita la disminución de pérdidas por conceptos operacionales. Dando paso al cumplimiento del cuarto objetivo específico que se refería a evaluar las propuestas de mejoras comparando a nivel técnico y económico cada una de ellas para la selección de la propuesta final a la empresa.

Se concluye que las propuestas de mejoras deben ser aplicadas en conjunto y no la selección de una de ellas puesto que en conjunto las tres propuestas significan impactos en lo productivo de hasta un 106% de mejora si fuera considerado la producción anual con turnos de trabajo normales, este impacto productivo puede verse traducido en un impacto económico en donde se lograría ahorrar hasta 4038,29 HH, traduciéndose en \$14.785,85 USD de ahorro al año, que a la hora de una evaluación económica vs el costos de las posible implementación de las propuestas de mejoras significan una inversión positiva, con altas probabilidades de recuperar una inversión inicial a plazos de 4 y 5 años dependiendo del modelo de financiamiento que se tenga.

Finalmente con el cumplimiento de los cuatro objetivos específicos y en base a los análisis anteriormente realizados queda claro el cumplimiento del objetivo general de este trabajo de título el cual era elaborar propuestas de mejoras para el sistema productivo de una industria mediana aplicando herramientas del modelo de gestión Lean Manufacturing, con el fin de aumentar la fluidez en sus procesos y minimizar desperdicios.

Como recomendación para la empresa, se sugiere la continuidad de las propuestas de mejoras con las herramientas que fueron seleccionadas para dar solución

a los desperdicios de la línea productiva. Para ello es necesario el esfuerzo y dedicación de todas las personas involucradas en el proceso, desde la alta gerencia hasta el personal de planta, concientizando al personal la importancia y utilidad que traerá la implementación de los nuevos métodos.

Como futuro plan de mejora se recomienda generar propuestas de mejoras para ver disminuidos los tiempos de esperas por conceptos de desarrollo de órdenes de trabajo y por transporte de material dentro de la misma empresa, siguiendo por realizar un plan de mantenimiento para todos los activos que la empresa Anasac Ambiental S.A. tiene, de esta manera se verá mejorado aún más el flujo continuo de los proceso productivo.

Se recomienda el uso de técnicas y herramientas Lean para mantener una evaluación constante que ayude a una mejora continua de los procesos.

El cambio más importante es adoptar la cultura de la mejora constante, se recomienda apoyar, incentivar y educar tanto al personal como la alta gerencia para poder vencer la resistencia a un cambio positivo.

BIBLIOGRAFÍA

GALBANO, Alberto. Las tres revoluciones. 1ª ed. Doña Juana I de Castilla, 2228027 MADRID: Diaz de Santos, 2004. Serie: Le tre Rivoluzioni ISBN: 84-7978-604-3

CUATRECASAS, Luis. Lean Management: la gestión competitiva por excelencia. Barcelona España: Profit Editorial, 2010. Serie B-3.846-2010 ISBN: 978-84-96998-15-5

HERNANDES, Juan. Y VIZAN Antonio. Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid España: Fundación eoi, 2013. Serie M-16246-2013 ISBN 978-84-15061-40-3

VILLASEÑOR , Alberto y GALINDO, Edber Manual de Lean Manufacturing. Mexico : Limusa, S.A de C.V. 2007 colección: costo de administración ISBN-13: 978-968-18-6975-5

MEYERS, Fred E. Estudios de tiempo y movimientos. México. Pearson Educación, 2000. 2ª ed. ISBN 968-444-468-0

AHUMADA, PS. Anasac Ambiental SA (Entrevista Proceso productivo de Prados) Santiago 2017.

VILCHES, JP. Hipertónica S.A. (Entrevista, Funcionamiento y característica del sistema de control de máquina dosificadora) Santiago 2017.

OPASO, LF. Ingeniero gráfico Duoc UC (Entrevista, estructura y determinación de célula de manufactura) San Felipe 2017.

