



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA
BALANCEADOS NUTRITIVOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA
APLICANDO LAS HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

BIANCA PAULETE ERAZO RIVERA

HENRY VINICIO MAINATO TACURI

Riobamba - Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA
BALANCEADOS NUTRITIVOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA
APLICANDO LAS HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: BIANCA PAULETE ERAZO RIVERA

HENRY VINICIO MAINATO TACURI

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL GEOVANNY GUAMÁN LOZANO, Mgs.

Riobamba - Ecuador

2023

©2023, Bianca Paulete Erazo Rivera; & Henry Vinicio Mainato Tacuri

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, BIANCA PAULETE ERAZO RIVERA Y HENRY VINICIO MAINATO TACURI declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de noviembre del 2023



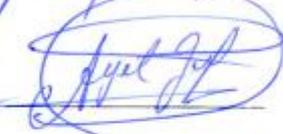
Bianca Paulete Erazo Rivera
060599944-0



Henry Vinicio Mainato Tacuri
030274562-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA BALANCEADOS NUTRITIVOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA APLICANDO LAS HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING**” realizado por los señores: **BIANCA PAULETE ERAZO RIVERA** y **HENRY VINICIO MAINATO TACURI** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud que el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Miguel Ángel Pérez Bayas, Ph. D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/11/16
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano, Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/11/16
Ing. Julio César Moyano Alulema, Mgs. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/11/16

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Fernando y Bertha, a mis hermanos Rosita y Josuee, quienes me brindaron su amor incondicional y apoyo constante a lo largo de este arduo camino académico. Gracias por ser mi fuente de inspiración y motivación. A mi familia y amigos, por su paciencia y aliento inquebrantable. Agradezco a mis ingenieros por su guía y conocimiento compartido. Esta tesis, dedicada a todos ustedes, es el resultado de esfuerzo conjunto y dedicación.

Bianca

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mis queridos padres, Rudecindo y Luz, quienes han sido el pilar de mi vida, guiándome con sus valores y apoyo incondicional. Sin ellos, este logro no habría sido posible. A mi tía Leonor, otro pilar fundamental en mi camino, le dedico este trabajo con sincero agradecimiento; su constante aliento y orientación han sido esenciales para llegar a donde me encuentro. No puedo pasar por alto a mis amados hermanos, Jessica y Edison, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi fortaleza en cada paso que he dado. Siempre han estado a mi lado en cada desafío de mi vida. A todos ustedes, mi familia, les debo este logro y lo comparto con ustedes con todo mi cariño.

Henry

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Su apoyo inquebrantable ha sido fundamental para culminar este arduo pero gratificante viaje académico. En primer lugar, quiero agradecer a mi director y asesor de tesis, por su orientación y dedicación, sus valiosas sugerencias y comentarios han sido fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo. A mi compañero de tesis por su apoyo y paciencia. Mi gratitud se extiende a mi familia por su amor incondicional y apoyo constante, su aliento ha sido mi fuente de inspiración, y este logro es tan suyo como mío. A mis amigos, quienes han estado a mi lado durante este proceso, les agradezco por su comprensión y motivación. Sus palabras de aliento han sido de ayuda en los momentos más desafiantes. Finalmente, quiero reconocer a todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento académico y personal. Este logro no habría sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes.

Bianca

Agradezco principalmente a Dios por ser mi guía y darme las fuerzas para no abandonar mis objetivos y ayudarme a cumplir mis metas. Al Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano director del trabajo de titulación y al Ing. Julio Cesar Moyano Alulema asesor ya que me han compartido sus conocimientos y me han guiado de excelente manera brindándome siempre su apoyo incondicional. A mis amigos, especialmente a Vicente Gavidia y Fernando Merino por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios académicos. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme preparado para la vida profesional. A la empresa Balanceados Nutritivos por la apertura de sus instalaciones para la realización de este proyecto técnico y a todas las personas que de una y otra forma ayudaron al éxito del presente trabajo.

Henry

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xivv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1. Lean Manufacturing	6
2.1.1. <i>Tipos de desperdicios en Lean Manufacturing</i>	6
2.1.1.1. <i>Sobreproducción</i>	6
2.1.1.2. <i>Sobreinventario</i>	6
2.1.1.3. <i>Productos defectuosos</i>	6
2.1.1.4. <i>Transporte de materiales y herramientas</i>	7
2.1.1.5. <i>Procesos innecesarios</i>	7
2.1.1.6. <i>Espera</i>	7

2.1.1.7.	<i>Movimientos innecesarios del trabajador</i>	7
2.2.	Objetivo de Lean Manufacturing	8
2.3.	Principios de la filosofía Lean Manufacturing	8
2.4.	Pilares de Lean Manufacturing	8
2.4.1.	<i>Primer Pilar: Kaizen</i>	8
2.4.2.	<i>Segundo pilar: Control total de la calidad</i>	9
2.4.3.	<i>Tercer pilar: Justo a tiempo</i>	9
2.5.	Herramientas de Lean Manufacturing	9
2.6.	Value Stream Mapping (VSM)	10
2.6.1.	<i>El VSM y sus pictogramas</i>	10
2.6.2.	<i>Metodología del VSM</i>	11
2.7.	Herramienta 5'S	13
2.7.1.	<i>Seiri (Seleccionar)</i>	14
2.7.2.	<i>Seiton (Organizar)</i>	14
2.7.3.	<i>Seiso (Limpiar)</i>	15
2.7.4.	<i>Seiketsu (Estandarizar)</i>	15
2.7.5.	<i>Shitsuke (Disciplina)</i>	16
2.8.	Diagrama de Pareto	16
2.9.	Takt time	17
2.10.	Medición del trabajo	17
2.10.1.	<i>Estudio de tiempos con cronómetro</i>	18
2.10.1.1.	<i>Tiempo observado</i>	18
2.10.1.2.	<i>Valoración del ritmo de trabajo</i>	18
2.10.1.3.	<i>Tiempo normal</i>	20
2.10.1.4.	<i>Suplementos u holguras</i>	21
2.10.1.5.	<i>Tiempo estándar</i>	22
2.11.	Antecedentes de la investigación	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	26
3.1.	Ubicación de la empresa	26
3.2.	Tipo de estudio	27
3.3.	Tipo de investigación	27
3.3.1.	<i>Investigación de campo</i>	27
3.3.2.	<i>Investigación descriptiva</i>	27
3.3.3.	<i>Investigación cuantitativa</i>	27
3.4.	Metodología	28
3.4.1.	<i>Método deductivo</i>	28
3.4.2.	<i>Método inductivo</i>	28
3.5.	Técnicas para la recolección de datos	28
3.5.1.	<i>Observación directa</i>	28
3.5.2.	<i>Revisión de datos históricos</i>	28
3.5.3.	<i>Cronometraje de las operaciones</i>	29
3.6.	Instrumentos	29
3.6.1.	<i>Smartphone</i>	29
3.7.	Diagnóstico de la situación actual	30
3.7.1.	<i>Mapa de proceso</i>	30
3.7.2.	<i>Descripción del proceso productivo</i>	30
3.7.2.1.	<i>Recepción de materia prima</i>	30
3.7.2.2.	<i>Pesaje de microingredientes</i>	32
3.7.2.3.	<i>Molienda</i>	32
3.7.2.4.	<i>Mezclado</i>	33
3.7.2.5.	<i>Peletizado</i>	34
3.7.2.6.	<i>Envasado</i>	35
3.7.2.7.	<i>Almacenado</i>	36
3.7.3.	<i>Diagrama de flujo</i>	37

3.8.	Selección del producto	38
3.9.	Selección de los procesos.....	39
3.10.	Diagrama de análisis del proceso.....	40
3.11.	Número de ciclos para cronometraje	42
3.12.	Toma de tiempos	43
3.13.	Cálculo del takt time	44
3.14.	Análisis de la producción.....	46
3.15.	Análisis inicial 5´S	47
3.15.1.	<i>Seiri</i>	47
3.15.2.	<i>Seiton</i>	48
3.15.3.	<i>Seiso</i>	49
3.15.4.	<i>Seiketsu</i>	50
3.15.5.	<i>Shitsuke</i>	51
3.16.	VSM inicial	53
3.17.	Diseño metodológico para la mejora	57

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	58
4.1.	Plan de acción	58
4.2.	Implementación de las herramientas 5´S	59
4.2.1.	<i>Aplicación Seiri (Seleccionar)</i>	59
4.2.2.	<i>Aplicación Seiton (Organizar)</i>	61
4.2.3.	<i>Aplicación Seiso (Limpiar)</i>	63
4.2.4.	<i>Aplicación Seiketsu (Estandarización)</i>	65
4.2.5.	<i>Aplicación Shitsuke (Disciplina)</i>	66
4.3.	Análisis final 5´S	67
4.4.	Implementación de los eventos Kaizen	70
4.4.1.	<i>Sistema de dosificación de agua</i>	70
4.4.1.1.	Diseño del sistema	71

4.4.1.2.	<i>Diseño del circuito eléctrico</i>	84
4.4.1.3.	<i>Nuevo sistema de dosificación</i>	87
4.4.2.	<i>Demoras</i>	90
4.5.	Toma de tiempos mejorados	91
4.5.1.	<i>Estandarización del proceso</i>	92
4.5.1.1.	<i>Tiempo normal</i>	92
4.5.1.2.	<i>Tiempo suplementario u holguras</i>	94
4.5.1.3.	<i>Tiempo estándar</i>	95
4.6.	Cálculo del Takt Time mejorado	95
4.7.	Análisis de la producción mejorada	96
4.8.	Análisis de ingresos	97
4.8.1.	<i>Ingresos iniciales</i>	98
4.8.2.	<i>Ingresos actuales</i>	98
4.9.	VSM actual	99
4.10.	Análisis comparativo	101
4.10.1.	<i>Metodología 5'S</i>	101
4.10.2.	<i>Producción</i>	102
4.10.3.	<i>Peletizado</i>	103
4.10.4.	<i>Ingresos</i>	103

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1.	Conclusiones	104
5.2.	Recomendaciones	106

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.....	19
Tabla 2-2:	Sistema Westinghouse para calificar habilidades.....	19
Tabla 2-3:	Sistema Westinghouse para calificar las condiciones.	20
Tabla 2-4:	Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.....	20
Tabla 2-5:	Holguras recomendadas por ILO.....	22
Tabla 3-1:	Actividades del área de recepción de materia prima.	31
Tabla 3-2:	Actividades del área de pesaje de microingredientes.	32
Tabla 3-3:	Actividades del área de molienda.	33
Tabla 3-4:	Actividades del área de mezclado.	34
Tabla 3-5:	Actividades del área de peletizado.	35
Tabla 3-6:	Actividades del área de envasado.....	36
Tabla 3-7:	Actividades del área de almacenamiento.....	36
Tabla 3-8:	Lista de productos de balanceados nutritivos.	38
Tabla 3-9:	Derivados de crecimiento pollos camperito.	39
Tabla 3-10:	Actividades de los procesos seleccionados.	40
Tabla 3-11:	Diagrama de análisis de proceso.	41
Tabla 3-12:	Cuadro resumen del diagrama análisis de proceso.....	42
Tabla 3-13:	Número recomendado de ciclos de observación.	42
Tabla 3-14:	Determinación del tiempo ciclo.....	43
Tabla 3-15:	Tiempos ciclo promedio.	44
Tabla 3-16:	Jornada de trabajo.....	44
Tabla 3-17:	Takt time-Tiempo de producción observado.....	45
Tabla 3-18:	Evaluación de Seiri.....	47
Tabla 3-19:	Evaluación de Seiton.	48
Tabla 3-20:	Evaluación de Seiso.....	49
Tabla 3-21:	Evaluación de Seiketsu.....	50
Tabla 3-22:	Evaluación de Shitsuke.....	51
Tabla 3-23:	Resultados evaluación Checklist 5´S.....	52
Tabla 4-1:	Plan de acción.....	58
Tabla 4-2:	Aplicación Seiri.....	60
Tabla 4-3:	Aplicación Seiton.	62
Tabla 4-4:	Registro de limpieza.	63
Tabla 4-5:	Aplicación Seison.....	64
Tabla 4-6:	Checklist 5´S final.	68

Tabla 4-7:	Resultados evaluación Checklist 5´S.....	69
Tabla 4-8:	Selección de aspersores.....	73
Tabla 4-9:	Factor k por pérdidas de accesorios.....	77
Tabla 4-10:	Factor k para accesorios en la succión.....	78
Tabla 4-11:	Factor k para accesorios en la descarga.....	80
Tabla 4-12:	Accesorios hidráulicos.....	82
Tabla 4-13:	Accesorios electrónicos.....	86
Tabla 4-14:	Instalación del nuevo sistema.....	87
Tabla 4-15:	Hoja de producción semanal.....	91
Tabla 4-16:	Tiempos ciclo promedio mejorado.....	91
Tabla 4-17:	Valoración del ritmo de trabajo.....	93
Tabla 4-18:	Tiempos suplementarios.....	94
Tabla 4-19:	Tiempo estándar.....	95
Tabla 4-20:	Tack time-Tiempo de producción observado.....	96
Tabla 4-21:	Comparación 5´S.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Simbología del VSM.	11
Ilustración 2-2:	Representación de un diagrama VSM.....	12
Ilustración 2-3:	Etapas de la metodología 5S.....	14
Ilustración 2-4:	Tipos de holguras.....	21
Ilustración 2-5:	Determinación del tiempo Estándar.....	23
Ilustración 3-1:	Ubicación Balanceados Nutritivos.....	26
Ilustración 3-2:	Alimentos balanceados.....	26
Ilustración 3-3:	Cronometraje.....	29
Ilustración 3-4:	Mapa de proceso.....	30
Ilustración 3-5:	Descarga de la materia prima.....	31
Ilustración 3-6:	Área de pesaje de micro ingredientes.....	32
Ilustración 3-7:	Tolva de almacenamiento de molido.....	33
Ilustración 3-8:	Mezcladora.....	33
Ilustración 3-9:	Peletizadora.....	34
Ilustración 3-10:	Ensacadora.....	35
Ilustración 3-11:	Almacenado de productos terminados.....	36
Ilustración 3-12:	Diagrama de flujo.....	37
Ilustración 3-13:	Gráfica Takt Time-Tiempo de producción observado.....	45
Ilustración 3-14:	Seiri.....	47
Ilustración 3-15:	Seiton.....	48
Ilustración 3-16:	Seiso.....	49
Ilustración 3-17:	Seiketsu.....	50
Ilustración 3-18:	Seiso.....	51
Ilustración 3-19:	Análisis Inicial 5´S.....	52
Ilustración 3-20:	VSM Inicial.....	54
Ilustración 3-21:	Diagrama de Pareto (Sobre procesos).....	55
Ilustración 3-22:	Diagrama de Pareto (Demoras).....	56
Ilustración 3-23:	Diagrama causa-efecto.....	57
Ilustración 4-1:	Proceso de selección.....	59
Ilustración 4-2:	Tarjeta roja.....	59
Ilustración 4-3:	Operario cumpliendo las 3S.....	66
Ilustración 4-4:	Capacitación del personal.....	67
Ilustración 4-5:	Análisis final 5´S.....	69
Ilustración 4-6:	Sistema inicial de dosificación de agua.....	70

Ilustración 4-7:	Modelado 3D del nuevo sistema.....	72
Ilustración 4-8:	Disposición de aspersores (Vista superior).....	73
Ilustración 4-9:	Bomba Pedrollo JET 220V.....	82
Ilustración 4-10:	Esquema de instalación eléctrica.....	85
Ilustración 4-11:	Aditivos en el área de mezclado.....	90
Ilustración 4-12:	Evaluación del desempeño laboral.....	92
Ilustración 4-13:	Gráfica Takt Time-Tiempo de producción observado.....	96
Ilustración 4-14:	Comparación costo-producción.....	99
Ilustración 4-15:	VSM Actual.....	100
Ilustración 4-16:	Comparación 5'S.....	101
Ilustración 4-17:	Comparación de la producción.....	102
Ilustración 4-18:	Rendimiento del proceso de peletizado.....	103
Ilustración 4-19:	Comparación ingresos.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TIEMPOS DE CICLO DEL PROCESO PRODUCTIVO
- ANEXO B:** SELECCIÓN DE ASPERSORES
- ANEXO C:** ASPERSORES CYCO
- ANEXO D:** SELECCIÓN DE LA BOMBA
- ANEXO E:** TIEMPOS DE CICLO LUEGO DE LAS DEMORAS
- ANEXO F:** DIAGRAMA DE PARETO -ESPERAS
- ANEXO G:** DIAGRAMA DE PARETO – SOBREPROMEDIOS

RESUMEN

El proyecto técnico fue llevado a cabo en la empresa Balanceados Nutritivos, ubicada en la ciudad de Riobamba, el objetivo principal consistió en aumentar la producción de la empresa mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Para llevar a cabo la investigación, se realizó un análisis exhaustivo de la situación inicial de la empresa a través de un diagrama VSM. Además, se revisaron datos históricos de producción, la información fue procesada en el diagrama de proceso y diagrama de flujo, complementados con el uso de herramientas 5'S. Se determinó un tiempo de ciclo de 21,61 minutos para el procesamiento de dos toneladas, con una producción de 5,54 Ton/h. Durante el análisis de mejoras del proceso, se identificaron oportunidades mediante la aplicación de estallidos Kaizen. Se destacó especialmente el tiempo empleado en el proceso de mezclado, el cual generaba cuellos de botella y retrasos debido al sistema de dosificación del agua empleado, una de las mejoras clave fue el cambio del sistema de dosificación de líquidos, junto con la estandarización del proceso. Estas acciones ayudaron a obtener un tiempo de ciclo estándar de 19,40 minutos, incrementando la producción a 6,2 Ton/h. Como resultado, la producción diaria se vio mejorada representando un incremento de 116 unidades al día. Teniendo en cuenta el precio de venta al público de \$25,35 y el margen de beneficio del 5% se obtuvo una ganancia neta de \$1,27 por unidad, lo que se reflejó como ganancia bruta de \$147,32 al día. La optimización de los tiempos de inyección del líquido a través de la introducción del nuevo sistema de dosificación resultó en un aumento considerable de la productividad combinada con la implementación de las prácticas de las 5'S, desempeñaron un papel crucial en la reducción de los desperdicios y en consecución operaciones mucho más eficiente.

Palabras clave: <LEAN MANUFACTURING> <HERRAMIENTAS 5'S> <PRODUCCIÓN><TOMA DE TIEMPOS> <SISTEMA DE DOSIFICACIÓN>.

2025-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The technical project was carried out in Balanceados Nutritivos Company, located in Riobamba city, the main objective was to improve the company's production by implementing Lean Manufacturing tools. To develop the research, an integral analysis of the original situation of the company was conducted by means of a VSM diagram. In addition, historical production data were reviewed, the information was analyzed in the process diagram and flowchart, supplemented with the use of 5'S tools. A cycle time of 21.61 minutes was measured for the processing of two tons, with a production of 5.54 tons per hour. During the process enhancement analysis, opportunities were identified applying Kaizen bursts. The time taken in the mixing process, which generated bottlenecks and delays due to the water dosing system employed, was especially highlighted. One of the most important improvements was the change of the liquid dosing system, together with the standardization of the process. These actions contributed to a standard cycle time of 19.40 minutes, increasing production to 6.2 tons per hour. As a result, daily production was improved, resulting in an increase of 116 units per day. Taking into consideration the retail price of \$25.35 and the profit margin of 5%, a net profit of \$1.27 per unit was generated, which was shown as a gross profit of \$147.32 per day. The efficiency of the liquid injection times by the introduction of the new dosing system led to a substantial increase in productivity, coupled with the implementation of the 5'S practices, performed a crucial role in reducing waste and resulting in much more efficient operations.

Keywords: <LEAN MANUFACTURING> <5'S TOOLS> <PRODUCTION> <TIME-TAKING> <DOSING SYSTEM>



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.
C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de balanceados tiene un alto impacto dentro del sector agropecuario, pues fomenta la expansión y fortalece el sector agrícola ya que de este es de donde proviene los ingredientes para la elaboración del producto balanceado. El alimento balanceado que se encuentra en el mercado en diferentes presentaciones (polvo, pellet) se atribuyen de manera necesaria no solo para el animal al cual va destinado, sino que también para las personas que se encargan de dotar a los mismo, pues permite el almacenamiento con un cierto límite de tiempo en épocas de escasez y disminuye el tiempo de preparar alimento para los animales.

Una empresa productora se enfrenta a operaciones y acciones que no aportan valor al producto final debido a la demanda y los cambios en el mercado. Por lo tanto, es fundamental implementar herramientas de Lean Manufacturing para satisfacer los requisitos de la empresa y promover su crecimiento. Estas herramientas ayudan a reducir o eliminar desperdicios, controlar los recursos económicos, reducir tiempos muertos y optimizar procesos, lo que resulta en una mejora significativa en la eficiencia y la eficacia de la empresa.

El presente trabajo se realiza con la finalidad de mejora del proceso productivo en la empresa Balanceados Nutritivos de la ciudad de Riobamba aplicando las herramientas Lean Manufacturing.

El Capítulo I se enfoca en la introducción del problema en consideración, proporcionando antecedentes relevantes y presentando el planteamiento del problema. Además, se sustenta teóricamente la justificación que conduce a la formulación del objetivo general y los objetivos específicos, que serán guías fundamentales para el desarrollo del tema presentado.

En el Capítulo II, se lleva a cabo una exhaustiva revisión de la literatura o fundamentos teóricos. Esta sección incluye la presentación y explicación de los conceptos clave necesarios para la implementación y desarrollo del proyecto. Se detallan los aspectos esenciales de la estandarización de procesos, la mejora de la productividad y las herramientas fundamentales del Lean Manufacturing, que constituyen la base sólida del proyecto.

Posteriormente, en el Capítulo III, se aborda la metodología seleccionada para el estudio. Se describen los equipos y métodos utilizados para identificar las deficiencias en el proceso mediante el enfoque del Lean Manufacturing. Esta sección proporciona detalles sobre cómo se

aplicaron estas herramientas en la identificación y enfoque de las mejoras de las actividades que intervienen en el proceso de producción.

Asimismo, en el Capítulo IV se presenta el desarrollo de las implementaciones específicas. El objetivo principal aquí es la reducción de tiempos y la estandarización del proceso a partir de las mejoras identificadas previamente. Se detalla la implementación de la metodología 5S, aprovechando todas estas mejoras, con el fin de alcanzar una optimización integral del proceso.

Finalmente, en el Capítulo V, se exponen las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del proyecto técnico. Además, se brindan recomendaciones en función de los objetivos de desarrollo del proyecto. Esta sección cierra el trabajo con un análisis reflexivo sobre los logros, las lecciones aprendidas y las consideraciones para futuras mejoras que se desarrollen en la industria de alimento balanceado.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La industria de alimentos balanceados desempeña un papel crucial en el sector manufacturero del país. En el año 2021, contribuyó significativamente al Producto Interno Bruto (PIB), aportando un 0,54% al Valor Agregado Bruto, lo que subraya su importancia en la economía nacional. Dada su relevancia económica y su impacto en la seguridad alimentaria, es imperativo que esta industria busque constantemente formas de mejorar su eficiencia y competitividad.

Un estudio sobre la filosofía Lean y la gestión de operaciones realizado en 2016 en la ciudad de Ambato por el Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y Comerciales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE reveló que el 63% del sector industrial y el 54% del sector de servicios aplicaban la filosofía Lean, estas cifras reflejan prácticas exitosas de mejora continua. Las empresas que adoptan Lean Manufacturing experimentan mejoras notables en eficiencia, productividad y tiempos de producción, ya que están dispuestas a generar un ciclo virtuoso de mejora constante de sus productos y servicios y la responsabilidad en el control de desperdicios (Ortega & Vaca, 2017, p. 3).

La creciente globalización de los mercados ha planteado desafíos significativos para las empresas industriales. En este contexto, la adopción de enfoques de mejora continua se ha convertido en una necesidad para mantener la rentabilidad y el éxito empresarial, por lo cual la filosofía de Manufactura Esbelta se presenta como una sólida propuesta para empresas como Balanceados Nutritivos. Además de eliminar actividades innecesarias en los procesos de producción, este enfoque promueve mejoras en el entorno laboral, lo que a su vez genera un cambio positivo en la mentalidad de los empleados. Estas mejoras globales conducen a una mayor eficiencia en los procesos productivos, lo que es esencial para mantenerse competitivo en un mercado en constante evolución.

La adopción de Lean Manufacturing ofrece a empresas como Balanceados Nutritivos la oportunidad de aumentar la producción con los mismos recursos disponibles y la necesidad de reducir los costos de producción al identificar y eliminar desperdicios. Esto, a su vez, fortalece la satisfacción del cliente y enfatiza la importancia de implementar herramientas analíticas y estrategias de mejora de procesos.

1.2. Planteamiento del problema

La Empresa Balanceados Nutritivos ubicada en la parroquia de Licán en la ciudad de Riobamba está dedicada a la producción de alimentos balanceados para aves, porcinos, bovinos y especies menores poniendo a disposición balanceados de alta eficacia nutritiva y alto grado de inocuidad en cada uno de los procesos de fabricación, bajo las exigencias de las buenas prácticas de manufactura con la finalidad de acercarse a estándares internacionales de calidad, siendo una empresa de confianza para clientes, colaboradores y sociedad.

Tras haber evaluado la situación actual de la empresa, se identificaron falencias en el proceso, específicamente en el área de mezclado de los ingredientes macro y micro. Se constató que el tiempo de mezclado en función de la dosificación de líquidos era alto, y se observó que el sistema utilizado para la dosificación se llevaba a cabo mediante chorro, lo que prolongaba el tiempo necesario para lograr una mezcla homogénea. Esta actividad influía en el proceso, ya que afectaba de manera significativa la transición al proceso de peletizado. La mezcla provocaba acumulación en las paredes de las tolvas de almacenamiento, y al avanzar en este proceso, la calidad del producto mostraba líneas de colorante en los pellets terminados.

Mediante una inspección, en las diferentes áreas se observó la falta de orden y limpieza en los puestos de trabajo, falta de organización, la presencia de obstáculos que ralentizan el funcionamiento operativo. Estos factores afectan la producción de la empresa, como consecuencia aumenta el tiempo de producción generando más costos en la misma.

1.3. Justificación

Esta investigación se enfoca en identificar y abordar los desperdicios presentes en el proceso de elaboración de balanceado de la línea minipellet. Los desperdicios en la producción son costosos y pueden tener un impacto significativo en la eficiencia y rentabilidad de la empresa. La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing se propone como una solución estratégica para eliminar estas ineficiencias y optimizar el proceso de producción.

La importancia de esta investigación radica en varios aspectos clave, en primer lugar, se espera que el análisis y la eliminación de desperdicios conduzcan a una mejora sustancial en la productividad de Balanceados Nutritivos. Esto se traducirá en una capacidad de producción ampliada sin la necesidad de inversiones significativas en recursos adicionales. Además, la reducción de tiempos en la producción permitirá una respuesta más rápida a las demandas del mercado y una mayor flexibilidad en la gestión de pedidos.

Al abordar los desperdicios, esta investigación tiene el potencial de optimizar el uso de recursos, lo que podría resultar en una reducción de los costos de producción. Esta reducción de costos es fundamental en un entorno empresarial altamente competitivo y contribuirá a la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo de Balanceados Nutritivos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar el proceso productivo en la empresa Balanceados Nutritivos de la ciudad de Riobamba aplicando las herramientas Lean Manufacturing.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa mediante la aplicación del VSM en la planta de producción.
- Identificar los principales tipos de desperdicios que se generan en el proceso de producción de balanceado.
- Optimizar el proceso productivo mediante la implementación efectiva de la herramienta 5 S y estudio de tiempos con el fin de aumentar la eficiencia y reducir los desperdicios en el proceso.
- Evaluar los resultados obtenidos en el sistema productivo con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing también conocida como manufactura esbelta, manufactura de clase mundial y sistema de producción Toyota, es un proceso continuo que se encarga de conocer y eliminar desperdicios siendo estas actividades que no generan valor en el proceso, pero si aumenta el costo, trabajo y disminuye el nivel de servicio, afectando así el resultado del producto de la empresa. Se debe conocer las oportunidades de mejora de la empresa para así poder eliminar los desperdicios que se encuentren.

2.1.1. Tipos de desperdicios en Lean Manufacturing

Los desperdicios o excesos son actividades que no agregan valor, es decir aquellas que generan un cambio que el cliente no requiere. Toyota clasifica siete grupos de desperdicios, estos son:

2.1.1.1. Sobreproducción

Este desperdicio se refiere a producir más cantidad de la necesaria, producir muy rápido antes del tiempo estimado es decir se pierde tiempo produciendo producto innecesario. También manufacturar productos antes de que se necesiten. A raíz de la sobreproducción se generan otros desperdicios (inventario acumulado, transporte, movimientos innecesarios, entre otros).

2.1.1.2. Sobreinventario

Se refiere a los materiales, productos en proceso o terminados que sobrepasa a lo que se necesita para cumplir la demanda del cliente, no se tiene una necesidad inmediata. Los inventarios se realizan para evitar ineficiencias como tener pronósticos equivocados de la demanda, desequilibrio en la producción, falta de conocimiento de la capacidad que se debe producir, entre otros.

2.1.1.3. Productos defectuosos

Este defecto se refiere a la pérdida de los recursos que son utilizados para fabricar el producto o servicio defectuoso, ya que en el proceso se intervino materiales, tiempo de máquina y el tiempo

del operario que al final del proceso no sirvió para agregar valor al cliente. Al tratar de corregir los defectos se producen repeticiones las cuales al realizarse una o más veces, producen desperdicios de los recursos empleados y más gastos.

2.1.1.4. Transporte de materiales y herramientas

Consiste en los desperdicios de traslados de materiales que no aportan al sistema de producción, trasladar los productos de un lado a otro de la planta no genera un cambio para el cliente, pero si genera costo y riesgo al producto. Se debe reducir la distancia entre máquinas en la línea de producción, la distancia entre los procesos y almacenes, los materiales no deben tener tanta espera, existe demasiados equipos y personal para el transporte de materiales.

2.1.1.5. Procesos innecesarios

Las empresas cuentan con procesos estandarizados, pero no siempre generan valor agregado al cliente, este desperdicio ocurre por necesidades de la planta, de la calidad de la manufactura o de la planificación de las entregas. Lo cual genera cuellos de botellas en el proceso, exceso de inspecciones, paro de la planta hasta realizar trabajo administrativo, entre otros. La manera adecuada de llevar este desperdicio es su eliminación total, la combinación de otro proceso que, si genere valor, su reducción o a su vez la simplificación, se lo conoce como un proceso ECRS (eliminación, combinación, reducción, simplificación).

2.1.1.6. Espera

Este desperdicio se refiere al tiempo perdido muerto provocando un trabajo deficiente, este se da cuando el operador espera a que la máquina termine el ciclo del proceso, cuando la máquina está parada por reparación, o a su vez cuando la máquina y el operador esperan por material, herramientas o instrucciones, paros inesperados del equipo, generando así un consumo de tiempo que no genera valor.

2.1.1.7. Movimientos innecesarios del trabajador

Este desperdicio se debe al traslado de personas de un lugar a otro en su puesto de trabajo o en toda la planta, sin que sea indispensable para dar valor al producto. Cada trabajador genera este desperdicio ya que no siguen la ruta que es y caminan más de lo necesario. También al buscar herramientas, materiales o información. Todos los movimientos innecesarios generan pérdida de tiempo por lo cual se reduce la productividad del proceso (Socconini, 2019, p.34).

2.2. Objetivo de Lean Manufacturing

El objetivo principal de Lean Manufacturing es que busca conseguir el deleite del cliente el cual debe lograrse de manera económica sin despilfarrar recursos de la empresa y la rentabilidad sostenida, esta se refiere a que todas las partes relacionadas con el producto buscan que la productividad de la empresa genere beneficios mediante la eliminación de las actividades que no añadían valor al producto (Socconini, 2019, p.21).

2.3. Principios de la filosofía Lean Manufacturing

Lean Manufacturing trabaja con cinco principios, siendo estos:

- Se debe producir lo que el cliente ve como valor, teniendo en cuenta sus requerimientos y añadiéndoles en el proceso de producción.
- Las actividades realizadas deben añadir valor al proceso, tratando de minimizar, modificar o eliminar los desperdicios de todo el proceso productivo.
- El proceso productivo debe ser continuo en la mayor parte del tiempo para que agregue valor, tratando de eliminar en lo posible la producción por lotes, para esto se deben eliminar las operaciones innecesarias del proceso.
- Se debe implementar el sistema *pull* en el proceso continuo, el cual consiste en comenzar un nuevo trabajo solo cuando hay una demanda de los clientes, dando una respuesta rápida a sus pedidos evitando así la sobreproducción y acumulación de productos.
- Se debe pensar en la perfección del proceso y los productos y gestionarlo, la perfección se refiere a la eliminación de defectos y errores en el proceso y producto y la entrega a tiempo de este cumpliendo con los requerimientos del cliente (Vilana, 2010, pp.6-7).

2.4. Pilares de Lean Manufacturing

Estos pilares respaldan la filosofía Lean y establecen las bases para la mejora constante y la eficiencia en la fabricación, desempeñan un papel crucial en la implementación exitosa de Lean Manufacturing y tienen un impacto significativo en la reducción de costos, mejora de la calidad y satisfacción del cliente.

2.4.1. Primer Pilar: Kaizen

De acuerdo con su creador es la unión de dos palabras, “kai” (cambio) y “zen” (para mejorar), lo cual significa cambio para mejorar, entendiéndose, así como un cambio constante para

evolucionar hacia mejores prácticas, siendo una mejora continua. Kaizen es la acumulación sucesiva de pequeñas mejoras realizadas por todo el personal de la empresa. Kaizen percibe los problemas, plantea ideas y escoge la mejor propuesta para encontrar una solución, toma decisiones, las implementa y comprueba su eficacia.

2.4.2. Segundo pilar: Control total de la calidad

Para que la empresa tenga efectividad cada departamento y empleados deben incluirse en el control de calidad, garantizando así costes bajos para el consumidor y la rentabilidad, también participan personas relacionadas con la empresa.

2.4.3. Tercer pilar: Justo a tiempo

Justo a tiempo (Just in time o JIT) pretende producir los artículos en las cantidades solicitadas y en el plazo establecido, controlando los materiales y el stock de la empresa. El objetivo del JIT es la eliminación de desperdicios y la utilización máxima de las capacidades de los operarios (Rajadell y Sánchez, 2010, pp.12-14).

2.5. Herramientas de Lean Manufacturing

Según el aporte de los autores (Hernandez y Vizán, 2013, pp.34-35) Lean Manufacturing se materializa al hacer uso de múltiples técnicas y herramientas las cuales se diferencian entre sí, las mismas que se han de implementar de manera independiente o conjunta en una empresa en base a los requerimientos o características específicas de cada caso.

Es importante tener el concepto claro y la disponibilidad de cambiar las cosas que se requieren mejorar. Las herramientas que son aplicables a cualquier empresa, sector o producto se describen a continuación:

- **Value Stream Mapping (VSM).** Esta herramienta permite representar gráficamente un proceso productivo el cual inicia desde los requerimientos de los clientes, la relación entre los distintos departamentos y concluye con la salida como producto terminado.
- **Las 5'S.** Esta herramienta constituye una disciplina que tiene por objetivo mejorar la productividad del puesto de trabajo ante la implementación de hábitos de orden y limpieza.
- **SMED.** Sistema que se enfoca en disminución de los tiempos de preparación.
- **Estandarización.** Técnica mediante la cual una serie de procesos se ajustan a un regla o instrucciones escritas, determinan el mejor método para hacer las cosas.

- **TPM.** Es una herramienta de mejora que permite eliminar los tiempos perdidos al momento de paradas de la maquinaria.
- **Kaizen.** Permite una aplicación gradual y ordenada de mejora de todo el personal de la empresa sin la necesidad de la inversión de grandes cantidades de dinero, es decir, mejora continua en todos los niveles de la organización.
- **Control Visual.** Técnicas de comunicación visual que facilita al personal de trabajo poder conocer el estado del sistema productivo y las acciones de mejora (Hernandez y Vizán, 2013, pp.34-35).

2.6. Value Stream Mapping (VSM)

Según (Socconini, 2019, p.93) un mapa de la cadena de valor es una representación gráfica que permite identificar el estado actual y futuro de un proceso productivo con relación al análisis del valor que se puede aportar a un producto final o servicio además de identificar las restricciones en función de los desperdicios.

El diagrama de mapeo de flujo de valor sirve para entender la relación que existe entre los distintos departamentos, colaboradores y unidades operativas ante un proceso específico ya que en el mismo se detalla y se muestra tanto el flujo de materiales, así como el flujo de información que inicia desde los proveedores y culmina cuando el bien o servicio llega a mano de los clientes.

El VSM es una herramienta potente y sencilla, ya que la misma permite visualizar aquellas actividades que generan y las que no generan valor al proceso, ayudan a determinar cuellos de botella y los puntos más relevantes del proceso para poder enfocar las mejoras y no aplicar herramientas lean de manera deliberada en la cadena de valor pues esta metodología se centra en la reducción del lead/time/Inventario.

2.6.1. *El VSM y sus pictogramas*

Para establecer el VSM se tiene a disposición de un sistema de símbolos que ayuda a elaborar de manera sistemática los procesos que conforman parte de un sistema productivo.

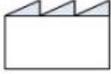
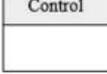
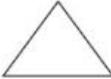
 Cliente/Proveedor	 Control de Producción	 Operación	 Datos de Proceso
 Inventario Materiales	 Movimiento de Material Empujado	 Flujo de Información Manual	 Flujo de Información Electrónica
 Transporte por Camión	 Stock de Seguridad	 Segmento de Escala de Tiempo	 Escala de Tiempo Total
 Supermercado	 Kanban de Producción	 Kanban de Retiro	 Kanban por Lotes

Ilustración 2-1: Simbología del VSM.

Fuente: (Muñoz et al., 2022, p.50).

2.6.2. Metodología del VSM

Los pasos y las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la elaboración y la implementación de un mapeo de la cadena de valor se describen a continuación:

- Identificar dentro del proceso un área crítica.
- Preparar el mapa del estado actual de la empresa.
 - Revisar la existencia de documentos referenciales.
 - Identificar los principales procesos
 - Demarcar los datos que se tienen y aquellos que hacen falta recopilar
 - Recolectar información.
- Analizar el mapa de flujo de valor actual
- Realizar un mapa futuro.
 - Aplicar herramientas de mejora en el proceso.
 - Cálculo de Takt time.
 - Determinar el tiempo óptimo deseado (García Cantó y Amador Gandia, 2019, p.71).

1. VSM del estado actual

En el mapa interno del estado actual, se inicia desde los proveedores y como ingresa la materia al proceso, pues esta actividad ayuda a comprender de mejor manera los flujos y se construye la información del proceso productivo en función de las máquinas que intervienen, inventarios, el número de operarios y los tiempos de ciclo en cada departamento o proceso.

Se colocan las cajas de proceso en el mapa (proceso, área) y debajo de las mismas la información, estas consideraciones se resumen en los iconos en la parte de abajo del mapa. Seguido a esto se colocan los iconos de flujo de material de un proceso a otro. Como último paso, se dibuja una línea de tiempo en la parte inferior de cada proceso y triangulo de inventario con el objetivo de determinar el tiempo que aquel producto toma en salir hacia el cliente.

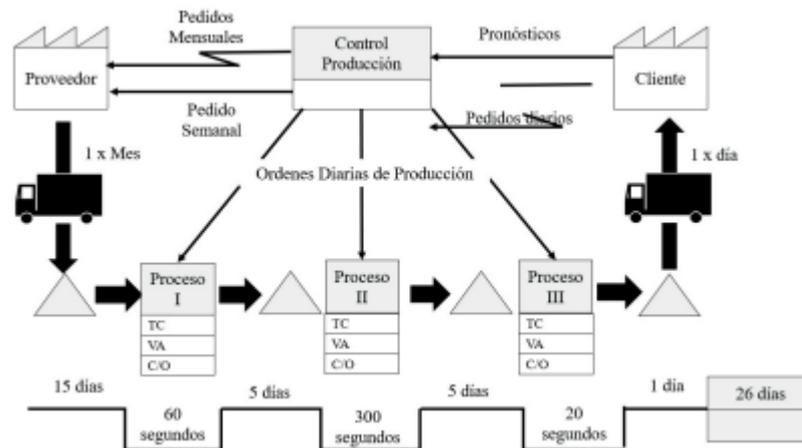


Ilustración 2-2: Representación de un diagrama VSM.

Fuente: (Muñoz et al., 2022, p.53).

2. Mapa del estado futuro

El mapa del estado futuro se desarrolla en base a todas las mejoras del proceso y con eso llegar a un proceso óptimo e ideal, se identifican los desperdicios del proceso y se reevalúa el mapa, es decir, se repite las veces que sea necesario y se aplican acciones de mejoras modificando la cadena de valor mismos que envuelven eventos Kaizen, se realiza la transferencia del estado presenta a un estado futuro una vez que este ha sido implementado.

Una medida para determinar el potencial de mejora es determinar la diferencia entre las operaciones y el tiempo de espera. Cuanto mayor sea la diferencia entre operación y tiempo de espera mayor es el potencial de mejora (García y Amador, 2019, pp.72-80).

2.7. Herramienta 5S

Rescatamos el aporte de (Socconini, 2019, p.130) el cual indica que las 5S constituye una disciplina que tiene por objetivo mejorar la productividad en base a principios de orden y limpieza en los puestos de trabajo.

El concepto de las 5S no debe ser un término nuevo en ninguna empresa, sin embargo, si lo es, pues el autor manifiesta que, si una empresa no ha implementado las 5S, cualquier otro sistema o herramienta de mejora no brindará cambios a esta. Esta metodología es aplicable en cualquier aspecto empresarial logrando con ello excelentes resultados tangibles, verificables y de gran impacto en corto tiempo, esto se debe a que para la aplicación esta herramienta no se requiere de una tecnología o conocimientos especializados en el tema, más bien, el máximo compromiso y disciplina por todos los colaboradores de la organización.

La metodología tiene por objetivo evitar que se presenten síntomas disfuncionales que afectan de manera decisiva y en la eficiencia de la empresa, ante lo expuesto, se trata de reducir y evitar lo siguiente:

- Presencia de suciedad en la planta: maquinas, herramientas e instalaciones.
- Desorden: desorganización de pasillos, procesos no estandarizados, técnicas deficientes.
- Elementos averiados: señaléticas, indicadores, topes, etc.
- Falta de señales de riesgos laborales.
- Falta de compromiso de los empleados.
- Cuellos de botellas y recorridos innecesarios.
- Falta de espacio en general.

La metodología de las 5S puede emplearse para cambiar el proceso tradicional y actualizarlo de manera que permita adaptarse a nuevos hábitos de limpieza e higiene, seguridad y por ende mejorar el proceso productivo, la calidad del producto final y cumplir satisfactoriamente los objetivos de la organización (Hernandez y Vizán, 2013, p.36).

Como punto de partida, la implementación de las 5S se lleva a cabo siguiendo un proceso de cinco etapas que para llevarse a cabo comprende la asignación de recursos, preparación del material y el máximo compromiso de los colaboradores y autoridades de la empresa. La aplicación de la 5S es muy importante pues es considerado un camino hacia la cultura Lean.

En la Ilustración 2-3, se presenta un resumen de los principios fundamentales y su aplicación en cinco pasos o etapas:

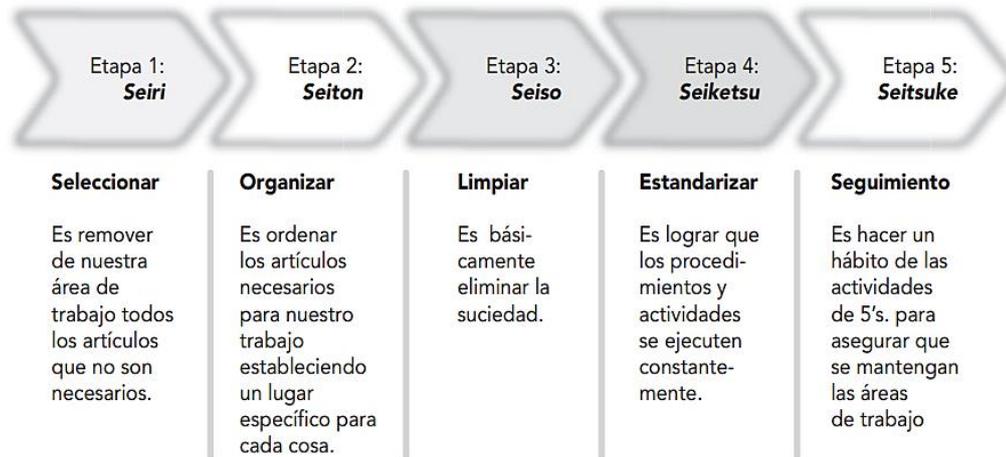


Ilustración 2-3: Etapas de la metodología 5S.

Fuente: (Socconini Luis, 2019, p.131).

2.7.1. *Seiri (Seleccionar)*

Esta primera etapa implica separar lo necesario de lo innecesario y gestionar el movimiento de los elementos, evitar la creación de estorbos. El objetivo es asegurar que solo se utilicen los elementos necesarios y evitar cualquier elemento o situación que pueda generar gastos innecesarios.

Beneficios:

- Liberación de espacio valioso en plantas de producción y oficinas.
- Reducción del tiempo requerido para acceder a los materiales, herramientas, entre otros elementos.
- Facilidad para el control visual y la supervisión de los procesos.
- Mejora de la seguridad en el ambiente laboral (Rajadell y Sánchez, 2010, pp.50-51).

2.7.2. *Seiton (Organizar)*

Una vez que se han clasificado los elementos necesarios, es importante organizarlos de manera que puedan ser encontrados fácilmente. Para lograr esto, se debe definir un lugar específico y colocar estos elementos, marcarlos para facilitar su búsqueda y retorno a su posición asignada luego de usarlos.