ALEGRIA, DE. Instrumentista agro súper. (Entrevista, sistema de control y automatización industrial) Santiago 2017.

ITURRA, O. Anasac Ambiental SA (Entrevista) Santiago 2017.

PRESENTACIÓN Lean Manufacturing, España, Emaze, 2016, 12 pág.

PRESENTACIÓN Ciclo de gestión del mantenimiento, Viña del Mar, Chile; 2016, 171 pág.

ANEXOS

**ANEXO A: MATRIZ DE CLASIFICACION DE HERRAMIENTAS
LEAN MANUFACTURING**

Matriz de clasificación de herramientas Lean Manufacturing							
Herramientas de Lean Manufacturing		Mudas o Desperdicios					
		Línea de producción de prados					
		Estación de trabajo desorganizado y desordenado	Falta de plan de mantenimiento para máquina dosificadora	Falta de automatización del proceso productivo	Dependencia de la supervisión por parte de la jefatura	Falta de comunicación entre áreas operativas	Falta de estándares en el proceso productivo
5s	Organizar	1	0	0	1	1	1
	Ordenar	1	0	0	0	0	1
	Limpiar	1	0	0	0	0	1
	Estandarizar	1	0	0	1	1	1
	Disciplinar	1	0	0	1	1	1
TOTAL		100%	0%	0%	60%	60%	100%
Kanban	Control de niveles de inventario	1	0	0	0	0	1
	Flujo continuo de material	1	1	0	1	1	1
TOTAL		100%	50%	0%	50%	50%	100%
JIT	Producir solo lo necesario	0	0	0	0	0	1
	Setup	1	0	0	1	0	1
	Aumento de capacidad máquina	0	1	0	0	0	0
TOTAL		33%	33%	0%	33%	0%	67%
Jidoka	Mecanismo para detectar defectos en el sistema	0	1	1	0	0	0
	Paro de producción por errores	1	1	1	0	0	0
TOTAL		50%	100%	100%	0%	0%	0%
Andon	Identificación de piezas	1	0	0	1	0	0
	Agilizar tiempo de búsqueda	1	0	0	1	0	0
TOTAL		100%	0%	0%	100%	0%	0%
Poka-yoke	Prevenir errores	1	0	0	1	0	0
TOTAL		100%	0%	0%	100%	0%	0%
Heijunka	Nivelación de la producción	1	1	1	1	1	1
	Nivelación de la variedad	0	0	0	0	0	0
TOTAL		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Estandarización	Reducción de riesgo de errores	1	1	0	1	1	1
	Mejora continua	1	1	0	1	1	1
TOTAL		100%	100%	0%	100%	100%	100%
SPP	Empoderamiento	1	0	0	1	1	0
TOTAL		100%	0%	0%	100%	100%	0%
Células de Manufactura	Tiempos de ciclos	1	0	1	1	1	1
	Mejora de la productividad	1	0	1	1	1	1
TOTAL		100%	0%	100%	100%	100%	100%
SMED	Reducción de inventarios	1	0	0	0	0	1
	Lotes pequeños	0	0	0	0	0	0
TOTAL		50%	0%	0%	0%	0%	50%
Control visual	Observaciones diarias	1	0	0	0	0	1
TOTAL		100%	0%	0%	0%	0%	100%
Hoshin Kanri		1	0	1	1	1	1
TOTAL		100%	0%	100%	100%	100%	100%
TPM	TPM Completo	0	1	1	1	0	1
	Mantenimiento autónomo	0	1	1	0	0	1
TOTAL		0%	100%	100%	50%	0%	100%

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO B: MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO

Matriz Cualitativa de Riesgo	
Criticidad = FF x [(IO x FO) + CM + SHA]	
Grado	Ponderación
Crítico	> 50
Medianamente crítico	20 < > 50
No crítico	< 20
Frecuencia de fallos (FF)	Clasificación
Más de 12 fallas por año	5
entre 9 y 12 fallas por año	4
Entre 5 y 8 fallas por año	3
Entre 1 y 4 fallas por año	2
Menos de 1 falla por año	1
Impacto operacional (IO)	Clasificación
Parada inmediata de la planta	5
Parada inmediata del proceso	4
Impacta en a niveles de producción	3
Costos operacionales por la indisponibilidad del equipo	2
No genera ningún costo significativo en la producción	1
Flexibilidad operacional (FO)	Clasificación
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto	3
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
Costo de mantenimiento (CM)	Clasificación
Mayor a \$2.000.000	3
Entre \$1.000.000 y \$2.000.000	2
Menor a \$1.000.000	1
Impacto en SHA (SHA)	Clasificación
Afecta la seguridad humana y requiere notificación a entes externos	6
Afecta el ambiente de manera irreversible	5
Afecta a la instalación provocando daños severos	4
Provoca daños menores	3
Provoca impacto ambiental que no viola las normas ambientales	2
No provoca daños a personas, instalaciones o al medio ambiente	1

**ANEXO C: ESPECIFICACIONES DE COSTOS DE LAS PROPUESTAS
DE MEJORAS**

Tabla C-1. Costos implementación propuestas de mejora

Costo total de implementación de propuestas	Valor CLP	Valor USD
Costos Fijos	\$ 1.052.304,00	\$ 1.730,65
Costos Variables	\$ 14.537.227,00	\$ 23.908,34
Inversión Inicial	\$ 4.558.550,00	\$ 7.497,12
Costos puesta en marcha	\$ 600.000,00	\$ 986,78
TOTAL	\$ 20.748.081,00	\$ 34.122,89

Costos Fijos	Valor CLP	Valor USD
Costos por concepto de consumo de Corriente eléctrica	\$ 692.304	\$ 1.138,58
Mantenimiento de equipos	\$ 360.000	\$ 592,07
TOTAL	\$ 1.052.304	\$ 1.730,65

Costos Variables	Valor CLP	Valor USD
Costo de diseño de tarjetas	\$ 5.000	\$ 8,22
Costo de pintura para demarcación de tráfico	\$ 25.890	\$ 42,58
Costos de mangueras neumáticas de alimentación	\$ 32.347	\$ 53,20
Acoples neumáticos	\$ 13.990	\$ 23,01
Asesoramiento e implementación de propuestas en el proceso productivo	\$ 14.400.000	\$ 23.682,65
Costos de Material audiovisual x 4 und.	\$ 60.000	\$ 98,68
TOTAL	\$ 14.537.227	\$ 23.908,34

Costos puesta en marcha	Valor CLP	Valor USD
Costos de Capacitación Propuesta N°1 (5s', Control Visual, Estandarización)	\$ 50.000	\$ 82,23
Costos de Capacitación Propuesta N°2 (Células de Manufactura, Nivelación de línea, TC, trabajo)	\$ 50.000	\$ 82,23
Costos de Capacitación Propuesta N°3 (Mantenimiento autónomo, TPM)	\$ 50.000	\$ 82,23
Instalación de botonera circuito 924 y baliza indicadora (Técnico eléctrico certificado)	\$ 60.000	\$ 98,68
Instalación y programación de control de proceso (PLC) (instrumentista- Técnico eléctrico certificado)	\$ 300.000	\$ 493,39
Restauración y ajuste de máquina dosificadora (parte de fragmentación)	\$ 90.000	\$ 148,02
Costos por parada de máquina (5 días)	\$ 178.000	\$ 292,74
TOTAL	\$ 778.000	\$ 1.279,52