Es fundamental establecer un sistema claro de organización para reducir el tiempo de búsqueda y mejorar la eficiencia en el uso de los elementos necesarios (Muñoz et al., 2022, p.84).

Beneficios:

- Mayor facilidad para acceder rápidamente a los elementos necesarios.
- Mejora en la productividad general de la planta.
- Aumento de la seguridad en el área de trabajo.
- Mejora en la accesibilidad y localización de la información (Rajadell y Sánchez, 2010, p.54).

2.7.3. Seiso (Limpiar)

Se refiere a la etapa de limpieza y revisión del entorno de trabajo para identificar posibles defectos y eliminarlos antes de que se conviertan en un problema mayor. Esta fase busca anticiparse a los problemas mediante la prevención de defectos y la eliminación de desorden y elementos innecesarios en el área de trabajo. Al llevar a cabo la inspección y la limpieza, se puede garantizar un entorno laboral más seguro, eficiente y productivo (Socconini, 2019, p.132).

Beneficios

- Reducción del riesgo de accidentes ocasionados en el lugar de trabajo.
- Incremento de la vida útil de los equipos al mantenerlos limpios y en buen estado.
- Reducción de averías al identificar y solucionar problemas menores antes de que se conviertan en problemas mayores.
- Un efecto multiplicador debido a que la limpieza tiende a llevar a más limpieza, lo que mejora la eficiencia y el ambiente de trabajo en general (Rajadell y Sánchez, 2010, p.57).

2.7.4. Seiketsu (Estandarizar)

La fase de estandarización dentro de la metodología 5S implica seguir un método para llevar a cabo procedimientos y tareas de manera organizada y ordenada. La estandarización establece los lugares específicos donde deben estar las cosas y dónde deben llevarse a cabo las actividades, incluyendo la limpieza e inspecciones de los elementos fijos y móviles. Es importante establecer sistemas de monitoreo y seguimiento para identificar desviaciones y corregirlas de manera oportuna.

Beneficios:

- La creación de hábitos de limpieza y mantenimiento.
- La prevención de errores en la limpieza que puedan provocar accidentes.
- Una reducción significativa en el tiempo de intervención en caso de averías.
- Un mejor conocimiento de las instalaciones y equipos (Rajadell y Sánchez, 2010, p.59).

2.7.5. Shitsuke (Disciplina)

El objetivo de Shitsuke es hacer que el uso de los métodos estandarizados y la aplicación normalizada se conviertan en hábitos dentro de la cultura de la organización. Esto implica aceptar la disciplina y la autoexigencia para mantener y mejorar constantemente los estándares establecidos en las etapas anteriores del proceso 5S. La idea es que la cultura de la organización promueva la autodisciplina y el control para mantener los niveles óptimos de eficiencia, productividad y calidad en el lugar de trabajo.

Beneficios

- La cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos puede incluir el ahorro de energía, agua y materias primas, así como la disposición adecuada de residuos.
- Un mejor ambiente de trabajo contribuirá a aumentar la moral de los empleados, ya que trabajar en un entorno más limpio, ordenado y seguro puede ser más agradable y motivador (Rajadell y Sánchez, 2010, p.62).

2.8. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica utilizada para visualizar y priorizar problemas o factores que contribuyen a un fenómeno en particular. Es una representación gráfica de los datos en forma de barras, donde las barras se ordenan de mayor a menor frecuencia o impacto. Este diagrama se basa en el principio de Pareto, que sugiere que, en muchos casos, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

Para llevar a cabo el análisis de Pareto, se recopilan datos sobre la frecuencia de cada causa en un período reciente y se clasifican en orden descendente. Luego, se genera un diagrama de Pareto donde se representa la frecuencia porcentual en el eje “Y” y las causas en el eje “X”, (Ángel et al. 2023, pp.162-166).

2.9. Takt time

Para los autores García Cantó y Amador Gandía el *takt time* es el tiempo al cual la producción debe adaptarse en función al tiempo que el cliente obtiene el producto y con ello lograr satisfacer la demanda. En otras palabras, un tiempo de ciclo basado en una pieza a la vez (García y Amador, 2019: pp.72-80).

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda} \quad (1)$$

2.10. Medición del trabajo

La medición del trabajo es un método de investigación que se basa en la utilización de diversas técnicas para determinar las actividades de una tarea específica al establecer el tiempo que un operario debidamente calificado y con las herramientas correctas invierte en llevarla a cabo.

Los objetivos de la medición del trabajo son dos: la determinación del tiempo estándar y el aumento de la eficiencia del trabajo en función de estándares de tiempos realistas y alcanzables.

Con el objetivo de agilizar las labores, es posible llevar a cabo un análisis exhaustivo que lleva a las siguientes conclusiones:

- Eliminar cualquier trabajo innecesario.
- Fusionar las operaciones o sus componentes.
- Mejorar el orden de las operaciones.
- Simplificar las tareas involucradas.

Dentro de las técnicas para medir el trabajo se tiene las siguientes:

- Estimación de datos históricos
- Estudio de tiempos con cronómetro
- Método de las observaciones instantáneas
- Datos estándar y fórmulas de tiempos (García, 2014, pp.177-184).

2.10.1. Estudio de tiempos con cronómetro

Es una técnica para determinar el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con la mayor exactitud posible con relación a un número limitado de observaciones. Como resultado de este estudio se obtiene el tiempo promedio de todas las actividades que forman parte de un proceso (García, 2014, p.185).

2.10.1.1. Tiempo observado

El tiempo observado se refiere al tiempo real que se registra durante el estudio de tiempos y movimientos. Es el tiempo que se mide y registra directamente al observar y cronometrar el desempeño de un trabajador mientras realiza una tarea específica.

Durante el tiempo observado, se busca capturar con precisión los movimientos y acciones realizados por el trabajador, incluyendo cualquier tiempo muerto o retraso que pueda ocurrir. El objetivo es obtener una medida precisa del tiempo real empleado en la tarea, lo cual es fundamental para el análisis y la mejora de los procesos de trabajo (Palacios, 2016, pp.182-183).

2.10.1.2. Valoración del ritmo de trabajo

La valoración del ritmo de trabajo es un enfoque utilizado para evaluar el rendimiento de un trabajador en comparación con el tiempo que tomaría a una persona calificada llevar a cabo las mismas tareas. Este método busca ajustar el tiempo requerido para realizar dichas actividades mediante la asignación de un porcentaje de valoración, el cual indica la proporción entre el rendimiento observado y el rendimiento estándar.

No existe un método ampliamente aceptado para evaluar el desempeño, aunque la mayoría de las técnicas se basan principalmente en el criterio del analista de tiempos. Por lo tanto, en este proyecto en particular, se utilizará el sistema de calificación de Westinhouse debido a su amplio uso en la ingeniería de métodos (Niegel y Freivalds, 2014, pp.356-357).

2.10.1.2.1. Sistema Westinghouse

El método más utilizado para evaluar la actuación del operario es el método de Westinhouse, el cual consiste en evaluar cuatro factores clave: habilidad, esfuerzo, condición y consistencia. Estos factores se utilizan como criterios para calificar el rendimiento del operario y proporcionan una evaluación integral de su desempeño (Niegel y Freivalds, 2014, p.358).

A continuación, se presenta una descripción de los factores utilizados en el método de Westinghouse para evaluar la actuación del operario:

Esfuerzo: La dedicación y la energía que el operario invierte en su trabajo.

Tabla 2-1: Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excesivo
+0.08	B2	Excesivo
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: (Niebel y Freivalds, 2014. P.359).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Habilidad: Se refiere a la competencia y destreza del operario para llevar a cabo las tareas requeridas.

Tabla 2-2: Sistema Westinghouse para calificar habilidades.

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente:(Niebel y Freivalds, 2014: p.359).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Condición: Este factor se centra en el entorno en el cual el operario desarrolla su labor, teniendo una influencia directa en su desempeño personal, pero no en la tarea o actividad específica que lleva a cabo.

Tabla 2-3: Sistema Westinghouse para calificar las condiciones.

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: (Niebel y Freivalds, 2014. p.359).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Consistencia: Se refiere a la capacidad del operario para mantener un nivel constante de desempeño a lo largo del tiempo.

Tabla 2-4: Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Malo

Fuente:(Niebel y Freivalds, 2014. p.359).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Después de asignar calificaciones a la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de la operación y establecer sus valores numéricos, se calcula el factor de desempeño global sumando estos cuatro valores y luego añadiendo una unidad a esa suma.

$$FV = 1 + (Habilidad + Esfuerzo + Condición + Consistencia) \quad (2)$$

2.10.1.3. Tiempo normal

Se trata de calcular el tiempo requerido para completar una tarea determinada por una persona calificada, trabajando a un ritmo normal. Se usa este método para medir el trabajo y el resultado obtenido es el tiempo en minutos que una persona capacitada necesitará para realizar la tarea, siguiendo el método especificado y trabajando a un ritmo normal (Niebel y Freivalds, 2014, p.343).

$$TN = TO \times FV$$

(3)

Donde:

TN: Tiempo Normal

TO: Tiempo Observado

FV: Factor de Valoración

2.10.1.4. Suplementos u holguras

Durante el cronometraje de actividades, es importante tener en cuenta que el tiempo registrado no contempla las demoras inevitables, como interrupciones o pausas necesarias, así como otras actividades que pueden tener un impacto directo en el rendimiento del trabajador. Es por eso por lo que se utilizan suplementos u holguras, que son intervalos de tiempo adicionales añadidos a las mediciones durante un estudio de tiempos.

Estos suplementos son agregados de manera intencional para considerar los factores externos que pueden afectar la eficiencia del trabajo. Ante las demoras que se puedan presentar, se puede determinar una clasificación con los diferentes tipos de holguras de acuerdo con la función. A continuación, en la Ilustración 2-4 se proporciona un esquema que resume las mismas.

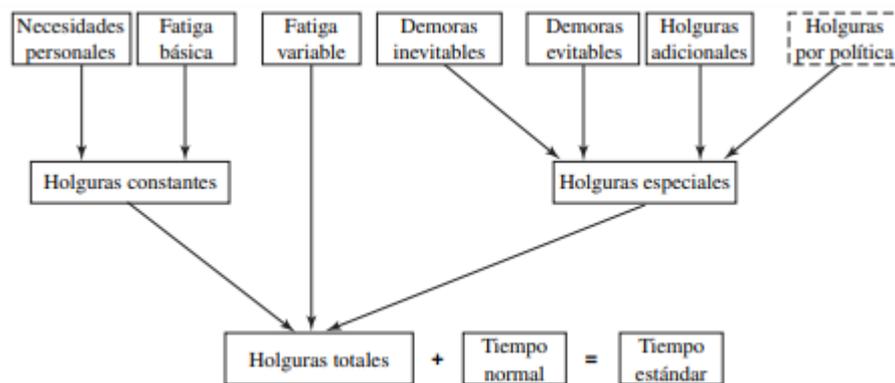


Ilustración 2-4: Tipos de holguras.

Fuente: (Niebel y Freivalds, 2014, p.367)

- Las holguras por fatiga son periodos de descanso que se proporcionan para recuperarse de la fatiga relacionada con el trabajo.
- Las holguras especiales son consideraciones adicionales que se tienen en cuenta para abordar diferentes aspectos del proceso de trabajo, el equipo y los materiales.

La ILO (Oficina Internacional del Trabajo) de Estados Unidos ha recopilado datos sobre el impacto de diferentes condiciones laborales con el fin de determinar factores de suplemento u holguras adecuados. Las mismas que se presentan en la Tabla 2-5 (Niebel y Freivalds, 2014, pp.367-369).

Tabla 2-5: Holguras recomendadas por ILO.

A. HOLGURAS CONSTANTES		5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	
1. Holgura Personal	5	Variable	0-100
2. Holgura por fatiga básica	4	6. Atención cercana	
B. HOLGURAS VARIABLES		a) Trabajo bastante fresco	0
1. Holgura por estar parado	2	b) Trabajo fino o exacto	2
2. Holgura por posición anormal		c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
a) Un poco incomoda	0		
b) Incómoda (flexionado)	2	7. Nivel de ruido	
c) Muy incómodo	7	a) Continuo	0
3. Uso de fuerza o energía muscular		b) Intermitente: fuerte	2
Peso levantado, lb:		c) Intermitente: muy fuerte	5
5	0	d) De tono alto: fuerte	5
10	1		
15	2	8. Esfuerzo mental	
20	3	a) Porceos bastante complejo	1
25	4	b) Esopacions de atención compleja o amplia	4
30	5	c) Muy complejo	8
35	7		
40	9	9. Monotonía	
45	11	a) Baja	0
50	13	b) Media	1
60	17	c) Alta	4
70	22		
4. Mala iluminación		10. Tedio	
a) Un poco debajo de lo recomendado	0	a) Algo tedioso	0
b) Bastante debajo de lo recomendado	2	b) Tedioso	2
c) Muy inadecuada	5	c) Muy tedioso	5

Fuente:(Niebel y Freivalds, 2014, p.359).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

2.10.1.5. Tiempo estándar

El tiempo estándar se refiere al tiempo necesario para que un trabajador completamente capacitado y calificado, que trabaja a un ritmo estándar y realiza un esfuerzo promedio, lleve a cabo una operación determinada (Niebel y Freivalds, 2014, pp.343-344).

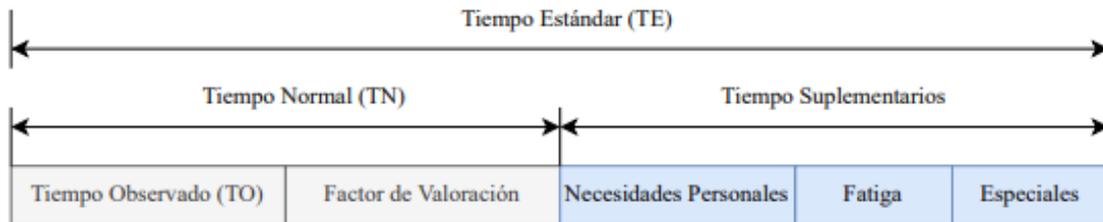


Ilustración 2-5: Determinación del tiempo Estándar.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Generalmente, la holgura o suplemento se expresa como una fracción del tiempo normal y se utiliza como un multiplicador igual a $1 + \text{holgura}$.

$$TE = TN + TN * \text{Holgura} = TNx(1 + \text{Holgura}) \quad (4)$$

Donde:

TE: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

2.11. Antecedentes de la investigación

En el presente documento se ha realizado una indagación bibliográfica que ha permitido recopilar datos referentes a investigaciones que se enfocan en la ampliación de la filosofía Lean Manufacturing, mismas que brindan información con relación a variables de estudio.

En la investigación de (Monserrate y London, 2022, p.16) titulada “Implementación de Herramientas Lean Manufacturing: VSM, Kaizen, 9S, para el mejoramiento de la productividad en la empresa de balanceados AVICOPROEC”. Guano-Ecuador, tiene como finalidad aumentar la productividad en el área de producción del balanceado tipo pellet. Donde a través de un diagnóstico de la situación actual y la utilización de herramientas Lean Manufacturing como el VSM con el cuál identificaron los factores que afectan la productividad y mediante un check list de las 9S conocer el porcentaje del cumplimiento Lean, realizaron un plan estratégico basado en el VSM, Kaizen y 9S, donde desarrollaron una propuesta de mejora para el proceso de producción y la implementación. Demuestran así que con la aplicación de la herramienta VSM se redujo 13,09 minutos el tiempo de producción, al utilizar el check list de las 9S aumenta en un 30% con una productividad de 0,42 Ton/H. Concluyen que lograron su objetivo el cual era mejorar la productividad de la empresa empleando las herramientas Lean.

Así mismo, (Fuentes, 2017, p.5) en su investigación “Análisis e implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad y control de planta en una empresa productora de alimentos balanceados para cerdos, aves y cuyes”. Arequipa-Perú, realiza el trabajo con la finalidad de estudiar la productividad de la empresa “INBAL S.A.C” para encontrar las causas de una baja productividad y un inadecuado control de planta, realiza esto con la eliminación de despilfarros o las actividades que no generan valor al producto utilizando las herramientas de Lean Manufacturing 5S, Heijunka y SMED cuya aplicación ayudará a resolver los problemas de la empresa para así mejorar su productividad. Logra la reducción en 3.133 min el tiempo de etapa o de elaboración del producto (47.67 min a 44.54 min). SMED intensifica el rendimiento de productividad (tiempo de ciclo mejorado 44.54%) y dominio de la factoría. Concluye que la empresa logró que los procedimientos sean estables y estandarizados.

Por su parte, en la investigación de (Calderon y Chavez, 2020, p.4) titulada “Aplicación de la metodología Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el área de operaciones de la empresa Avícola Virgen del Cisne S.A.C., 2019”. Trujillo-Perú, buscan incrementar la productividad en el área de operaciones con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing como 5S, SMED y Poka Yoke, empleando el método deductivo con una investigación de tipo experimental, aplicando una preprueba y post prueba. La población fue conformada por los 2 procesos productivos; molienda de maíz y mezclado de alimentos balanceados, consideraron una muestra no probabilística por conveniencia y censal, evaluando los mismos procesos. Obteniendo como resultados en la implementación de las 5S un incremento del 68%, el SMED la reducción de un tiempo improductivo de 62,32%, y el Poka Yoke disminuyó de un 76.19% de errores a un 23.81%.

Además, el autor (Mosquera, 2020, p.6) en su tema investigativo titulado “Manufactura esbelta para el mejoramiento en la planta de producción de la empresa Bioalimentar Compañía Limitada” indica que la investigación tuvo como objetivo elaborar una propuesta de mejoramiento de la productividad en la Planta Bioalimentar CIA Ltda mediante la metodología de manufactura esbelta debido a que la empresa al contar con una nueva infraestructura trajo consigo un alto nivel de desorganización en el proceso productivo, tiempos elevados en el cambio de los elementos de las máquinas y con ello desperdicio de materia. Se ha desarrollado un diagnóstico con el Mapa de flujo de valor (VSM) lo cual ha permitido identificar las falencias en el proceso mismas que han sido analizadas mediante un diagrama de Ishikawa y las mejoras o eliminación de falencias mediante la ampliación de herramientas como: 5’s, SMED y Sistema de participación del personal, siendo estas elegidas como propuesta para el estudio, todo esto partiendo de la determinación de los tiempos de operación

Aunado a esto, el autor (Andrade, 2022, p.8) en el trabajo de titulación que se encuentra bajo el nombre de “Mejora de los procesos productivos en la línea de cocinas y hornos mediante Lean Manufacturing en la empresa “Lincoln” de la ciudad de Riobamba” indica que el objetivo general de este trabajo fue la de implementar herramientas de Lean Manufacturing como VSM, 5’S y Kanban. La misma surge mediante la recolección de información de campo; Para el proceso de evaluación y aplicación de las herramientas antes mencionadas, se hizo uso de tarjetas de colores amarillas, verde y rojas; tarjeta roja: zona de producción de hornos y cocinas con la finalidad de controlar la producción; tarjeta amarilla: para definir un proceso y eliminar tiempos muertos y la tarjeta verde que se usó en el control de inventarios. Este proceso ayudó a reducir costos de producción de \$27,13/horno y \$27,14/cocinas y en relación con la mejora de los tiempos los resultados fueron de 0,45 días/horno y en cocinas 0,44 días/cocina la filosofía Lean Manufacturing es una excelente herramienta para reducir costos, eliminar desperdicios y tareas que no generan valor al producto.

Por último, los autores (Benites y Castañeda, 2019, p.18) en su trabajo de titulación denominado “Implementación de Lean Manufacturing sobre la productividad en el proceso de extrusión de una empresa productora de alimento balanceado acuícola en Trujillo 2019” indican que el trabajo tuvo como objetivo primordial determinar el impacto sobre la productividad en la empresa de productora de alimentos balanceados al implementar Lean Manufacturing en el proceso de extrusión. Se implementó la herramienta Mapa Flujo de Valor (VSM), la Eficiencia Global de los Equipos (EEO) y el Cambio de la Matriz en menos de 10 minutos (SMED). La presente investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada, cuantitativa y descriptiva. Los resultados que se obtuvieron con el desarrollo de este trabajo investigativo fue que mediante la implementación de Lean Manufacturing mediante el VSM se eliminó los cuellos de botella. Con OEE se logró incrementar el tiempo y la capacidad de la máquina extrusora en un 29,18% ya que la máquina pasó de 2,8 Tn/Hr a 3,6 Tn/Hr y con el SMED se pudo reducir el tiempo en el cambio del formato a producir obteniendo una mejora en un 27,93% pues el proceso pasó de ser de 179 minutos a 129 minutos. Con los casos antes mencionados en los que se aplicó la filosofía Lean Manufacturing se pudo determinar que la productividad en la empresa de alimentos balanceados acuícola aumentó notablemente en un 28,20%.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la empresa

La empresa “Balanceados Nutritivos” se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Parroquia Licán. En la ilustración tomada desde la plataforma Google mapa se puede identificar su ubicación de manera gráfica la cual se muestra en la Ilustración 3-1.

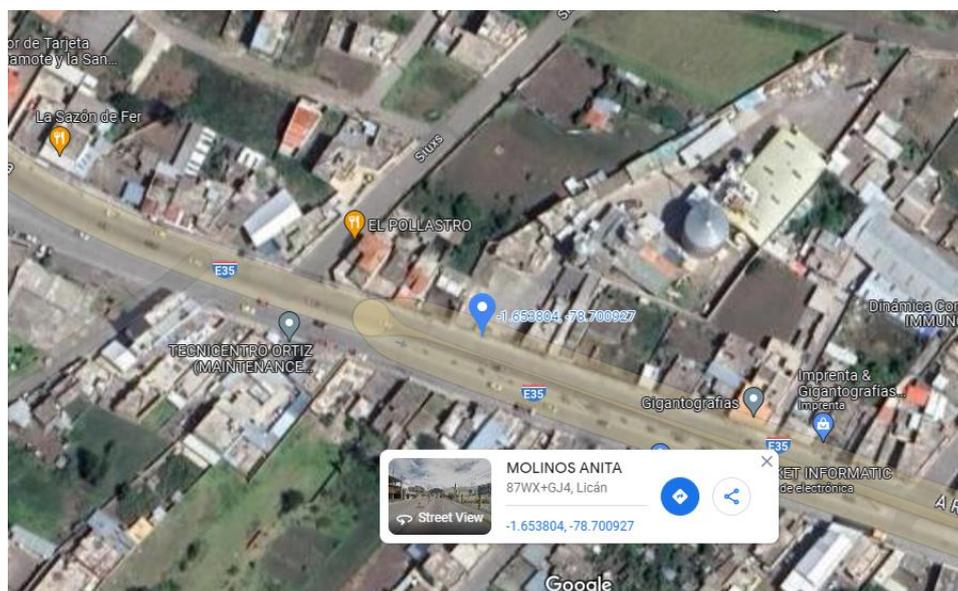


Ilustración 3-1: Ubicación Balanceados Nutritivos.

Fuente: Google Maps.

Desde 1987, proporcionan productos de alta calidad al mercado. Con una experiencia de más de 36 años, se dedica a la producción de alimento balanceado para diferentes tipos de animales, como bovinos, porcinos, aves y especies menores. Ofrece una gama de productos en forma de pellet, crumble y polvo, con una producción aproximada de 900 toneladas al mes.



Ilustración 3-2: Alimentos balanceados.

Fuente: Balanceados Nutritivos.

3.2. Tipo de estudio

El presente trabajo desarrollado en la planta “Balanceados Nutritivos” se caracteriza por ser de carácter técnico ya que se plantea mejorar el proceso productivo aplicando herramientas Lean Manufacturing: VSM para desarrollar un mapeo inicial y conocer la situación actual de la empresa, diagramas de procesos que definan los tiempos y las actividades que conlleva la producción de balanceados pellets, la aplicación de las 5S para fomentar un ambiente de organización y limpieza, Kaizen en las mejoras continuas que se plantean.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación de campo

Se hará uso de la investigación de campo, puesto que se recopilarán datos e información directamente en la empresa, específicamente en los distintos puestos de trabajo y áreas relacionadas con el proceso de balanceado peletizado. Mediante la observación, se podrán analizar varios indicadores que brindarán una base sólida para comprender la situación actual tanto del proceso como de la empresa en su totalidad.

3.3.2. Investigación descriptiva

Esta metodología permitirá adquirir un conocimiento más a fondo sobre cómo se llevan a cabo los procedimientos, definiendo las actividades que desarrollan los colaboradores, los procesos y los tiempos que intervienen en realizar las actividades. Además, brinda la oportunidad de identificar los factores que afectan el proceso productivo de la empresa.

3.3.3. Investigación cuantitativa

En el proceso de recolección de datos proporcionados por la empresa, se empleará en el enfoque de investigación cuantitativa. Para llevar a cabo este tipo de investigación, se utilizarán diversas herramientas que permiten analizar los datos. Esto implica verificar los resultados a través del mapeo del proceso y situación actual de la empresa, diagramas de proceso, aplicación de las 5S, indicadores de la productividad.

3.4. Metodología

3.4.1. Método deductivo

El enfoque del método deductivo utilizado en el proyecto técnico permitirá realizar un análisis exhaustivo de la situación actual de la empresa mediante el diseño de un diagrama VSM, utilización de las herramientas 5'S, identificar los desperdicios y problemas específicos en el proceso productivo. Este enfoque lógico y estructurado facilitará la identificación de soluciones efectivas y la implementación de mejoras concretas en la empresa.

3.4.2. Método inductivo

El método inductivo tendrá un impacto significativo en el proyecto de titulación, se recopilarán datos y se realizarán observaciones detalladas sobre las condiciones de orden y limpieza de los puestos de trabajo, lo que proporcionará una base sólida para identificar posibles mejoras. También se analizarán los desperdicios presentes en el proceso productivo, permitiendo detectar áreas que requieren una mejora o disminución de estos. Además, se realizará un análisis de los diferentes tiempos involucrados en el proceso productivo, con el objetivo de identificar posibles ineficiencias y buscar formas de optimizarlos.

3.5. Técnicas para la recolección de datos

3.5.1. Observación directa

La recolección de información por medio de esta metodología se centra en identificar lo que ocurre en la empresa en un tiempo de proceso. Con la observación directa, se logró anotar y documentar información respecto a la situación actual de la empresa.

3.5.2. Revisión de datos históricos

En el presente estudio técnico, se revisó datos históricos de la demanda de productos de los meses de enero a abril el año 2023. El objetivo principal es identificar el producto que mayor requerimiento tiene la empresa, detectar falencias dentro del proceso productivo del mismo y actuar en ellas en la mejora del proceso productivo.

3.5.3. *Cronometraje de las operaciones*

El cronometraje de las operaciones se llevará a cabo con la finalidad de determinar el tiempo que se demoran los operarios en realizar las actividades dentro del proceso productivo, se cronometrará el tiempo desde el primer elemento, el tiempo de actividades en las áreas involucradas y finalizando cuando los datos requeridos cumplen con las especificaciones para el estudio.



Ilustración 3-3: Cronometraje.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.6. Instrumentos

3.6.1. *Smartphone*

Con el avance de la tecnología la aparición y uso de teléfonos los smartphones se han convertido en una herramienta la cual nos brinda una serie de beneficios, en el presente trabajo se hizo uso de las mismas actividades como:

- Cronometraje
- Toma de fotos
- Grabaciones de sonido
- Grabaciones de video

Además de las actividades descritas, se obtuvo un gran beneficio al usar esta herramienta, puesto que la versatilidad de esta ocasiono desarrollar varias actividades en un mismo momento en relación con los instrumentos convencionales como el cronometro y cámaras de video.

3.7. Diagnóstico de la situación actual

3.7.1. Mapa de proceso

Este mapa proporciona una visión clara y estructurada de cómo se realiza el proceso de creación de alimentos balanceados, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final a los clientes.

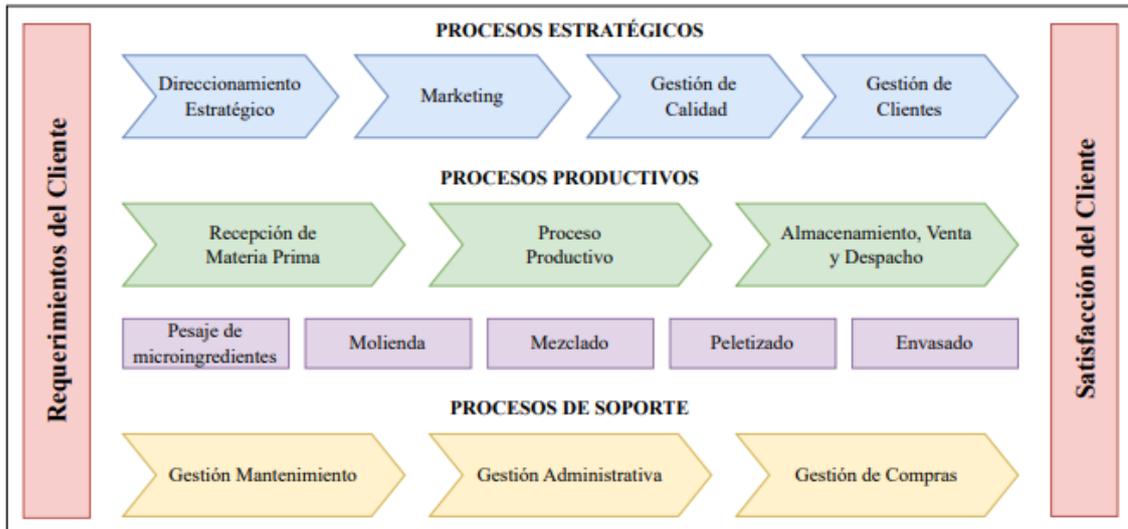


Ilustración 3-4: Mapa de proceso.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.2. Descripción del proceso productivo

El alimento balanceado pasa por diferentes tipos de proceso para obtener el producto final que va desde la recepción de la materia prima, molienda, mezclado, peletizado, envasado y por último el almacenamiento del producto terminado.

3.7.2.1. Recepción de materia prima

En este proceso llegan a la planta los insumos para la producción de los distintos tipos de alimento balanceado. Cada semana llegan los diferentes tipos de materia prima, la cantidad de esta depende de la planificación semanal de producción y cada cuanto se debe reabastecer.



Ilustración 3-5: Descarga de la materia prima.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-1: Actividades del área de recepción de materia prima.

N°	Actividad	Descripción
1	Recepción	Se receipta la materia prima dependiendo del proveedor.
2	Pesaje	Los vehículos son pesados en la balanza camionera.
3	Análisis	Aceptación De acuerdo con las especificaciones de la norma INEN, se acepta si cumple con los parámetros.
		Rechazo Si no se cumplen los parámetros evaluados de la norma se rechaza.
4	Descarga	Sacos Se identifica si es macro o micro ingredientes.
		Granel Llega en camiones y es descargada directamente en los silos, en el caso del maíz este pasa por la zaranda para eliminar las impurezas.
5	Almacenar	Sacos De acuerdo con el tipo de materia prima se almacena en bodegas diferentes controlando la temperatura y humedad relativa. Bodega 1: afrecho, calcio, sal Bodega 2: aditivos Bodega 3: sacos, hilos y etiquetas
		Granel Se almacena en los silos (maíz, soya y polvillo).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.2.2. Pesaje de microingredientes

Los microingredientes a utilizar se colocan en tachos etiquetados, cada tipo de balanceado requiere de cantidades específicas de acuerdo con su fórmula, con la recepción de la orden de producción se sabe el número de toneladas planificadas para el día.



Ilustración 3-6: Área de pesaje de micro ingredientes

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-2: Actividades del área de pesaje de microingredientes.

N°	Actividad	Descripción
1	Recepción	Se recepta la orden de producción y hoja de fórmula.
2	Pesaje	Se pesan los diferentes aditivos a utilizar para la producción en balanzas según la fórmula, se coloca en envases plásticos y se tapan.
3	Traslado	Los envases son puestos sobre el pallet y son llevados al área de mezclado con ayuda de un montacargas.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.2.3. Molienda

Se realiza el molido del maíz, soya, arrocillo y trigo hasta obtener la granulometría adecuada de cada uno, estos son depositados en tolvas hasta su utilización. El molino que lleva a cabo este proceso tiene una capacidad de 6 Tn/h en grano grueso (maíz) y 12 Tn/h en granos pequeños (soya, trigo y arrocillo).



Ilustración 3-7: Tolva de almacenamiento de molido.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-3: Actividades del área de molienda.

Nº	Actividad	Descripción
1	Moler	Se muelen los granos en el molino de martillo.
2	Reposar	Reposan las materias primas molidas en tolvas las cuales serán utilizadas para la producción del balanceado.

Realizado por: Erazo B, Mainato H, 2023

3.7.2.4. Mezclado

Se mezclan todos los ingredientes que serán utilizados para la producción del tipo de balanceado planificado para que se incorporen y obtener una mezcla homogénea. La mezcladora tiene una capacidad de 10 Tn/horas.



Ilustración 3-8. Mezcladora.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-4: Actividades del área de mezclado.

N°	Actividad	Descripción
1	Recepción	Se recepta la orden de producción y hoja de fórmula.
2	Pesaje	Se pesan los macroingredientes en cantidades exactas de fosfato, calcio y sal.
3	Dosificación	Se dosifica la cantidad exacta de los macroingredientes que se encuentran en las tolvas: maíz, soya, polvillo, arrocillo.
4	Adición	Adición manual en la tolva de macro y microingredientes pesados anteriormente.
5	Mezclar	Mezcla de macro y microingredientes, se añaden los líquidos aceite y agua con tartracina + inhimold.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.2.5. *Peletizado*

En este proceso el operario controla la temperatura dentro de la máquina la cual debe estar entre 65°C a 80°C, controla el color y tamaño del pellet dependiendo del balanceado que se va a producir. Cabe destacar que la peletizadora tiene una capacidad de producción, siendo capaz de generar hasta 6 Tn/h.



Ilustración 3-9: Peletizadora.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-5: Actividades del área de peletizado.

N°	Actividad	Descripción
1	Reposo del balanceado	Reposa la mezcla en la tolva previo ingreso a la peletizadora.
2	Acondicionador/ Vaporización	Inyección de vapor de agua al proceso de peletización.
3	Peletizar	Se inyecta vapor al balanceado de 60°C a 80°C.
4	Enfriar	Se enfría el balanceado de acuerdo al tipo, teniendo en cuenta la temperatura y humedad relativa del ambiente.
5	Zarandear	Separación del balanceado pellet y del balanceado con textura granulada el cual se regresará a la máquina peletizadora.
6	Reposo para envasar	Reposa el balanceado en la tolva para luego ser envasado.

Realizado por: Erazo B, Mainato H, 2023

3.7.2.6. *Envasado*

Una vez que el balanceado se encuentra en la tolva de producto terminado, un operario se encarga de envasar, coser y luego envía el saco por una pequeña banda transportadora el mismo que es recibido por otro operario que se encarga de colocarlo en el pallet. Esta máquina tiene una capacidad de envasar 9 Tn/h.



Ilustración 3-10: Ensacadora.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-6: Actividades del área de envasado.

N°	Actividad	Descripción
1	Envasar	Se ingresa en el tablero de especificaciones de peso (touch) la cantidad de peso exacta que tendrá cada saco (40 kg).
2	Inspección	Análisis de los parámetros de calidad del balanceado del color, textura, impurezas, y temperatura del enfriamiento.
3	Coser	Coser el saco.
4	Colocar en pallets	Se coloca el saco en el pallet. Cada pallet consta de 25 unidades.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.2.7. Almacenado

El producto terminado se almacena en bodegas apilados en pallets evitando el contacto directo con el suelo, estos contienen veinticinco unidades cada uno. Estos pallets se organizan en pilas de un máximo de tres filas, se realiza el registro de inventario o despacho inmediato.



Ilustración 3-11: Almacenado de productos terminados.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan en el proceso:

Tabla 3-7: Actividades del área de almacenamiento.

N°	Actividad	Descripción
1	Almacenar	El producto terminado permanece en el área destinada para cada tipo de balanceado, apilados sobre pallets previamente sanitizados de madera evitando el contacto directo con el suelo, a espera de la distribución.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.7.3. Diagrama de flujo

Se realiza el diagrama para comprender de mejor manera el proceso productivo de los alimentos balanceados, el proceso comienza con la recepción de la materia prima y finaliza con el almacenamiento del producto, como se muestra en la Ilustración 3-11. Una vez completado el ciclo, los productos son despachados y enviados a los clientes.

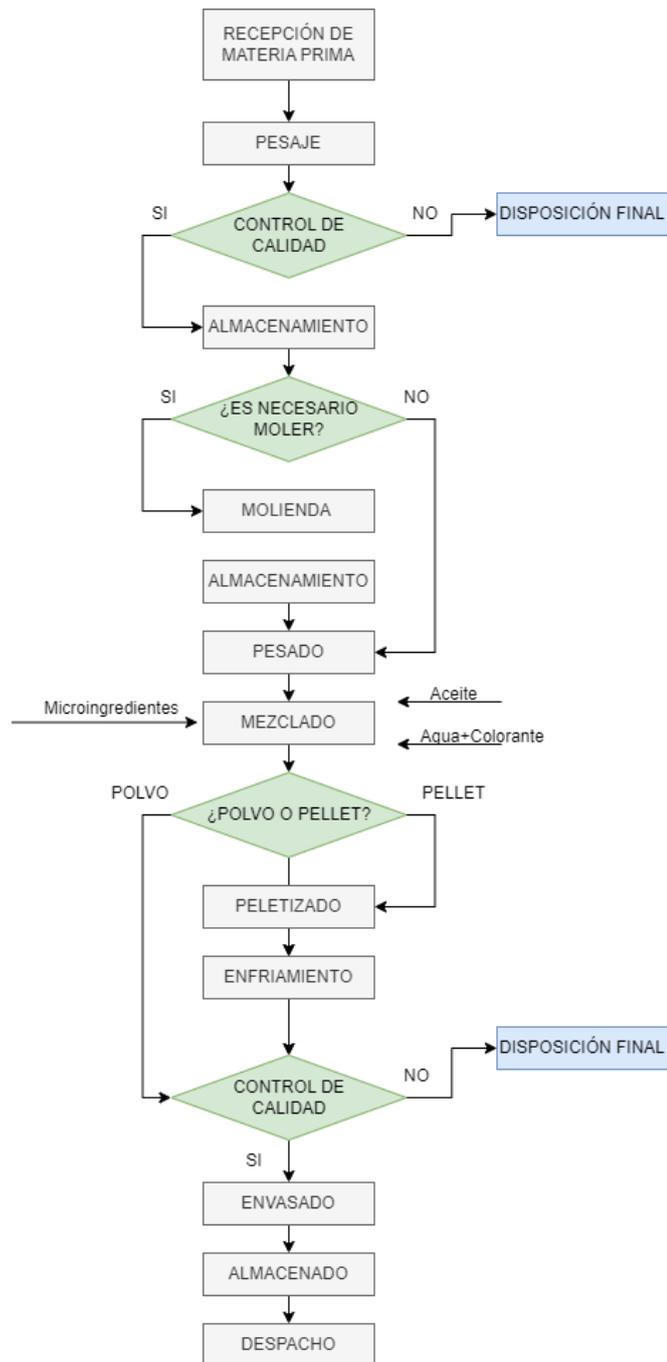


Ilustración 3-12: Diagrama de flujo.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.8. Selección del producto

Para el proceso de selección del producto, se trabaja con los alimentos balanceados que han sido debidamente registrados en Agrocalidad, esta entidad tiene la responsabilidad de regular y supervisar la calidad y seguridad de los productos agrícolas, pecuarios y acuícolas en el país. Por consiguiente, se toma como punto de referencia el tipo de alimento balanceado que presenta la mayor demanda. Esta demanda es evaluada en función de las toneladas producidas mensualmente hasta marzo del 2023 de los cuales se presenta un registro.

Tabla 3-8: Lista de productos de balanceados nutritivos.

N°	Descripción	Vida útil (Mes)	Unidades Producidas (Toneladas)		
			Enero	Febrero	Marzo
			1	Crecimiento Pollos Camperito Balanceados Nutritivos	2
2	Engorde Pollos Camperito Balanceados Nutritivos	2	193	107	111
3	Balanceados Nutritivos Produccion Leche	2	93	47	89
4	Crecimiento Cerdos Camperito Balanceados Nutritivos	2	79	96	82
5	Engorde Cerdos Camperito Balanceados Nutritivos	2	75	68	60
6	Balanceado Crecimiento Cerdos “ Nutritivos”	6	50	45	52
7	Balanceado Crecimiento Pollos “Nutritivos”	6	41	21	60
8	Balanceados Nutritivos Especies Menores Cuyes Conejos	2	32	35	24
9	Balanceado Inicial Pollos “Nutritivos”	6	19	7	27
10	Balanceado Engorde Pollos “Nutritivos”	6	16	29	8
11	Balanceado Engorde Cerdos “Nutritivos”	4	24	12	12
12	Balanceado Postura	6	18	16	12
13	Balanceados Nutritivos Inicial Cerdos Nutricerdos	3	10	10	12
14	Balanceados Nutritivos Cerdas Lactantes	2	10	12	10
15	Balanceados Nutritivos Cerdas Gestantes	2	8	10	0

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Fuente: Balanceados Nutritivos

De acuerdo con la Tabla 3-8 se trabajará con crecimiento pollos camperito siendo este grupo el que presenta mayor demanda. Dentro del producto seleccionado se encuentran diferentes tipos de presentaciones los cuales se describen a continuación:

- Crecimiento pollos polvo camperito
- Crecimiento pollos pellet camperito
- Crecimiento pollos minipellet camperito
- Crecimiento pollos crumber camperito

De las diferentes presentaciones se selecciona el alimento balanceado con el cual se trabajará, tomando en cuenta la mayor producción en base a un historial de demanda de los meses de enero, febrero y marzo del año 2023.

A continuación, en la Tabla 3-9 se presenta la selección:

Tabla 3-9: Derivados de crecimiento pollos camperito.

BALANCEADOS NUTRITIVOS					
					
Producto: Crecimiento Pollos Camperito Balanceados Nutritivos					
N°	Descripción	Vida útil (Mes)	Unidades Producidas (Toneladas)		
			Enero	Febrero	Marzo
1	Crecimiento pollos minipellet camperito	2	264	234	129
2	Crecimiento pollos crumber camperito	2	196	112	128
3	Crecimiento pollos pellet camperito	2	31	32	40
4	Crecimiento pollos polvo camperito	2	6	6	9

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Fuente: Balanceados Nutritivos

La Tabla 3-9 indica que el alimento balanceado con mayor requerimiento es crecimiento pollos minipellet camperito. Este alimento en particular se convierte en un punto clave para el análisis y la recolección de información con el objetivo de mejorar el proceso productivo.

Al realizar mejoras en la producción de este alimento, se obtienen beneficios significativos en toda la línea de producción, dado que comparten el mismo proceso y utilizan materias primas similares. Estas mejoras continuas generan un impacto positivo en términos de eficiencia, calidad y optimización de recursos en toda la línea de producción.

3.9. Selección de los procesos

Dentro del contexto de la producción de alimento balanceado, se realizan elecciones específicas en relación con los procesos que están estrechamente vinculados con esta actividad. Estos procesos esenciales abarcan el mezclado, peletizado y envasado, cada uno con sus respectivas actividades.

Para obtener un detalle completo de las actividades correspondientes a cada proceso, se encuentra disponible la descripción en la Tabla 3-10. En esta tabla se detallan las distintas etapas y tareas asociadas a cada uno de los procesos mencionados.

Tabla 3-10: Actividades de los procesos seleccionados.

N°	Descripción de la actividad
PROCESO DE MEZCLADO	
1	Dosificación de macroingredientes
2	Adición manual de macro y micro ingredientes
3	Trasporte de ingredientes a la mezcladora
4	Mezcla en seco
5	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colórate)
6	Llenado de la tolva
PROCESO DE PELETIZADO	
1	Peletizado
2	Enfriado
3	Descarga del balanceado enfriado
4	Traslado a la siguiente área
PROCESO DE ENVASADO	
1	Tomar saco
2	Envasado (40 kg)
3	Cosido de sacos
4	Colocar en pallet

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.10. Diagrama de análisis del proceso

Con la finalidad de conocer y visualizar de manera clara y secuencial el proceso de producción del alimento balanceado crecimiento pollos minipellet camperito, se procede a desarrollar un diagrama de análisis tipo material puesto que se analiza el proceso de transformación de la materia prima. Este diagrama se estructura en orden cronológico, resaltando las operaciones clave que componen dicho proceso. Además, se emplea las principales simbologías para representar las diferentes etapas: operación, inspección, transporte, demora y almacenaje.

Este diagrama permite una comprensión detallada de cada paso involucrado en la producción del balanceado, desde el inicio hasta la finalización del proceso, identificando las actividades esenciales y su interacción.