Fuente: Elaboración Propia

Tabla C-2. Costos y depreciación de equipos

Inversión inicial y depreciación Anual de activos						
	Inversión Inicial	Valor CLP	Valor USD	Años de depreciación	Ajuste de depreciación	Total ajuste de depreciación
Equipos livianos	Costos de organizador (mueble)	\$ 150.000	\$ 246,69	7	\$ 35,24	\$ 80,93
	Costos de bandejas de herramientas	\$ 16.500	\$ 27,14	7	\$ 3,88	
	Costos de botes de basura	\$ 147.960	\$ 243,34	7	\$ 34,76	
	Costo reacondicionamiento de mesón de trabajo	\$ 30.000	\$ 49,34	7	\$ 7,05	
Equipos Industriales	Costo de torna mesa	\$ 2.200.000	\$ 3.618,18	15	\$241,21	\$366,00
	Cinta transportadora	\$ 1.050.000	\$ 1.726,86	15	\$115,12	
	Costo Botonera doble encendido cinta transportadora	\$ 24.690	\$ 40,61	15	\$ 2,71	
	Costo interruptores con luz color	\$ 4.690	\$ 7,71	15	\$ 0,51	
	Costo de baliza indicadora (torreta tricolor)	\$ 58.790	\$ 96,69	15	\$ 6,45	
Equipos de control	Costos de cilindros neumáticos x 4 Und.	\$ 395.920	\$ 651,14	10	\$ 65,11	\$ 144,06
	Costo de celdas de carga	\$ 120.000	\$ 197,36	10	\$ 19,74	
	Costos de Transmisor de celda de carga a PLC	\$ 70.000	\$ 115,12	10	\$ 11,51	
	Costo de PLC	\$ 290.000	\$ 476,94	10	\$ 47,69	
TOTAL		\$ 4.558.550	\$ 7.497,12		\$590,99	\$590,99

Fuente: Elaboración propia

Tabla C-3. Costo de implementación por propuestas

Costos de implementación propuesta N°1		Valor
Costos de organizador (mueble)		\$ 150.000
Costos de bandejas de herramientas		\$ 16.500
Costo de diseño de tarjetas		\$ 5.000
Costos de Material audiovisual x 4 und.		\$ 40.000
Costos de botes de basura		\$ 147.960
	Total	\$ 359.460
Costos de implementación propuesta N°2		Valor
Costo Material audiovisual (Control visual)		\$ 20.000
Costo reacondicionamiento de mesón de trabajo		\$ 30.000
Costo de torna mesa		\$ 2.200.000
Costo de selladora Continua		disponible
Cinta transportadora		\$ 1.050.000
Costo Botonera doble encendido cinta transportadora		\$ 24.690
Costo interruptores con luz color		\$ 4.690
		\$ 58.790
Costo de baliza indicadora (torreta tricolor)		\$ 25.890
Costo de pintura para demarcación de tráfico		\$ 25.890
	TOTAL	\$ 3.414.060
Costos de implementación propuesta N°3		Valor
Costos de cilindros neumáticos x 4 Und.		\$ 395.920
Costo de celdas de carga		\$ 120.000
Costos de Transmisor de celda de carga a PLC		\$ 70.000
Costo de PLC		\$ 290.000
Costos de mangueras neumáticas de alimentación		\$ 32.347
Acoples neumáticos		\$ 13.990
	TOTAL	\$ 922.257
Costos por concepto de capacitaciones del personal		Valor
Costos de Capacitación Propuesta N°1 (5s', Control Visual, Estandarización)		\$ 50.000
Costos de Capacitación Propuesta N°2 (Células de Manufactura, Nivelación de línea, TC, trabajo estandarizado)		\$ 50.000
Costos de Capacitación Propuesta N°3 (Mantenimiento autónomo, TPM)		\$ 50.000
	TOTAL	\$ 150.000
Costos por conceptos de Mano de obra		Valor
Instalación de botonera circuito 924 y baliza indicadora		\$ 60.000
Instalación y programación de control de proceso (PLC)		\$ 300.000
Restauración y ajuste de máquina dosificadora (parte de		\$ 90.000
Asesoramiento e implementación de propuestas en el proceso		\$ 14.400.000
	TOTAL	\$ 14.850.000

Fuente: Elaboración propia