Tabla 3-11: Diagrama de análisis de proceso.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO				
Empresa:	Balanceados Nutritivos		Tipo:	Material
Método:	Actual		Fecha:	5/6/2023
Producto:	Crecimiento Pollos Minipellet Camperito		Realizado por:	Bianca Erazo
Operación:	Proceso de producción de Balanceado			Henry Mainato
Departamento:	Producción		Hoja N°:	1 de 1
Símbolos del Diagrama	N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	Descripción del proceso
	1		1,33	Pesaje de macroingredientes (Maiz, Soya, Afrecho)
	2		0,25	Descarga de macroingredientes pesados
	3		1,47	Adición manual de ingredientes (Sal, Calcio, Fosfato, Bentonita) y Polvillo
	1	2,35	0,67	Trasporte de ingredientes agregados a la mezcladora
	4		0,75	Mezclado en seco de ingredientes.
	5		3,5	Dosificación de líquido (Aceite+Inhimold+tartracina)
	6		2,5	Mezcla Humeda
	2	30,4	1,33	Trasporte de la mezcla mediante los canguilones a la peletizadora
	7		24	Peletizar (2 toneladas)
	1		0,33	Inspección del tamaño y color del balanceado mientras se descarga en la camara de enfriamiento.
	2		2,45	Se enfría el pellet hasta una temperatura ambiente.
	3	33,5	0,66	Traslado a la tolva de envasado por medio de canguilones.
	8		3,68	Tomar y selección de sacos
	9		4,22	Envasado de 50 sacos (40 kg)
	4		0,33	Inspección de la temperatura
	10		5,67	Cosido de sacos.
	11		3,3	Colocar en pallet.
	5	50	1,25	Trasporte al área de almacenamiento.
	1			Almacenamiento.
Total:		116,25	57,69	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Tabla 3-12, se presenta un resumen que engloba la cantidad total de operaciones, el tiempo involucrado y las distancias recorridas en el proceso. Estos datos proporcionan la base para calcular el tiempo total requerido para llevar a cabo el proceso en su conjunto. Este análisis permite evaluar la eficiencia y la duración global de las operaciones involucradas en la producción del alimento balanceado.

Tabla 3-12: Cuadro resumen del diagrama análisis de proceso.

Cuadro de Resumen				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
Operación		11		50,67
Trasporte		4	116,25	3,91
Inspección		2		0,66
Demora		1		2,45
Almacenamiento		1		
Total		19	116,25	57,69

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.11. Número de ciclos para cronometraje

Se obtiene un tiempo promedio del proceso de mezclado, peletizado y envasado, por lo cual se toman tiempos de las actividades de cada proceso. El tiempo observado depende de la precisión y error con la que se hace la toma de los mismo. Para determinar el número de ciclos necesarios en esta investigación se utilizará la tabla General Electric.

Tabla 3-13: Número recomendado de ciclos de observación.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente:(Niebel y Freivalds, 2014, p.340).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Tomando en cuenta las actividades del proceso de mezclado se obtuvo un promedio de 11,80 minutos por lo que, en relación con la tabla 3-13, se debe cronometrar 8 ciclos. Para el proceso de peletizado se obtuvo un promedio de 27,44 minutos el cual se encuentre entre 20 y 40 minutos, por lo que se recomienda cronometrar 5 ciclos. Finalmente, en el proceso de envasado se obtuvo un tiempo promedio de 17,20 minutos, por lo tanto, se cronometrará 8 ciclos.

El número de ciclos recomendados por la tabla General Electric indican un mínimo de observaciones en base a un rango de tiempos, sin embargo, para la presente investigación se hará uso de 10 ciclos con el propósito de reducir la variabilidad y garantizar que los tiempos sean más confiables.

3.12. Toma de tiempos

El tiempo fue tomado utilizando la aplicación cronómetro del smartphone, registrando el tiempo en cada proceso para la producción de un batch equivalente a dos toneladas (50 sacos de 40 kg c/u) de alimento balanceado, como se muestra en el ANEXO A.

Cabe mencionar que la empresa Balanceados Nutritivos se caracteriza por hacer uso del sistema de producción continuo, a medida que se completa una etapa, el producto se transfiere inmediatamente a la siguiente etapa sin demoras innecesarias, por lo tanto, mientras se realizan ciertas actividades en un área, las áreas anteriores y posteriores siguen cumpliendo sus actividades. El proceso de producción del alimento balanceado comienza con la mezcla del primer batch, mientras este se encuentra en el área de envasado, el segundo batch está siendo peletizado y el tercer batch se encuentra en proceso de mezclado.

Tabla 3-14: Determinación del tiempo ciclo.

		Batch 1	Batch 1	Batch 1	Batch 2	Batch 3
PROCESOS	Mezclado	1	2	3	4	5
		↓	↓	↓	↓	↓
	Peletizado	0	1	2	3	4
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Envasado	0	0	1	2	3
		↓	↓	↓	↓	↓

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

De acuerdo con lo mencionado el tiempo ciclo promedio se obtuvo de la siguiente manera:

1. El primer batch es la sumatoria de los tiempos de mezclado, peletizado y envasado y es el tiempo más alto debido a que no existe material en proceso.
2. Para el segundo batch en adelante, el tiempo se obtiene de una sumatoria de los procesos que generan un valor (actividades humanas), puesto que al ser un proceso semiautomatizado las actividades son repetitivas y constantes (peletizado y transporte).
3. Para obtener el tiempo ciclo promedio, se toma en cuenta los tiempos en los cuales el proceso se estabiliza.

Obteniendo así un tiempo ciclo promedio de 21,61 minutos por batch. La Tabla 3-15 resume el tiempo ciclo total que se emplea en el proceso productivo, tomando en cuentas las consideraciones antes mencionadas.

Tabla 3-15: Tiempos ciclo promedio.

Proceso Productivo										
Proceso	Tiempo de Ciclo (min)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mezclado	11,68	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67
Peletizado	27,63	27,43	27,44	27,55	27,55	27,39	27,35	27,43	27,44	27,55
Envasado	16,72	14,13	14,42	13,56	14,26	13,85	13,72	13,68	13,93	13,94
Total	56,04	21,80	22,09	21,23	21,93	21,52	21,39	21,35	21,60	21,61
Tiempo de ciclo promedio (min)						21,61				

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.13. Cálculo del takt time

Se realiza el cálculo del takt time para planificar los procesos y así evitar la sobreproducción, reducir los tiempos de espera y mantener una producción constante y eficiente. El resultado del cálculo del takt time indica cuánto tiempo se demora en producir cada tonelada para mantenerse alineado con la demanda y evitar excesos o faltantes.

Tabla 3-16: Jornada de trabajo.

Jornada laboral	10	horas/día
Tiempo de almuerzo	2	horas/día
Imprevistos/paros	1	hora/día
Tiempo disponible	7	horas/día
Tiempo disponible	420	min/día
Días hábiles por mes	20	días al mes
Demanda diaria	50	toneladas/día

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Tabla 3-16 se presenta los datos tomados en cuenta, se realiza el cálculo del indicador utilizando la ecuación 1.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

$$Takt\ time = \frac{420\ minutos/dia}{25\ Batch/dia}$$

Takt time = 16,8 min/Batch

Takt time = 0,28 horas/Batch

Para producir un batch de alimento balanceado se requiere de 16,8 minutos, es decir, el tiempo para satisfacer la demanda del cliente, pues ese indicador ayudará a determinar un ajuste o determinación de cuellos de botellas, en relación con el tiempo de ciclo observado.

Tabla 3-17: Takt time-Tiempo de producción observado.

Tiempos de ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo de producción	21,80	22,09	21,23	21,93	21,52	21,39	21,35	21,60	21,61
Takt time	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

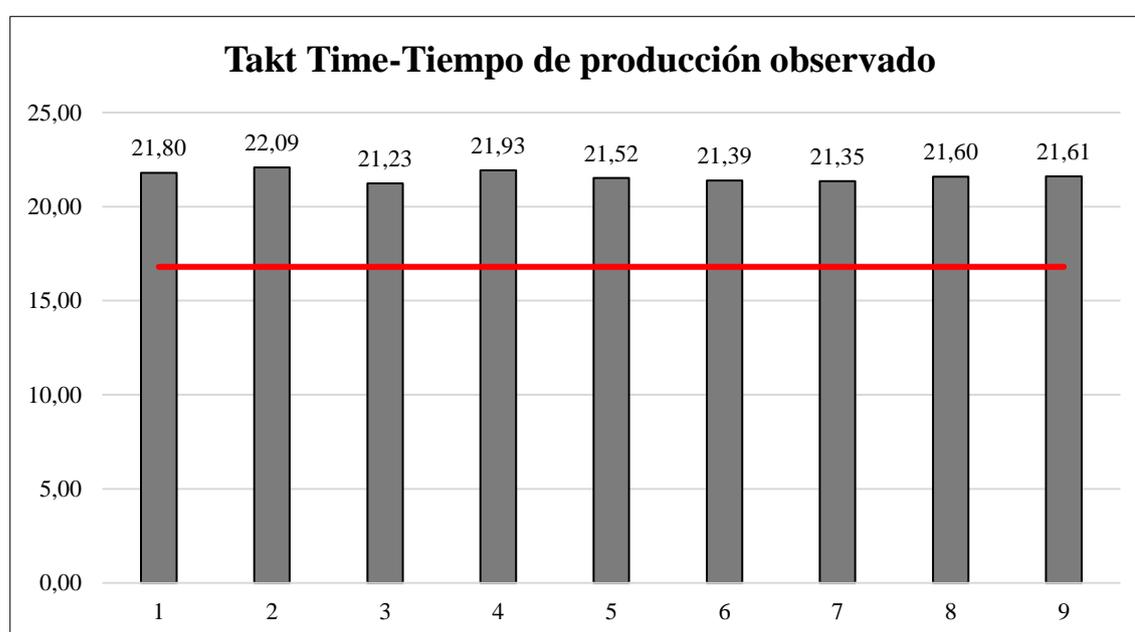


Ilustración 3-13: Gráfica Takt Time-Tiempo de producción observado.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Ilustración 3-13 se puede observar los tiempos cronometrados frente al takt time calculado, esta ilustración ayuda a determinar que los tiempos ciclos de producción son elevados y que dentro del proceso existen actividades que generan demoras en el proceso.

Además, se puede inferir que la velocidad de producción no se cumple con relación a la demanda diaria, ocasionando pérdidas para la empresa en cuestión de unidades producidas al día y horas que el personal interfiere para la producción.

3.14. Análisis de la producción

El análisis de la producción se realiza en función de la toma de tiempos del proceso, el cual se realizó en un período de 10 días a lo largo de un mes. Con los datos obtenidos del ciclo promedio se tiene que un batch se produce en 21,61 minutos, es decir, que en una hora se obtiene 2,77 batches.

$$\text{Producción} = \frac{60 \text{ minutos/hora}}{21,61 \text{ minutos/batch}}$$

$$\text{Producción} = 2,77 \text{ batches/hora}$$

El cálculo de las unidades producidas en una hora se basa en el uso del valor decimal, que facilita la determinación de las unidades correspondientes a esa fracción, teniendo en cuenta que un batch equivale a cincuenta unidades.

$$\begin{array}{cc} 1 \text{ batch} & 50 \text{ sacos} \\ 0,77 \text{ batch} & x \end{array}$$

$$x = \frac{50 \text{ sacos} * 0,77 \text{ batch}}{1 \text{ batch}} = 38,5 \text{ sacos}$$

$$\text{Producción en unidades} = \left(\frac{50 \text{ sacos}}{1 \text{ batch}} * 2 \text{ batch} \right) + 38,5 \text{ sacos}$$

$$\text{Producción en unidades} = 138,5 \text{ sacos/hora}$$

Considerando la jornada de trabajo al día se tiene:

- Tiempo disponible: 7 horas/día

$$\text{Producción día} = 138,5 \text{ sacos/hora} * 7 \text{ horas/día}$$

$$\text{Producción día} = 969,5 \text{ sacos/día} \approx 969 \text{ sacos/día}$$

Se determina que en una jornada laboral de 7 horas de trabajo la empresa produce 969 sacos de alimento balanceado.

3.15. Análisis inicial 5'S

Se lleva a cabo una evaluación inicial para determinar el grado de cumplimiento de las 5'S en el área productiva. Esta evaluación se realiza mediante el uso de un Checklist que incluye preguntas por cada S que se está analizando, además, se describe las mejoras a considerar realizando una auditoría inicial de las 5'S. Se utiliza criterios de evaluación del 1 al 5, siendo 5= Óptimo, 4=Alto, 3=Moderado, 2= Bajo y 1=Mínimo.

3.15.1. Seiri

Tabla 3-18: Evaluación de Seiri.

SEIRI - Seleccionar			
N°	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora
1	¿Existen objetos innecesarios en el área de trabajo?	5	No aplica
2	¿Los pasillos y áreas de trabajo están despejados y sin obstáculos?	2	Hacer una lista de materiales necesarios en el proceso.
3	¿Se encuentra la materia prima en un lugar de fácil acceso ?	4	Apilar la cantidad necesaria de materia prima para la producción diaria.
4	¿Están los objetos de limpieza ubicados y correctamente identificados?	2	Designar una zona de útiles de limpieza.
5	¿Las áreas de trabajo cuentan con las herramientas y materiales necesarios?	3	Proporcionar las herramientas necesarias y eliminar aquellas que no se utilizan.
SUMA		16	Porcentaje 64%
Puntaje deseado		25	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En el proceso productivo, no se pueden considerar elementos como innecesarios; sin embargo, es posible identificar ciertos componentes que pueden obstaculizar la movilidad de los operarios y los montacargas. Además, es esencial garantizar la correcta disposición de la materia prima utilizada y asegurar que los elementos de limpieza estén asignados a ubicaciones específicas. De esta manera, se optimiza la eficiencia y la seguridad en el entorno de trabajo.



Ilustración 3-14: Seiri.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.15.2. Seiton

Tabla 3-19: Evaluación de Seiton.

SEITON - Organizar			
N°	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora
1	¿Hay materiales, herramientas fuera de su lugar o carecen de un lugar asignado?	3	Asignar lugares específicos para las herramientas y así evitar demoras en la búsqueda de las mismas.
2	¿Son necesarios todos los materiales disponibles y son fácilmente identificables?	4	Colocar en el lugar asignado los materiales que no se van a utilizar.
3	¿Las áreas están debidamente identificadas?	1	Señalizar y delimitar zonas de trabajo y circulación.
4	¿La ubicación de la materia prima permite la reducción del tiempo de desplazamiento?	3	Ubicar la materia prima de manera que los accesos y circulación no sean interrumpidos.
5	¿Las áreas de almacenamiento están correctamente usadas para el producto destinado ?	2	Gestionar las áreas de almacenamiento y hacer cumplir el destino del alimento producido.
SUMA		13	Porcentaje 52%
Puntaje deseado		25	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En el proceso productivo, es esencial organizar de manera precisa y asignar ubicaciones adecuadas para las herramientas, materia prima y productos terminados. Además, resulta fundamental eliminar cualquier elemento innecesario que pueda estar presente en el área de trabajo, ya que esto contribuye a evitar demoras injustificadas.

Para lograr una operación más eficiente, es recomendable llevar a cabo mejoras en la delimitación de las zonas de trabajo.



Ilustración 3-15: Seiton.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.15.3. Seiso

Tabla 3-20: Evaluación de Seiso.

SEISO - Limpiar			
N°	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora
1	¿Hay partes de las máquinas y equipos sucios?	1	Implementar un sistema de limpieza diario a los equipos y maquinaria.
2	¿Se realizan diariamente tareas de limpieza?	5	No aplica
3	¿Existe personal encargado de revisar las operaciones de limpieza?	1	Asignar a un operario diferente cada semana que se encargue de la inspección de limpieza.
4	¿En el piso existen elementos dispersos?	2	Mantener un orden de los residuos para su correcta eliminación.
SUMA		9	Porcentaje 45%
Puntaje deseado		20	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En el entorno laboral actual, se lleva a cabo la limpieza diaria de los puestos de trabajo al concluir la jornada. Sin embargo, se ha identificado que la limpieza de los equipos y maquinaria no cumple con los estándares requeridos. Con el fin de abordar esta situación y mejorar la higiene en el lugar de trabajo, se propone implementar un sistema de limpieza diario más completo y eficiente.

Para lograr esta mejora, se plantea la asignación de un operario responsable de la inspección y limpieza de los equipos y maquinaria. Esta asignación garantizará que cada día se realice una revisión exhaustiva y una limpieza adecuada, contribuyendo así al mantenimiento de un ambiente de trabajo seguro y ordenado.



Ilustración 3-16: Seiso.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.15.4. Seiketsu

Tabla 3-21: Evaluación de Seiketsu.

SEIKETSU - Estandarizar			
N°	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora
1	¿El personal esta capacitado para realizar las actividades específicas?	4	Capacitar y actualizar con nueva información al personal.
2	¿Se realiza control visual en el proceso ?	4	Implementar control visual.
3	¿Existen funciones y normas específicas delimitadas para cada operario?	3	Hacer cumplir las normativas empresariales.
4	¿Existe un proceso productivo debidamente establecido y socializado?	3	Socializar la estandarizacion del proceso en función del alimento balanceado a producir.
5	¿Se promueve la mejora continua en las áreas de trabajo?	3	Insentivar a trabajar de manera consiente y cumplir los lineamientos.
SUMA		17	Porcentaje 68%
Puntaje deseado		25	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Al llevar a cabo el análisis de Seiketsu, es fundamental establecer estándares claros para el proceso de fabricación de alimentos balanceados, así como para las regulaciones internas de la empresa.

Los empleados desempeñarán un papel crucial al mantener una conciencia constante y cumplir estrictamente con las normativas definidas.



Ilustración 3-17: Seiketsu.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

3.15.5. Shitsuke

Tabla 3-22: Evaluación de Shitsuke.

SHITSUKE - Disciplina			
N°	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora
1	¿Se realiza los informes diarios correctamente y en los tiempos establecidos?	1	Realizar los informes diarios de las existencias y uso de materiales usadas en el proceso
2	¿Se utiliza el uniforme y los equipos de protección personal para las actividades que se llevan acabo?	4	Utilizar los equipos de protección personal de manera correcta.
3	¿El personal tiene conocimiento de la aplicación de las 5S ?	2	Capacitar al personal sobre la implementación de la herramienta 5 S.
4	¿Se cumple el tiempo de ingreso, descanso y salida del personal?	3	Llevar un registro obligatorio sobre el horario de permanencia de los operarios en la empresa.
5	¿Los operarios realizan sus actividades sin la necesidad de un control constante?	4	Incentivar al trabajo eficiente mediante el respeto a sus tiempos de descanso.
SUMA		14	Porcentaje 56%
Puntaje deseado		25	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Con relación a la etapa de Shitsuke, la empresa debe llevar a cabo un proceso diario de inventario tanto de la materia prima como del producto terminado, con el propósito de evitar posibles contratiempos en el abastecimiento. Además, resulta fundamental mantener un registro preciso de los horarios de los empleados. En lo que respecta a las áreas de producción, es imperativo que los operarios utilicen los equipos de protección personal de manera adecuada, con el objetivo de mitigar los riesgos de posibles accidentes.



Ilustración 3-18: Seiso.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Tabla 3-23 se observa el porcentaje del cumplimiento de la auditoría inicial de las 5'S en el área de producción.

Tabla 3-23: Resultados evaluación Checklist 5'S.

Análisis Inicial 5'S	
Seiri	64%
Seiton	56%
Seiso	45%
Seiketsu	68%
Shitsuke	56%

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Una vez realizada la evaluación inicial 5'S se observa que Seiri tiene un porcentaje del cumplimiento del 64%, Seiton del 56%, seguido por Seiso con el 45%, Seiketsu con un 68% y finalmente Shitsuke con 56%. Analizando resultados obtenidos, se evidencia que el porcentaje de cumplimiento es inferior al 80%, lo cual indica que es necesario aplicar la herramienta 5'S. La representación gráfica de estos porcentajes se muestra en la Ilustración 3-19.

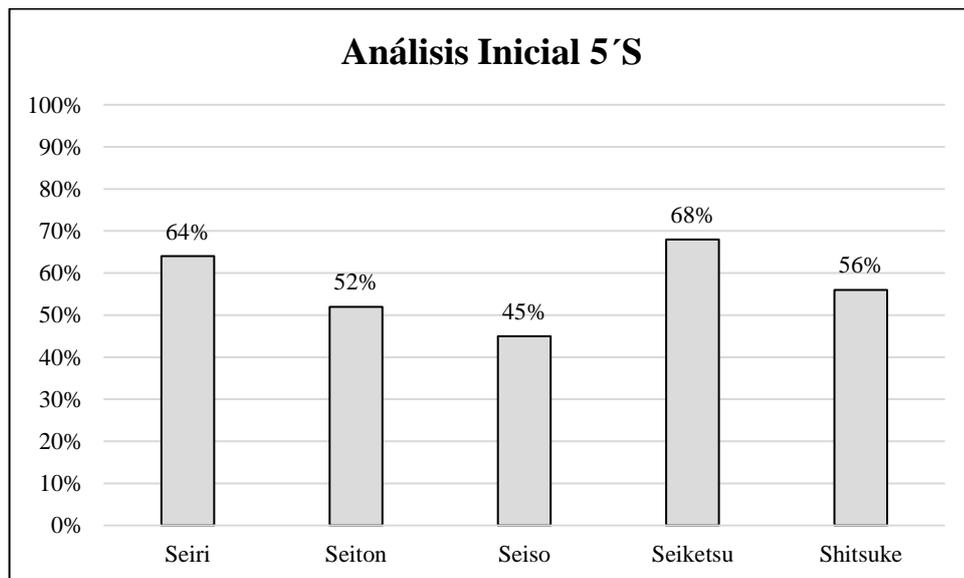


Ilustración 3-19: Análisis Inicial 5'S.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

De esta manera, se ha determinado que la empresa "Balanceado Nutritivos" debe abordar diversas áreas de mejora que serán esenciales para optimizar su proceso productivo. Se destaca que, en particular, las etapas de "Seiton" (organizar) y "Seiso" (limpiar) presentan porcentajes más bajos, con un 52% y 45% respectivamente. Estos vacíos identificados deben ser abordados con prioridad, ya que su corrección contribuirá significativamente a la eficiencia del proceso.

Si bien es esencial concentrar esfuerzos en las etapas mencionadas, es importante subrayar que no se debe descuidar las otras fases del proceso, abarcadas por las "S" restantes. Al mantener un enfoque en todas las áreas, se logrará garantizar tanto la eficiencia como la mejora continua. Este enfoque no solo impactará positivamente en la productividad, sino también en la creación de un entorno laboral excelente, promoviendo la satisfacción y el compromiso de los empleados.

3.16. VSM inicial

El análisis inicial de la situación actual de la empresa se llevó a cabo a través de la herramienta de Mapeo de Flujo de Valor (Value Stream Mapping o VSM). Esta herramienta se utilizó con el propósito de identificar los diversos problemas presentes en la empresa. Durante este análisis, se logró identificar la existencia de desperdicios en el proceso de producción.

Se procedió a crear un mapa que representara el flujo de valor de los procesos clave involucrados en la elaboración del producto balanceado previamente seleccionado. Cabe mencionar que este análisis se centró internamente y no incluyó a proveedores ni clientes en esta etapa. Los procesos evaluados comprendieron desde la materia prima hasta el envasado y almacenamiento, incluyendo el mezclado y peletizado.

Utilizando la información obtenida del proceso, se procedió a determinar el tiempo de ciclo, basándose en mediciones cronometradas. Además, se definieron aspectos como el tamaño del lote de producción, la cantidad de operarios involucrados y la maquinaria utilizada.

Este análisis proporciona una base sólida para comprender el funcionamiento actual de la empresa y para identificar áreas de mejora necesaria. Al comprender los tiempos, recursos y acciones de mejora en cada etapa del proceso, la empresa dispondrá de una visión clara para tomar decisiones eficientes en sus esfuerzos de mejora continua.

Finalmente, se detectó de manera general los diferentes desperdicios del proceso, se colocaron estallidos Kaizen que servirán para resaltar aquellos procesos en los que se pretende implementar las mejoras como se muestra en la Ilustración 3-19.

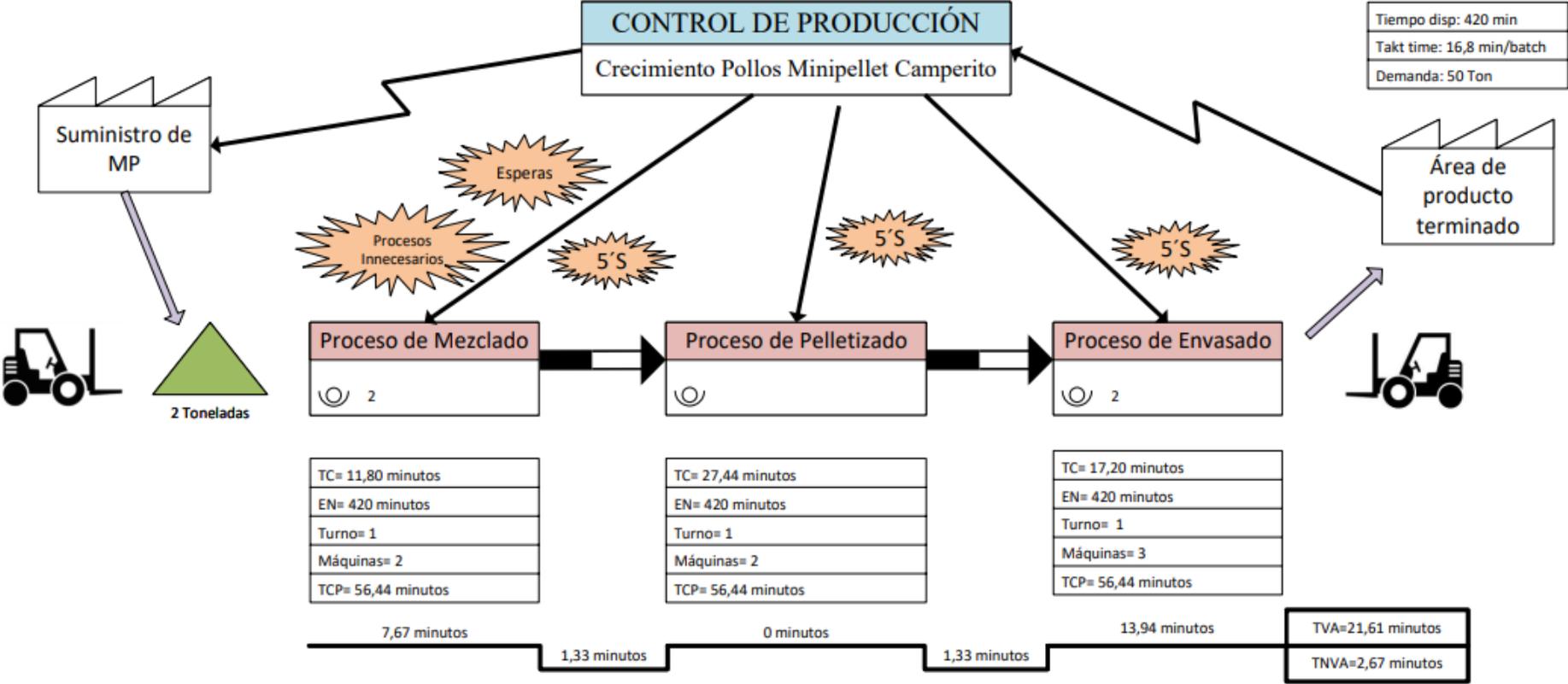


Ilustración 3-20: VSM Inicial.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Con la ayuda del VSM se pudo identificar desperdicios en el proceso los que se describen a continuación:

1. Sobre procesos

- **Sistema de dosificación del agua**

Actualmente, el proceso de mezclado utiliza un sistema de dosificación por chorro, sin embargo, este sistema presenta algunas deficiencias que afectan al proceso. El principal problema radica en que se requiere mucho tiempo para lograr una mezcla homogénea de los ingredientes (ANEXO G). Estas demoras en el tiempo de mezcla tienen consecuencias perjudiciales para la eficiencia del proceso en general. Además, la falta de homogeneidad en la mezcla puede afectar la calidad del producto final. Para mejorar este aspecto, se propone realizar un cambio en el diseño del sistema de dosificación. En lugar de utilizar el sistema de dosificación por chorro actual, se plantea implementar un sistema de dosificación con aspersores. Este cambio tiene como objetivo optimizar el proceso de dosificación y reducir el tiempo necesario para lograr una mezcla homogénea de los ingredientes.

Diagrama de Pareto

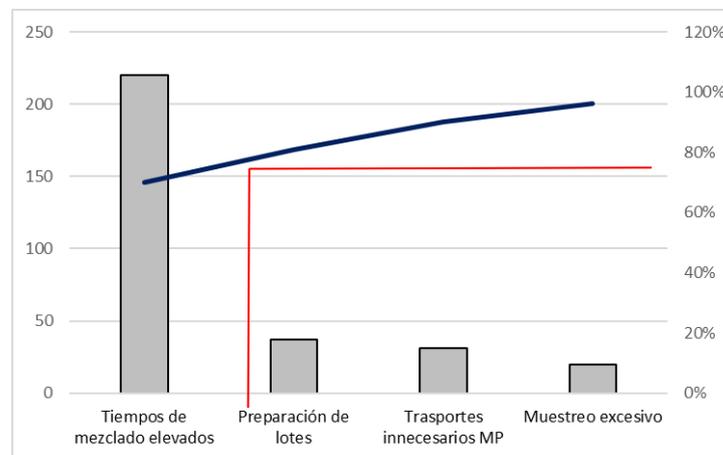


Ilustración 3-21: Diagrama de Pareto (Sobre procesos).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Análisis: El análisis de Pareto indica que el principal desencadenante de problemas es el "Tiempo de mezcla prolongado", ya que constituye el 46% de las incidencias. En segundo lugar, la "Preparación de lotes" contribuye con un 22% adicional. Esto indica que focalizar los esfuerzos de mejora en estas áreas podría generar una reducción significativa en la frecuencia de problemas.

2. Esperas

- **Demoras**

En el proceso de mezclado, los operadores desempeñan un papel fundamental al encargarse de añadir los aditivos del Área de Microingredientes. Sin embargo, actualmente se enfrentan a un problema relacionado con el consumo de tiempo que no agrega valor al proceso. Los operadores esperan a que los microingredientes lleguen al área y estén listos para la mezcla, esta espera ocasiona una demora significativa en el proceso y no contribuye a su eficiencia ni productividad, esto se evidencia en el ANEXO F. Para optimizar el proceso, es necesario encontrar formas de reducir el tiempo de espera de los operadores. Esto podría implicar mejorar la planificación de la entrega de los microingredientes o implementar sistemas que agilicen la preparación y disponibilidad de estos en el Área de Microingredientes.

Diagrama de Pareto

En el diagrama se analizan las causas que ocasionan las demoras desde el área de pesado de microingredientes al área de mezclado, así como se muestra en la Ilustración 3-16.

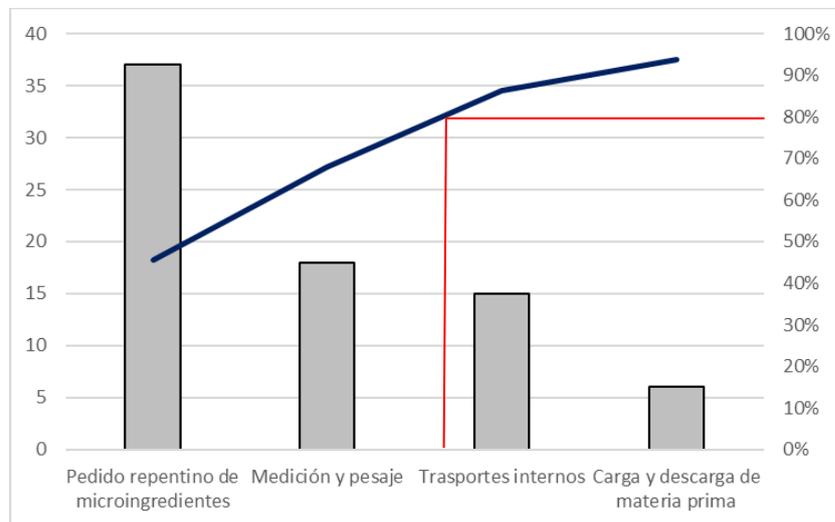


Ilustración 3-22: Diagrama de Pareto (Demoras).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Análisis: El diagrama de Pareto sugiere que el "Pedido repentino de microingredientes" es la principal causa de problemas, ya que representa el 69% de las fallas. En segundo lugar, la "Preparación de lotes" contribuye con el 11% adicional. Esto sugiere que concentrar esfuerzos de mejora en estas actividades puede tener un impacto significativo en la reducción de problemas.

3.17. Diseño metodológico para la mejora

En el ámbito de la implementación de la metodología Lean Manufacturing con el objetivo de mejorar el proceso productivo, se propone seguir un enfoque secuencial para la implementación de mejoras en el proceso tal como se muestra en la Ilustración 3-22.

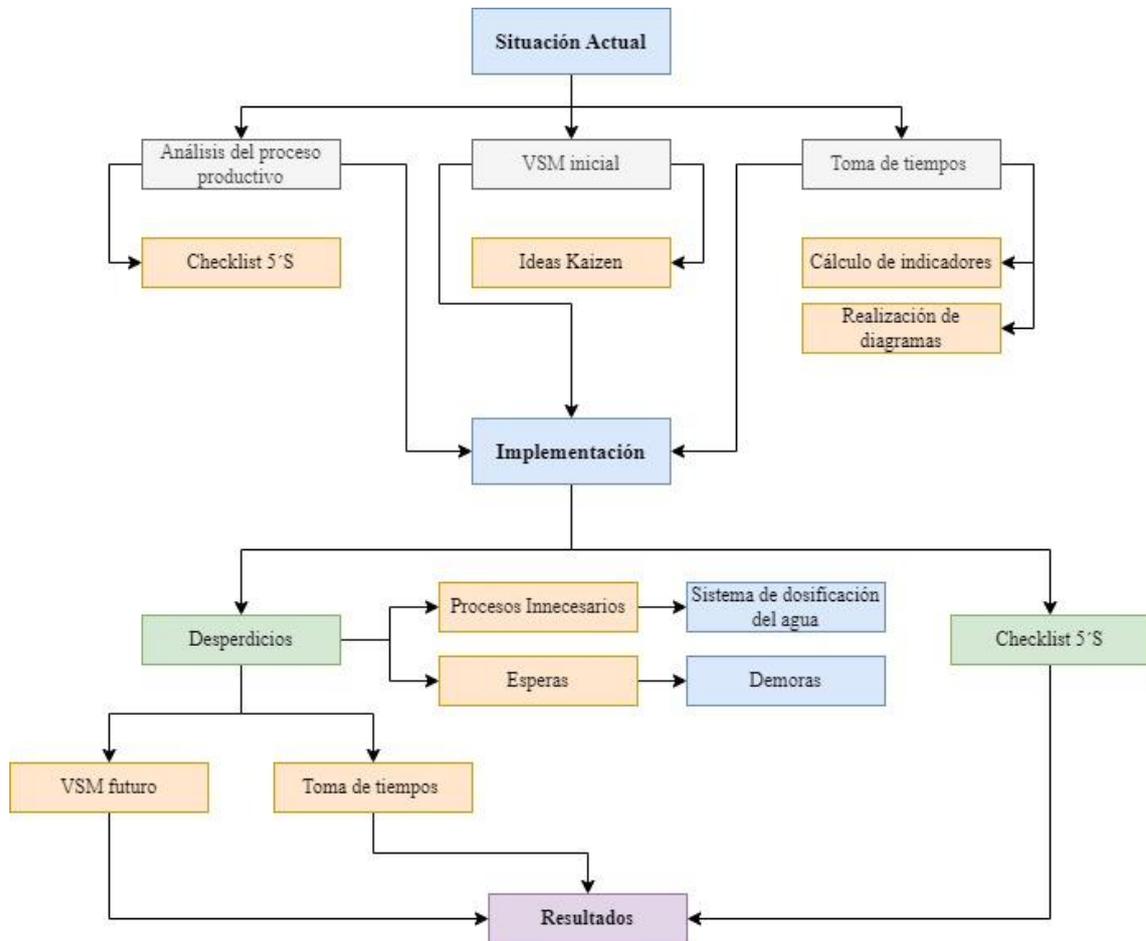


Ilustración 3-23: Diagrama causa-efecto.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Plan de acción

El análisis inicial del sistema de producción reveló discrepancias en las distintas áreas, evidenciando la falta de cumplimiento a los estándares establecidos por la empresa. Por ello, se ha desarrollado un plan de acción para abordar y mejorar estas áreas problemáticas.

Tabla 4-1: Plan de acción.

PLAN DE ACCIÓN				
	Encargado:	Mainato Henry, Erazo Bianca		
	Área:	Planta de producción 2		
	Objetivo:	Mejorar la producción de alimento balanceados en la empresa "Balanceados Nutritivos".		
ACTIVIDADES			Fecha	
			Inicio	Fin
Socialización de la metodología 5S	Personal administrativo		12/6/2023	12/6/2023
	Personal operativo		16/6/2023	16/6/2023
Implementación de las herramientas 5S	Seiri		19/6/2023	23/6/2023
	Seiton		26/6/2023	30/6/2023
	Seiso		3/7/2023	7/7/2023
	Seiketsu		10/7/2023	14/7/2023
	Shitsuke		17/7/2023	21/7/2023
Eventos Kaizen	Demoras		25/7/2023	27/7/2023
	Sistema de dosificación		24/7/2023	4/8/2023
Toma de tiempos	Cronometraje de las actividades		7/8/2023	18/8/2023
RECURSOS				
Instalaciones y los respectivos puestos de la empresa				
Oficinas administrativas				
Material y equipos de oficina (Impresora, esferos, hojas, equipos de computación)				
Material para la implementación de los eventos Kaizen				
Personal administrativo y de producción				
Trípticos con información de la metodología 5S				
ESTRATEGIAS				
Metodología 5S				
Eventos Kaizen				
Diagrama VSM				
SEGUIMIENTO				
Determinación del tiempo estándar				
Indicadores de productividad				
Checklist para evaluar la mejora luego de la aplicación de las 5'S				
VSM mejorado				
Análisis comparativo (Inicial/Actual)				

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.2. Implementación de las herramientas 5'S

4.2.1. Aplicación Seiri (Seleccionar)

Durante esta etapa, el objetivo final es garantizar una selección adecuada de los objetos, de modo que se reduzcan las actividades innecesarias, los traslados y los tiempos improductivos. Además, se busca mitigar los problemas relacionados con la falta de espacio y otros inconvenientes que puedan afectar negativamente la eficiencia y la seguridad en el entorno de trabajo. Para lograr una selección adecuada en base a criterios de utilidad y uso, es importante seguir un proceso estructurado como se muestra en la Ilustración 4-1.

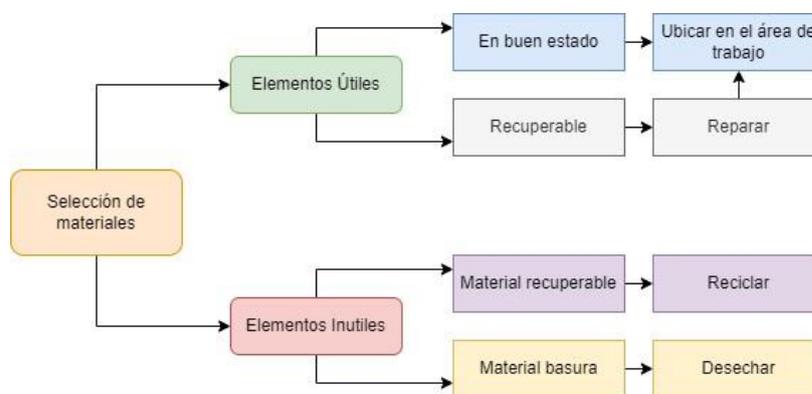


Ilustración 4-1: Proceso de selección.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Para desarrollar el proceso de selección y poner en práctica la primera S, el procedimiento consiste en aplicar tarjetas rojas a los elementos que no son de utilidad en el área de trabajo para posterior a ello considerar su eliminación del área o si es el caso desecharlo como residuo. Para esto se diseñó un modelo de tarjetas rojas usadas en el proceso en base a la necesidad, uso y aplicación de la selección de los elementos de las áreas de trabajo.

Balaceados Nutritivos	
TARJETA ROJA	
Fecha:	<input type="text"/>
Número:	<input type="text"/>
Área:	<input type="text"/>
Cantidad:	<input type="text"/>
Nombre del elemento:	<input type="text"/>
Disposición:	<input type="checkbox"/> Transferir <input type="checkbox"/> Eliminar <input type="checkbox"/> Inspeccionar
Observación:	<input type="text"/>

Ilustración 4-2: Tarjeta roja.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Realizada una inspección exhaustiva de la planta de producción, se llevó a cabo un proceso de selección para identificar los elementos que son fundamentales en colaboración con los operarios de cada área.

A continuación, se describen las acciones a realizar:

- Identificar zonas críticas que carecen de orden como: cuarto de control del sistema SCADA, puesto de peletizado y mezclado, área de ensacado y área de almacenamiento.
- Identificar la funcionalidad y el buen funcionamiento de los objetos.
- Elaborar un listado de artículos, equipos, herramientas y materiales innecesarios
- Aplicar tarjetas rojas a los objetos cuya utilización se tenga dudas.
- Trasladar los elementos innecesarios a zona roja
- Fotografiar los artículos separados (Documentación).

Tabla 4-2: Aplicación Seiri.

Ubicación	Acción	Antes	Después
Área de mezclado	Decidir y aplicar tarjetas rojas a los sacos desechados (Núcleos, sales, afrecho, etc.)		
Área de peletizado	Señalar las herramientas útiles de las innecesarias.		

Zona de carga	Eliminar los pallets dañados en función a su utilidad (reciclar/desechar).		
Área de almacenamiento	Reorganizar el espacio de almacenamiento asegurando que estén dispuesto de manera lógica, fácil identificación y accesible.		
Cuarto de operación (SCADA)	Elegir los objetos y herramientas que están almacenadas en este puesto.		

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.2.2. Aplicación Seiton (Organizar)

Una vez que ya se identificaron los elementos necesarios del área de producción, se busca organizarlos adecuadamente en el área de trabajo, asignando un lugar específico para cada objeto reduciendo así el esfuerzo, los movimientos innecesarios y el tiempo de búsqueda de los elementos. A continuación, se presenta las acciones que se van a realizar:

- Ordenar de manera correcta los diferentes aditivos en los tachos con su respectiva identificación.
- Señalización de las áreas de trabajo, delimitando cada espacio, zonas de circulación y áreas de almacenamiento.
- Para las herramientas de limpieza como escobas, recogedores y tachos de basura se asignará lugares específicos.
- El desorden de los pallets al momento que no se utilizan es evidente por lo cual se plantea señalar un lugar específico para que se coloquen ahí.

- Situar los anillos para peletizado en el lugar asignado.
- El trabajador no dispone de un lugar adecuado para colocar las herramientas las pone sobre las máquinas u otros lugares inadecuados, para solucionar este problema se ha decidido implementar portaherramientas en el área de peletizado.
- Es importante que cada operador se haga cargo de sus propios equipos de protección personal, por lo tanto, se requiere que los equipos sean almacenados en los vestuarios asignados, donde se les ha proporcionado un casillero individual.

En la Tabla 4-3 se visualiza el antes y después de la implementación realizada.

Tabla 4-3: Aplicación Seiton.

Ubicación	Acción	Antes	Después
Área de peletizado	Colocación de portaherramientas.		
Área de mezclado	Señalización del área.		
Área de microingredientes	Orden de aditivos e identificación.		



Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.2.3. Aplicación Seiso (Limpiar)

Se debe mantener limpio el entorno de trabajo, realizando limpiezas regulares para prevenir la acumulación de suciedad y desorden durante el proceso productivo. Se empleará el uso de un registro de limpieza diaria estableciendo responsables al final de la jornada los operarios deben realizar la limpieza en las áreas de trabajo, el cual debe ser controlado usando el modelo propuesto mostrado en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Registro de limpieza.

	BALANCEADOS NUTRITIVOS			
	REGISTRO DE LIMPIEZA DIARIA			
	PLANTA DE PRODUCCIÓN 2			
Realizado por:	Operarios			
Frecuencia:	Diaria			
Fecha:				
Proceso	Limpieza	Nombre Responsable	Firma	Observaciones
Recepción de materia prima				
Pesaje de microingredientes				
Molienda				
Mezclado				
Peletizado				
Envasado				
Almacenado				
Verificado por: _____				
Jefe de producción				

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se presenta las acciones que se van a realizar:

- Limpieza de la mesa de trabajo, piso y balanza de microingredientes
- Limpiar la balanza y el polvo del piso al acabar de pesar los macroingredientes
- Limpieza del puesto de descarga manual de macroingredientes
- Limpieza del área de la peletizadora.
- Depositar los desechos en los tachos designados.

En la Tabla 4-5 se visualiza el antes y después de la implementación realizada.

Tabla 4-5: Aplicación Seison.

Ubicación	Acción	Antes	Después
Área de microingredientes	Limpieza mesa de trabajo, piso y balanza.		
Área de mezclado	Limpieza de balanza y piso.		
Área de peletizado	Limpieza del puesto de peletizadora.		

<p>Área de mezclado</p>	<p>Limpieza del puesto de agregación de ingredientes.</p>		
<p>Área de envasado</p>	<p>Limpieza del puesto de envasado.</p>		

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.2.4. Aplicación Seiketsu (Estandarización)

La estandarización es una de las etapas más importantes al aplicar 5'S, ya que, para lograr el cumplimiento y el éxito, es necesario identificar mejoras en los tres primeros pilares, además, ayuda a fomentar hábitos de orden y limpieza dentro de la empresa, sabiendo que, sin esto no se podría conservar el Seiketsu.

Al aplicar la estandarización, se podrá mantener una visión clara y un control efectivo de todas las actividades que se lleven a cabo. A continuación, se presentan las acciones a realizar:

- Designar una persona que se responsabilice de cumplimiento de las tres primeras S.
- Proporcionar los recursos necesarios para la implementación por parte del personal administrativo.
- Informar sobre alguna irregularidad que se puedan presentar en el proceso.
- En la planta de producción colocar los procedimientos establecidos en el manual de limpieza que el operario debe seguir para limpiar las máquinas y las áreas de trabajo.



Ilustración 4-3: Operario cumpliendo las 3S.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.2.5. Aplicación Shitsuke (Disciplina)

La disciplina impulsa una transformación hacia una cultura de colaboración y mejora continua en el entorno laboral. Se fomenta la participación y la responsabilidad compartida de todos los operarios para mantener la excelencia en el trabajo y buscar de forma constante innovaciones y avances. No se plantea la disciplina como un control autoritario, más bien, se promueve una cultura en la que todos se sientan involucrados y responsables de mantener los estándares establecidos y buscar formas de mejorar continuamente.

Para mantener y fomentar los estándares y practicas establecidas mediante el cumplimiento de las S anteriores se plantea las siguientes responsabilidades:

Gerente:

- Capacitar al personal sobre la implementación de las 5'S.
- Suministrar implementos básicos de limpieza.
- Motivar a los colaboradores reconociendo su desempeño mediante *breaks*, cumpleaños u otras actividades.
- Evaluar periódicamente el avance de la implementación de las 5S en cada área de la planta de producción, para medir su progreso y hacer los ajustes necesarios.
- Demostrar compromiso en la adopción y mantenimiento de la 5'S.

Jefe de producción:

- Promover un ambiente de aprendizaje continuo.
- Establecer y mantener estándares claros para la conservación y el orden del lugar de trabajo.
- Incentivar la disciplina involucrando directamente a los trabajadores en la formulación de planes de mejora continua.
- Realizar auditorías periódicas conforme a los protocolos establecidos.

Trabajadores:

- Hacer uso adecuado y cuidar de los recursos de limpieza.
- Asistir a la capacitación sobre la implementación de las 5´S.
- Compartir y difundir el conocimiento adquirido a los nuevos trabajadores, para favorecer el aprendizaje conjunto.
- Respetar y cumplir con los estándares establecidos para mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.
- Demostrar disciplina en el seguimiento de las prácticas de las 5S y en el mantenimiento del orden en nuestras áreas de trabajo.



Ilustración 4-4: Capacitación del personal.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.3. Análisis final 5´S

Para conocer la mejora obtenida se realiza la evaluación del check list de las 5´S después de la implementación de las mejoras en el proceso productivo. En la Tabla 4-6 se observa los resultados obtenidos.

Tabla 4-6: Checklist 5'S final.

Evaluación Final 5'S				
	Empresa:	Balanceados Nutritivos	Audítores:	Bianca Erazo Henry Mainato
	Área Evaluada:	Producción	Fecha:	1/8/2023
Criterios de evaluación:				
5= Óptimo 4=Alto 3=Moderado 2= Bajo 1=Mínimo				
m				
Nº	Parámetros	Puntuación	Posibles mejoras a futuro	
1	¿Existen objetos innecesarios en el área de trabajo?	5		
2	¿Los pasillos y áreas de trabajo están despejados y sin obstáculos?	3	Eliminar constantemente materiales innecesarios.	
3	¿Se encuentra la materia prima en un lugar de fácil acceso?	4	Gestionar la producción diaria.	
4	¿Están los objetos de limpieza ubicados y correctamente identificados?	4	Reabastecer los elementos de limpieza cuando estén obsoletos.	
5	¿Las áreas de trabajo cuentan con las herramientas y materiales necesarios?	4	Etiquetar claramente los elementos de uso diario.	
SUMA		20	Porcentaje	80%
Puntaje deseado		25		
SETTON - Organizar				
Nº	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora	
1	¿Hay materiales, herramientas fuera de su lugar o carecen de un lugar asignado?	4	Implementar etiquetas y señales visuales para las ubicaciones designadas.	
2	¿Son necesarios todos los materiales disponibles y son fácilmente identificables?	4	Eliminar materiales que presentan defectos al usarlos.	
3	¿Las áreas están debidamente identificadas?	4	Pintar zonas que por disposición de inventario no se logro delimitar.	
4	¿La ubicación de la materia prima permite la reducción del tiempo de desplazamiento?	4	Implementar un flujo de trabajo evitando acumulaciones innecesarias.	
5	¿Las áreas de almacenamiento están correctamente usadas para el producto destinado ?	3	Establecer un sistema de almacenamiento lógico y eficiente para ingredientes y productos terminados.	
SUMA		19	Porcentaje	76%
Puntaje deseado		25		
SEISO - Limpiar				
Nº	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora	
1	¿Hay partes de las máquinas y equipos sucios?	3	Implementar un sistema de limpieza mensual de la planta de producción.	
2	¿Se realizan diariamente tareas de limpieza?	5		
3	¿Existe personal encargado de revisar las operaciones de limpieza?	4	Rotar las personas encargadas de la revisión.	
4	¿En el piso existen elementos dispersos?	3	Detectar y abordar acciones inmediatas ante desechos u otras condiciones de suciedad.	
SUMA		15	Porcentaje	75%
Puntaje deseado		20		
SEIKETSU - Estandarizar				
Nº	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora	
1	¿El personal está capacitado para realizar las actividades específicas?	4	Capacitar y actualizar con nueva información al personal.	
2	¿Se realiza control visual en el proceso ?	4	Crear tableros visuales que muestren el estado actual de las áreas y los procedimientos a seguir.	
3	¿Existen funciones y normas específicas delimitadas para cada operario?	3	Los operarios deben respetar sus puestos y sus actividades.	
4	¿Existe un proceso productivo debidamente establecido y socializado?	4	Documentar procedimientos estándar para la organización, limpieza y mantenimiento de cada área de producción.	
5	¿Se promueve la mejora continua en las áreas de trabajo?	4	Establecer una rutina de auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de los estándares y ajustes según sea necesario.	
SUMA		19	Porcentaje	76%
Puntaje deseado		25		
SHITSUKE - Disciplina				
Nº	Parámetros	Puntuación	Consideraciones para la mejora	
1	¿Se realiza los informes diarios correctamente y en los tiempos establecidos?	3	Evitar acumulación de informes diarios.	
2	¿Se utiliza el uniforme y los equipos de protección personal para las actividades que se llevan a cabo?	5	Fomentar la cultura de las 5S entre los empleados a través de la formación continua.	
3	¿El personal tiene conocimiento de la aplicación de las 5'S ?	5	Actualización constante de las mejoras a los operarios.	
4	¿Se cumple el tiempo de ingreso, descanso y salida del personal?	4	Compensar horas y trabajos extras.	
5	¿Los operarios realizan sus actividades sin la necesidad de un control constante?	4	Reconocer y premiar a los equipos y empleados que mantienen los más altos estándares de las 5S.	
SUMA		21	Porcentaje	84%
Puntaje deseado		25		

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Tabla 4-7 se evalúa el grado de cumplimiento de la auditoría final de las 5'S en el área de producción de la Planta 2. Esto incluye la revisión de las acciones de mejora previamente propuestas y su efectiva implementación, lo que se traduce en un mejor desempeño.

Tabla 4-7: Resultados evaluación Checklist 5´S.

Análisis Inicial 5´S	
Seiri	80%
Seiton	76%
Seiso	75%
Seiketsu	76%
Shitsuke	84%

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Una vez realizada la evaluación 5´S implementadas las mejoras se evidencia que Seiri tiene un porcentaje del cumplimiento del 80%, Seiton del 76%, seguido por Seiso con el 75%, Seiketsu con un 76% y finalmente Shitsuke con 84%. Analizando resultados obtenidos, se evidencia que el porcentaje de cumplimiento es mayor al 75%, por lo cual se puede decir que si se obtuvo una mejora considerable al aplicar las 5´S, ya que al implementar la herramienta 5´S se organizó las áreas de trabajo de manera más efectiva, eliminando elementos innecesarios y asegurando que la materia prima, producto terminado, herramientas y materiales estén dispuestos de manera óptima para agilizar el proceso, lo cual resultó en una mayor facilidad para llevar a cabo las actividades del proceso productivo. La representación gráfica de los porcentajes se muestra en la Ilustración 4-5.

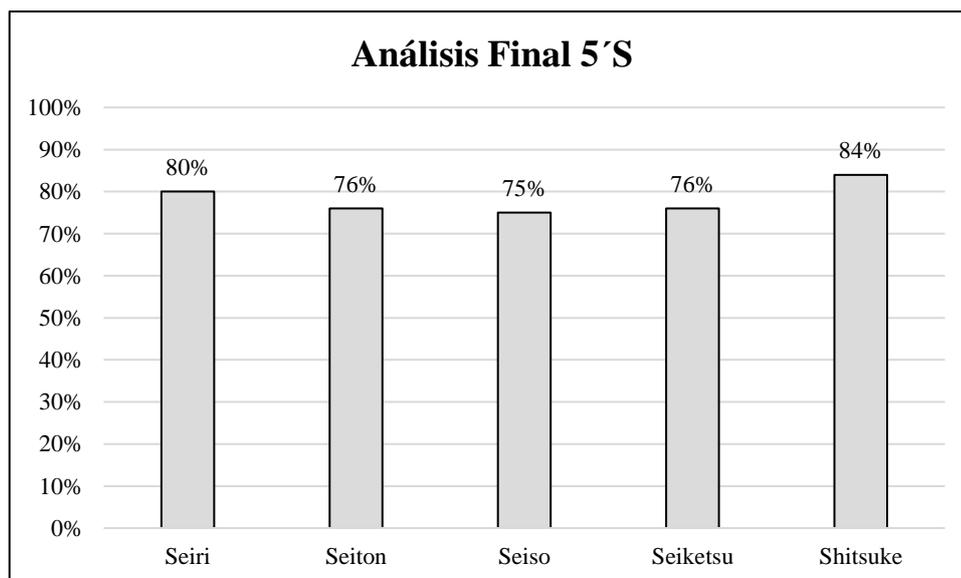


Ilustración 4-5: Análisis final 5´S.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4. Implementación de los eventos Kaizen

Se lleva a cabo la implementación de los eventos Kaizen, enfocados en abordar los desperdicios previamente identificados en el diagrama VSM siendo procesos innecesarios y esperas. El objetivo principal es potenciar la eficiencia del proceso productivo mediante mejoras continuas y progresivas. A continuación, se detallan las acciones que jugarán un papel fundamental en la mejora de la productividad de la empresa:

4.4.1. Sistema de dosificación de agua

La mejora en la dosificación del agua se centra en la reducción del tiempo empleado en el proceso de mezclado. Este proceso reviste una gran importancia, ya que es en esta área donde se llevará a cabo la implementación del nuevo sistema de dosificación de agua y se pone un fuerte énfasis en su optimización.

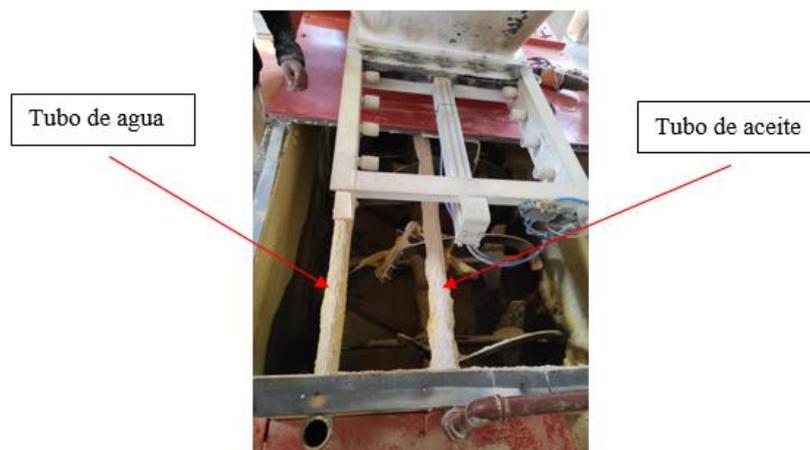


Ilustración 4-6: Sistema inicial de dosificación de agua.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En el proceso de mezclado, tras la incorporación de los ingredientes macro y micro, se forma una mezcla inicial compuesta principalmente por ingredientes secos. Esta fase inicial, que tiene una duración de 45 segundos, desempeña un papel crucial para lograr una uniformidad en la mezcla.

Luego, se procede a la etapa de mezcla en húmedo, donde se integran los líquidos, es decir, el aceite y el agua, con los materiales previamente mezclados. Esto resulta en una mezcla óptima que está lista para el proceso de peletización.

En el proceso de mezcla húmeda, inicialmente se requerían 6 minutos para lograr una mezcla óptima y homogénea. Dentro de este período de tiempo, se destinaban 2 minutos y 30 segundos a la dosificación de 55 kg de la mezcla (agua+ tartrazina e inhimold) y un minuto en la inyección del aceite.

Las acciones de mejora en este proceso se centran en la reducción de los tiempos de mezclado. Para lograrlo, se ha implementado un nuevo sistema de dosificación de agua a través de aspersores con el objetivo de:

- **Reducir el tiempo de mezcla:** El nuevo sistema de dosificación de agua por aspersores está diseñado para acelerar el proceso de mezcla, lo que debería resultar en una reducción significativa del tiempo necesario para lograr una mezcla óptima y homogénea.
- **Mejorar la calidad de mezclado:** La dosificación más precisa y controlada de agua a través de los aspersores puede contribuir a una distribución más uniforme de los ingredientes en la mezcla, lo que a su vez mejora la calidad de la mezcla final, reduciendo la posibilidad de grumos o zonas mal mezcladas.
- **Mejorar el rendimiento del peletizado:** Un mejor mezclado inicial de los ingredientes puede tener un impacto positivo en el proceso de peletizado. La uniformidad en la mezcla puede llevar a una mayor eficiencia en el proceso de formación de pellets, lo que, a su vez, puede mejorar el rendimiento general de la producción.

4.4.1.1. Diseño del sistema

Para llevar a cabo la implementación del sistema de aspersión, se inicia con el desarrollo de un diseño realizado en el software SolidWorks. Al proporcionar una representación visual detallada, el diseño en SolidWorks se convierte en una herramienta esencial para evaluar y comprender la disposición y la interacción de los componentes del sistema de aspersión, también desempeña un papel fundamental al posibilitar la realización de cálculos precisos.

El diseño no se limita únicamente a una representación visual, se convierte en una herramienta integral que facilita la identificación de elementos clave, la evaluación de la distribución espacial de los componentes y la consideración de posibles mejoras o ajustes. Además, proporciona una base sólida para la selección precisa de los accesorios necesarios, asegurando que se ajusten perfectamente a los requisitos reales del sistema.

La capacidad de visualizar el sistema en un entorno virtual antes de la implementación práctica no solo agiliza el proceso, sino que también reduce la probabilidad de errores costosos. Este enfoque integral, desde el diseño hasta la selección de accesorios, establece las bases para un despliegue exitoso del sistema de aspersión, optimizando su rendimiento y eficiencia.

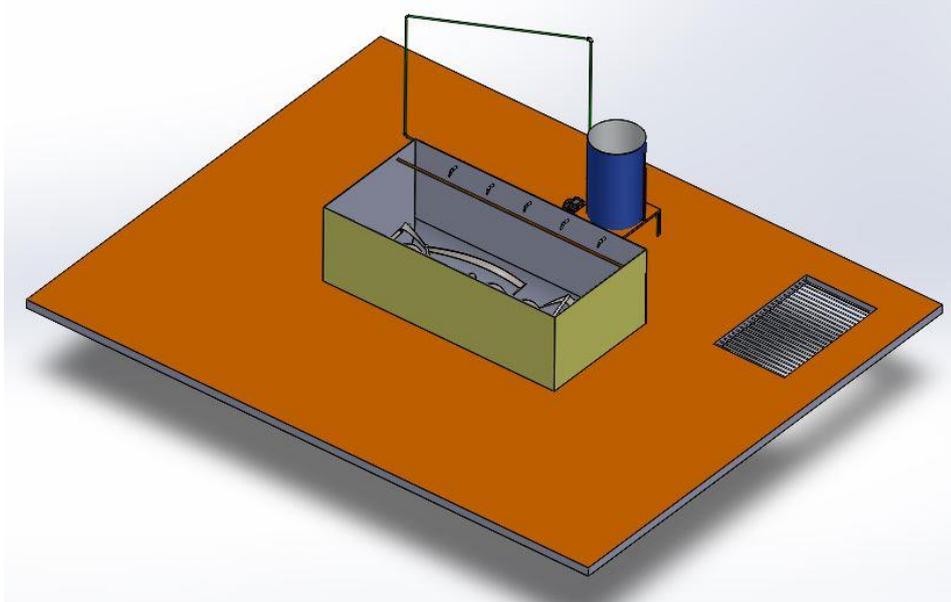


Ilustración 4-7: Modelado 3D del nuevo sistema.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4.1.1.1. Selección de aspersores

Tomando en cuenta la elección de los aspersores, nos hemos basado en la disponibilidad de estos en el mercado y su aplicabilidad en el ámbito alimentario. Específicamente, al tratarse de un sistema de aspersión destinado a la producción de alimentos para animales, hemos optado por utilizar aspersores fabricados en acero inoxidable 316.

El uso de acero inoxidable 316 es fundamental en la elaboración de alimentos balanceados, debido a sus destacadas propiedades de resistencia a la corrosión y su durabilidad. Estas cualidades son esenciales en entornos en los cuales se manipulan y almacenan productos alimenticios. En este contexto, el acero inoxidable 316 asegura que el sistema de aspersión mantenga su integridad a lo largo del tiempo, minimizando los riesgos de contaminación y garantizando así la calidad y seguridad de los alimentos producidos.

Esta elección no solo se basa en la efectividad del material, sino también en su contribución a los estándares de higiene y calidad requeridos en la producción de alimentos. En el Anexo B se presenta la selección de los aspersores considerando los cálculos previos.

Tabla 4-8: Selección de aspersores.

ASPERSORES CYCO CC			
Ángulo de pulverización		80 grados	
Patrón de rociado		Ventilador plana	
Serie	8030	Serie	8040
Cantidad	3	Cantidad	2
Presión	2 bar	Presión	2 bar
Caudal	9,7 l/min	Caudal	12,9 l/min
Altura	24 mm	Altura	24 mm
Peso	0,03 kg	Peso	0,03 kg
Diámetro	¼ in	diámetro	¼ in
			

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Fuente: CYCO. 2023.

Disposición de los aspersores

La ubicación de los aspersores se establece respecto al diseño de la mezcladora que actualmente se encuentra instalada. Por lo tanto, para su disposición se considera el ángulo de dispersión y el caudal que ofrecen los aspersores elegidos para satisfacer el caudal óptimo de inyección. Es importante resaltar que los aspersores se instalan en la tubería principal de alimentación con un ángulo de inclinación de 45°.

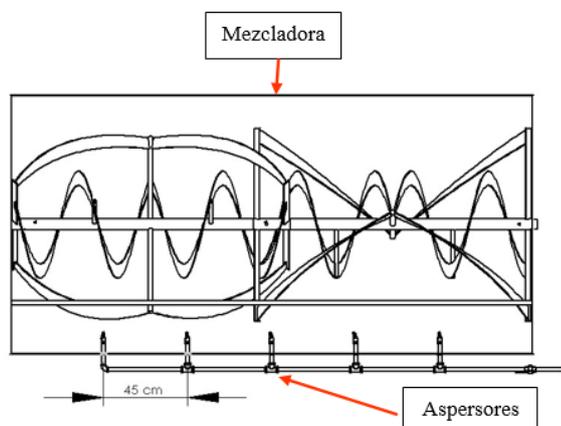


Ilustración 4-8: Disposición de aspersores (Vista superior).

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4.1.1.2. Selección de la bomba

Primero, se realiza los cálculos necesarios para seleccionar la bomba más apropiada que se utilizará en el proceso de dosificación de la mezcla. Estos cálculos se basan en un análisis completo del sistema de bombeo. Luego, se procede a elegir la unidad más adecuada a partir de la disponibilidad en el mercado, teniendo en cuenta los requerimientos calculados.

En el proceso de selección, se considera la disponibilidad de bombas con una tensión de 220V en lugar de las convencionales de 110V en la industria. Esta elección presenta numerosas ventajas, como la reducción de pérdidas de energía en el cableado, la minimización de caídas de voltaje, garantizando así un funcionamiento constante. Además, que ofrecen una mayor capacidad de arranque y contribuyen a prolongar la vida útil de los equipos al prevenir el sobrecalentamiento. El sistema de bombeo consiste en tuberías, accesorios y otros componentes que permiten transportar fluidos desde el depósito hasta la mezcladora. Este sistema tiene dos subsistemas principales: el de succión, encargado de captar el fluido, y el de descarga, responsable de llevar el fluido al lugar requerido en términos de la disposición de la mezcladora. Para la realización de los cálculos correspondientes a la selección de la bomba, se hizo uso de las fórmulas tomadas de libro “Hidráulica en Tuberías y Accesorios” de los autores (Chuquín et al. 2019, pp.141-179).

- **Cálculo del caudal requerido**

Se sabe que en el proceso de mezcla se dosifica una mezcla de 50 kg de agua y 5kg (tartrazina+ inhimold) dando como resultado una mezcla 55 kg. Dado que el agua presenta una densidad de 1 kg/l y la mezcla de 1,15 kg/l se procede a calcular la cantidad de mezcla en litros a dosificar.

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen} \quad (5)$$

$$Volumen\ de\ agua = \frac{Masa}{Densidad} = \frac{50\ Kg}{1\ Kg/l} = 50\ l$$

$$Volumen\ de\ mezcla = \frac{Masa}{Densidad} = \frac{5\ Kg}{1,15\ Kg/l} = 4,35\ l$$

$$Volumen\ (agua + mezcla) = 54,35\ l$$

Es importante conocer el caudal necesario que se utilizará para que el sistema se eficiente, pues este indicador ayuda a determinar la eficiencia del sistema y los componentes que se deben usar en el sistema de aspersión.

Para determinar el caudal total se usan los valores de la Tabla 4.7

$$Q_T = 3Q_{8030} + 2Q_{8040} \quad (6)$$

$$Q_T = 3(9,7 \text{ l/min}) + 2(12,9 \text{ l/min})$$

$$Q_T = 54,9 \frac{\text{l}}{\text{min}} \approx 55 \text{ l/min}$$

- **Columna total de bombeo**

El sistema de bombeo es cabeza estática de succión, se calcula la altura total de bombeo con la siguiente ecuación:

$$TDH = h_s + h_d \quad (7)$$

Dónde:

TDH: columna total, altura útil o efectiva

hs= cabeza o columna dinámica de succión

hd= cabeza o columna dinámica de descarga

Cálculo de pérdidas en la succión

Para conocer la longitud que se debe superar para alcanzar la altura necesaria que impulsará el fluido hacia la mezcladora desde el tanque de suministro del líquido se analizan varios factores mediante diferentes cálculos los cuales serán de gran utilidad para la selección del equipo de bombeo. Se calculará con la siguiente ecuación:

$$h_s = -h_{es} + h_{vs} + H_{rs} \pm h_{pms} \quad (8)$$

Dónde:

hes = cabeza o columna estática de succión

hvs = cabeza o columna de velocidad en la succión

Hrs = pérdidas de energía en la succión

hpms = cabeza de presión en la succión

Se tendrá una cabeza estática de succión de 1,05 metros siendo la longitud que existe desde la entrada del fluido en el tanque al sistema en la tubería hasta el eje de funcionamiento de la bomba. El diámetro de la tubería de hierro galvanizado será de 1 pulgada y el diámetro interior de 28,7 mm. La cabeza de presión en la succión será 0 ya que se encuentra abierto a la atmósfera.

Se calcula la velocidad que tendrá el fluido.

$$Q = V * A \quad (9)$$

$$V = \frac{Q}{\pi * r^2}$$

$$V = \frac{0,000917 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * \left(\frac{0,0287 \text{ m}}{2}\right)^2}$$

$$V = 1,42 \text{ m/s}$$

Se obtiene la cabeza o columna de velocidad en la succión dando el siguiente resultado:

$$h_{vs} = \frac{V_s^2}{2g} \quad (10)$$

$$h_{vs} = \frac{(1,42 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{vs} = 0,10 \text{ m}$$

Para las pérdidas de energía en la succión se utilizan datos del coeficiente de fricción, número de Reynolds, la longitud de la tubería y las pérdidas secundarias.

Se calcula el número de Reynolds teniendo como dato la viscosidad del agua de $1,141 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Teniendo un flujo de agua turbulento.

$$Re = \frac{(VD_i)}{v} \quad (11)$$

$$Re = \frac{\left(1,42 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,0287 \text{ m}\right)}{1,141 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 35717,79$$

Se realiza el cálculo del coeficiente de rozamiento siendo un número adimensional, teniendo una rugosidad absoluta de 0,15 mm ya que el material de la tubería es hierro galvanizado

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon/d}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{1,5 \times 10^{-4} \text{ m} / 0,0287 \text{ m}}{3,7} + \frac{5,74}{35717,79^{0,9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = 0,034$$

Se obtiene la longitud de la tubería de succión.

$$L_s = 0,15 + 0,2 = 0,35 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas en los accesorios se usa la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 4-9: Factor k por pérdidas de accesorios.

ACCESORIO	K	ACCESORIO	k
Rejilla de entrada	0,8	Tee con flujo en línea recta	0,1
Válvula de pie	3	Tee con flujo en ángulo	1,5
Entrada cuadrada	0,5	Tee con salida bilateral	1,8
Entrada abocinada	0,1	Válvula de co Inpuerta abierta	5
Ampliación gradual	0,3	Válvula de ángulo abierta	5
Ampliación brusca	0,2	Válvula de globo abierta	10
Reducción gradual	0,25	Válvula de retención	2,5
Reducción brusca	0,35	Válvula de mariposa abierta	0,24
Codo corto de 90°	0,9	Boquillas	2,75
Codo corto de 45°	0,4	Controlador de gasto	2,5
Codo largo de 90°	0,4	Medidor Venturi	2,5
Codo largo de 45°	0,2	Bifurcación	0,1
Codo largo de 22 - 30°	0,1	Pequeña derivación	0,03

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Fuente: (Chuquín et al., 2019, p.60)

Se realiza el cálculo de las pérdidas secundarias en base a los accesorios que se utilizan en el sistema.

Tabla 4-10: Factor k para accesorios en la succión.

Accesorios	Cantidad	Pérdida (k)
Unión universal	1	0,24
Tee	1	1,50

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

$$\sum K_m = 0,24 + 1,50$$
$$\sum K_m = 1,74$$

Teniendo los datos necesarios para el cálculo de la pérdida de energía en la succión se obtiene el siguiente resultado:

$$H_{rs} = \left(\lambda * \frac{L_s}{D_{is}} + \sum k_m \right) * h_{vs} \quad (13)$$
$$H_{rs} = \left(0,034 * \frac{0,35 \text{ m}}{0,0287 \text{ m}} + 1,74 \right) * 0,10 \text{ m}$$
$$H_{rs} = 0,22 \text{ m}$$

La cabeza estática de succión será el resultado de las pérdidas que tiene el sistema en la succión, es decir desde el tanque de almacenamiento hasta la bomba, esta pérdida es la suma de todas las anteriores, se emplea la ecuación 8.

$$h_s = -1,05 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,22 \text{ m}$$
$$h_s = -0,73 \text{ m}$$

Cálculos de pérdidas en la descarga

Estas pérdidas también son llamadas secundarias, aquí se realiza el mismo procedimiento que en las pérdidas primarias diferenciándose que se tendrá más accesorios y la longitud de la tubería. Los cálculos se realizan desde el equipo de bombeo hasta la salida del líquido, en este caso las boquillas de los aspersores que se encuentra dentro de la mezcladora obteniendo así los datos.

$$h_d = h_{ed} + h_{vd} + H_{rd} \pm h_{pmd} \quad (14)$$

Dónde:

hed = cabeza o columna estática de descarga

hvd = cabeza o columna de velocidad en la descarga

Hrd = pérdidas de energía en la descarga

hpmd = cabeza de presión en la descarga

Se tendrá una cabeza estática de descarga de 2,4 metros siendo la longitud que existe desde la salida del fluido hasta la altura máxima a la que se elevará el fluido durante el bombeo.

El diámetro exterior de la tubería de hierro galvanizado será de 3/4 pulgadas y el diámetro interior de 22,3 mm. La cabeza de presión en la descarga será 0 ya que el tanque se encuentra abierto a la atmósfera. La rugosidad absoluta del hierro galvanizado es de 0,15 mm.

Se calcula la velocidad que tendrá el fluido.

$$Q = V * A \quad (15)$$

$$V = \frac{Q}{\pi * r^2}$$
$$V = \frac{0,000917 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * \left(\frac{0,0223 \text{ m}}{2}\right)^2}$$
$$V = 2,35 \text{ m/s}$$

Se calcula la cabeza o columna de velocidad en la descarga dándonos el siguiente resultado:

$$h_{vd} = \frac{V_s^2}{2g} \quad (16)$$
$$h_{vd} = \frac{(2,35 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$
$$h_{vd} = 0,28 \text{ m}$$

Para las pérdidas de energía en la descarga se utilizan datos del coeficiente de fricción, número de Reynolds, la longitud de la tubería y las pérdidas secundarias.

$$Re = \frac{(VD_i)}{v} \quad (17)$$

$$Re = \frac{\left(2,35 \frac{m}{s} * 0,0223 m\right)}{1,141 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 45929,00$$

Coefficiente de rozamiento.

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon/d}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} \quad (18)$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{1,5 \times 10^{-4} m / 0,0223 m}{3,7} + \frac{5,74}{45929^{0,9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = 0,035$$

Longitud de la tubería de descarga

$$L_{ds} = 2,30 m + 1,60 m + 1,65 m + 2,50 m = 8,05 m$$

Se calculan las pérdidas secundarias en la descarga tomando en cuenta cada accesorio que se tiene.

Tabla 4-11: Factor k para accesorios en la descarga.

Accesorios	Cantidad	Pérdida (k)	k Total
Codo 90°	4	0,90	3,6
Unión universal	2	0,24	0,48
Válvula check	1	2,50	2,50
Tee	4	1,5	4
Reducción gradual	5	0,25	1,25
Codo corto de 45°	5	0,4	2
Aspersores	5	2,75	13,75

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

$$\sum K_m = 3,6 + 0,48 + 2,5 + 4 + 1,25 + 2 + 13,75$$

$$\sum K_m = 27,58$$

Se calcula las pérdidas de energía en la descarga teniendo los datos necesarios.

$$H_{rd} = \left(\lambda * \frac{L_s}{D_{is}} + \sum k_m \right) * h_{vd} \quad (19)$$

$$H_{rd} = \left(0,035 * \frac{8,05 \text{ m}}{0,0223} + 27,58 \right) * 0,28 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 11,26 \text{ m}$$

Cabeza o columna dinámica de descarga

$$hd = hed + hvd + Hrd \pm hpmd \quad (20)$$

$$hd = 2,4 \text{ m} + 0,28 \text{ m} + 11,26 \text{ m}$$

$$hd = 13,94 \text{ m}$$

Cálculo de la altura total de bombeo

Este valor será el real con el cual se selecciona la bomba, que deberá reunir todas las características adecuadas para que el sistema de dosificación de agua mediante aspersores sea óptimo. Obteniendo así el siguiente resultado:

$$TDH = h_s + h_d \quad (21)$$

$$TDH = -0,73 \text{ m} + 13,94 \text{ m}$$

$$TDH = 13,21 \text{ m}$$

Se aplicará un factor de seguridad del 15% al dato de la altura total de bombeo (TDH), por lo que el nuevo valor será:

$$TDH = 13,21 \text{ m} + 1,98 \text{ m}$$

$$TDH = 15,19 \text{ m}$$

Con base en los parámetros calculados, procedemos a efectuar la elección de la bomba, teniendo en cuenta la altura total de elevación en metros de columna de agua (mca) de 15,19 m y el caudal de 55 l/min.

Para una referencia detallada sobre este proceso, el Anexo D proporciona la selección específica de la bomba proveniente del fabricante Pedrollo, la cual satisface de manera adecuada los

requisitos establecidos para el sistema de dosificación. En este contexto, la opción seleccionada corresponde a la bomba JSW2C de Pedrollo, caracterizada por una potencia de 1 Hp y conexión 220V.



Ilustración 4-9: Bomba Pedrollo JET 220V.

Realizado por: Erazo B, Mainato H, 2023

4.4.1.1.3. Selección de accesorios hidráulicos

Una vez que se han realizado los cálculos necesarios, el siguiente paso consiste en seleccionar los accesorios que serán utilizados en el sistema de dosificación. Esta selección se basa en los resultados obtenidos para la potencia requerida, el caudal deseado y la altura necesaria.

La selección de los accesorios parte de la disponibilidad en el mercado y las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes, siendo el hierro galvanizado el material que brinda ciertos beneficios como: resistencia a la corrosión y altas presiones y durabilidad.

La calidad de los accesorios es otro aspecto fundamental en este proceso de selección. Se busca asegurar que los elementos escogidos sean duraderos y estén diseñados para cumplir con las exigencias del sistema de dosificación de agua. Además, se prestan especial atención a las especificaciones técnicas de los accesorios, garantizando que sean compatibles con los parámetros requeridos por el sistema.

Tabla 4-12: Accesorios hidráulicos.

Conexión de agua			
Accesorio	Cantidad	Figura	Especificaciones
Neplos roscables ¼"	5		Hierro galvanizado Ø= 1/2" Long= 4"

Unión universal roscada	2		Hierro galvanizado $\varnothing = 1" \rightarrow 1$ $\varnothing = 3/4" \rightarrow 1$
Válvula Check	1		Material: Bronce $\varnothing = 1"$
Codo de 90° de 1"	4		Hierro galvanizado 90° $\varnothing = 1" \rightarrow 1$ $\varnothing = 3/4" \rightarrow 3$
Tubo galvanizado de 1"x 3 m	1		Hierro galvanizado $\varnothing = 1"$
Tubo galvanizado de 1"x 6 m	1		Hierro galvanizado $\varnothing = 3/4"$
Tee	4		Hierro galvanizado $\varnothing = 3/4"$
Bushing	6		Hierro galvanizado $\varnothing = 3/4" \times 1/2" \rightarrow 5$ $\varnothing = 1" \times 3/4" \rightarrow 1$
Reductor	5		Hierro galvanizado $\varnothing = 1/2" \times 1/4"$

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4.1.2. *Diseño del circuito eléctrico*

En relación con el diseño eléctrico, se detallan los pasos a seguir y los componentes involucrados en el proyecto en lo que respecta a la parte eléctrica. Se pone especial énfasis en el accionamiento y en los elementos relacionados con el funcionamiento del sistema de aspersión.

El diseño electrónico adquiere una importancia fundamental, ya que sirve como base para la selección precisa de los componentes necesarios, las protecciones requeridas en relación con el amperaje y voltaje a soportar, permitiendo así gestionar de manera óptima el flujo de energía que activará el motor de la bomba y, por ende, el sistema de control que facilitará el trabajo.

Sección de potencia

El circuito eléctrico comienza con la conexión de dos líneas de alimentación: la fase (L) y el neutro (N), que se conectan a un breaker o disyuntor (Q1). Este componente tiene la función de proteger el sistema eléctrico contra corrientes excesivas, como cortocircuitos o sobrecargas. Actúa como una salvaguardia que previene daños.

A continuación, se establece la conexión con un contactor (K1). Este dispositivo permite el flujo de energía hacia el relé térmico (F1). El relé térmico cumple la importante función de salvaguardar el sistema contra posibles fallos eléctricos y sobrecalentamiento. Si se detecta un aumento anormal de temperatura, el relé térmico desconecta el circuito, previniendo daños en el sistema. Finalmente, la corriente fluye hacia el motor de la bomba, que está listo para funcionar. La activación por medio de un pulsador permite que el circuito se complete y el motor entre en operación.

Sección de mando

Una vez concluida la instalación de los accesorios, se procede a poner en funcionamiento el sistema de aspersión. Se debe revisar la correcta instalación del sistema hidráulico y la existencia de líquido antes de encender la bomba.

Se inicia el proceso al presionar el pulsador S1 (N/A), que activa el contactor K1 y enciende el motor de la bomba, la misma que cumple la función de dosificar la mezcla. El pulsador S1 está conectado en paralelo con el contactor K1 (N/C) que al ser presionado da como resultado a un anclaje, lo que permite que el motor se ponga en marcha. Este proceso se indica mediante la luz

piloto verde (H1), que está conectada en paralelo con la bobina de K1. En otras palabras, la luz piloto verde se ilumina cuando el motor está en funcionamiento.

Para detener la operación, se utiliza el pulsador S0 (N/C). Al presionarlo, se desactiva el sistema y se enciende la luz piloto roja (H2), indicando que la bomba se ha detenido. La energía que alimentaba el indicador piloto verde (H1) se interrumpe, ya que al accionar S0, el flujo de corriente cambia de H1 a H2, desconectando la luz piloto verde y alimentando la luz piloto roja.

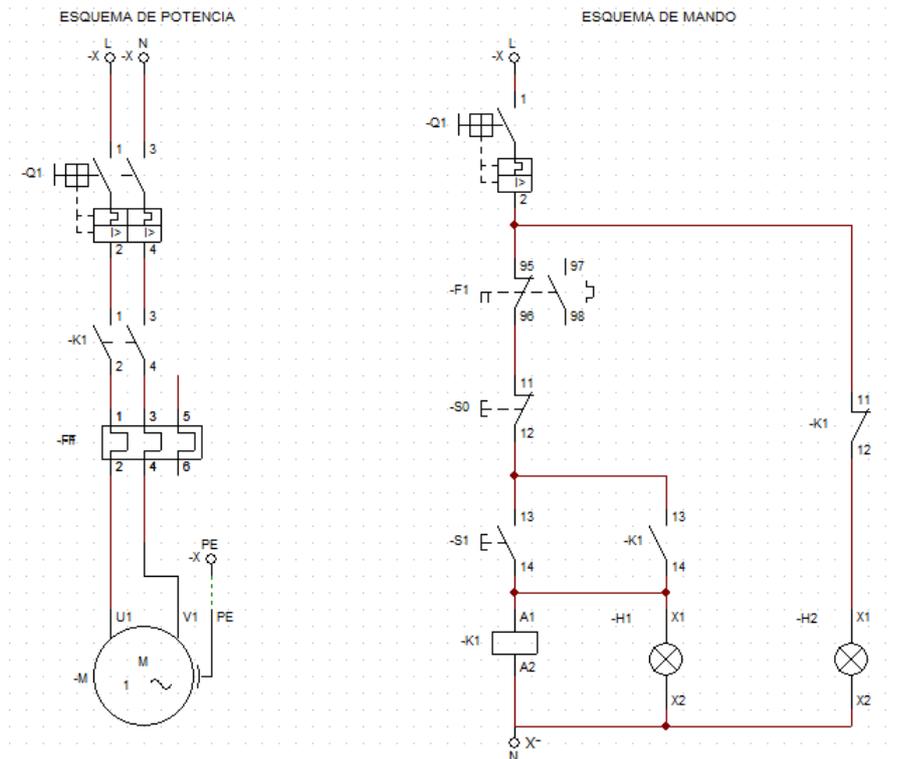


Ilustración 4-10: Esquema de instalación eléctrica.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4.1.2.1. Selección de accesorios electrónicos

Los accesorios se eligen cuidadosamente en función de los requisitos específicos de la bomba. Para garantizar su correcto funcionamiento, se opta por implementar protecciones que eviten daños a los equipos en caso de condiciones anormales, como cortocircuitos y sobrecargas.

Este proceso de selección se lleva a cabo considerando varios factores cruciales. Uno de ellos es la fuente de alimentación de 220V que abastece el sistema. Además, de hacer uso un cable de condiciones óptimas para asegurar el correcto funcionamiento. Este enfoque no solo minimiza las pérdidas de energía y la caída de tensión, sino que también previene el calentamiento excesivo.

La elección de los accesorios no se limita solo a cuestiones técnicas. También se basa en criterios como la calidad de los productos, el conocimiento del mercado y las condiciones operativas requeridas. Todas estas consideraciones son importantes para poner en marcha el sistema y garantizar el funcionamiento a largo plazo.

Tabla 4-13: Accesorios electrónicos.

Conexión eléctrica			
Accesorio	Cantidad	Figura	Especificaciones
Gabinete modular	1		Material: Acero al carbono Alto: 30 cm Ancho: 20 cm Largo: 15 cm
Luz piloto led verde y roja	2		Fabricante: SCHNEIDER Diámetro: 22mm AC/DC: 120-220 V
Pulsadores de paro y arranque	2		Fabricante: CAMSCO Modelo: FPB-BA1-2 Diámetro: 22 mm Funcion: NA
Contactador Fuerza	1		Fabricante: LG Modelo: GMC9 Corriente nominal: 9 A Tensión Nominal: 220 V
Relé Térmico	1		Fabricante: LS Modelo: GTK-22 Corriente nominal: 5-8 A Tensión Nominal: 220 V

Disyuntor principal	1		Fabricante: SCHNEIDER Modelo: EASY9 Corriente nominal: 16 A Tensión Nominal: 220 V
Disyuntor de control	1		Fabricante: LS Modelo: B-6914 Corriente nominal: 2 A Tensión Nominal: 220 V
Cable concéntrico 3 x 12	15 metros		Nº Conductores: 3 Calibre: 12 AWG

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.4.1.3. Nuevo sistema de dosificación

Se realiza la instalación de los accesorios hidráulicos y eléctricos luego de los cálculos realizados y la selección de los mismo en base a los requerimientos y necesidades que cumplirá el nuevo sistema. Para este proceso de instalación del nuevo sistema se siguió un proceso de actividades, las mismas que se describen a continuación:

Tabla 4-14: Instalación del nuevo sistema.

Actividades	Descripción	Evidencia
Desinstalación del sistema de dosificación inicial	Se retiró el sistema de dosificación inicial utilizado en el proceso de mezclado. Para llevar a cabo esta tarea, se comenzó retirando la tapa, lo que facilitó el proceso de desmontaje.	

<p>Ensamble del nuevo sistema</p>	<p>Seleccionados los accesorios hidráulicos y considerando el diseño se llevó a cabo el ensamble.</p>	
<p>Colocación de los aspersores</p>	<p>Basándose en la disposición y la selección de aspersores, se colocó los mismos teniendo en cuenta el caudal de cada uno, de manera que se instalaron en un patrón intercalado (8030-8040-8030) los 5 aspersores.</p>	
<p>Instalación de la bomba</p>	<p>Se instaló la bomba seleccionada en el sistema hidráulico y se realizó el cableado necesario para conectarla con el tablero de control encargado de poner en marcha el sistema.</p>	
<p>Instalación eléctrica</p>	<p>Se procedió a instalar los accesorios eléctricos, teniendo en cuenta la sección de control y potencia del diseño eléctrico como referencia.</p>	

<p>Prueba de funcionamiento</p>	<p>Una vez instalados los accesorios hidráulicos junto con la bomba y los aspersores, se procedió a poner en funcionamiento el sistema eléctrico para comprobar la funcionalidad del nuevo sistema de dosificación.</p>	
<p>Pintura del sistema instalado</p>	<p>Una vez confirmado que el nuevo sistema funcionaba correctamente, se procedió a pintar las tuberías de acuerdo con la norma NTE INEN 440, utilizando el color verde que esta especificada para identificar las tuberías de agua.</p>	
<p>Sistema de dosificación instalado</p>	<p>Después de completar todas las actividades, se confirma la instalación exitosa del nuevo sistema, listo para desempeñar su función en el proceso de mezclado.</p>	

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

El nuevo sistema de dosificación del agua permite la mejora en la cantidad de líquido agregado a la mezcla, se identifica la reducción de los tiempos de dosificación del agua, pasando de dosificar 55 Kg de mezcla (agua + tartrazina + inhimold) en un tiempo de 2,5 minutos a 1 minutos, lo que a su vez disminuye el tiempo total de mezclado de 6 minutos a 4,25 minutos. Este avance permitirá alcanzar una consistencia de mezcla superior, lo que contribuirá al proceso general de producción.

4.4.2. Demoras

Se produce una considerable demora en el proceso de mezclado debido a que los aditivos requeridos para elaborar un batch de alimento balanceado no se encuentran disponibles puntualmente. Para solucionar esta problemática, se propone anticipar la etapa de pesado de los microingredientes un día previo a su utilización.

Para lograr este objetivo, es esencial llevar a cabo una planificación de la producción a nivel semanal, de manera que se tenga una visión clara de las necesidades diarias y se puedan anticipar los pasos necesarios para garantizar un flujo de trabajo eficiente.

De esta manera, se optimizará el proceso de producción y se evitarán las demoras que surgen por la falta de preparación de los aditivos en el momento oportuno.



Ilustración 4-11: Aditivos en el área de mezclado.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

A continuación, se proporciona una hoja de producción semanal diseñada para facilitar el control de la producción, garantizando la disponibilidad constante de los microingredientes para las semanas subsiguientes. Esta herramienta no solo contribuirá al cumplimiento eficiente de los pedidos, sino que también optimizará la planificación a corto plazo, mejorando así la flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado.

Tabla 4-15: Hoja de producción semanal.

	BALANCEADOS NUTRITIVOS		
	PRODUCCIÓN SEMANAL		
	PLANTA DE PRODUCCIÓN 2		
DÍA	BALANCEADO	FECHA	TONELADAS
Lunes			
Martes			
Miércoles			
Jueves			
Viernes			
Responsable :			
Verificado por:			

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.5. Toma de tiempos mejorados

Después de implementar el sistema de dosificación del agua y la metodología 5S, se logró optimizar los tiempos del proceso productivo, centrándose en el proceso de mezclado. Estos cambios han resultado en una mejora notable en la eficiencia del proceso y calidad del producto. Teniendo un tiempo de ciclo promedio de 17,47 minutos para la producción de un batch.

En la Tabla 4-16 se detalla los nuevos tiempos cronometrados de acuerdo con el número de ciclos recomendados.

Tabla 4-16: Tiempos ciclo promedio mejorado.

Proceso Productivo										
Proceso	Tiempo de Ciclo (min)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mezclado	9,47	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92
Peletizado	25,49	25,58	25,59	25,70	25,70	25,54	25,50	25,58	25,59	25,70
Envasado	14,42	11,39	11,83	11,33	11,93	11,53	11,55	11,67	11,14	11,57
Total	49,38	17,31	17,75	17,25	17,85	17,45	17,47	17,59	17,06	17,49
Tiempo de ciclo promedio (min)							17,47			

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.5.1. Estandarización del proceso

Para calcular el tiempo estándar del proceso productivo se debe obtener el tiempo normal y tiempo suplementario. Cabe mencionar que para la estandarización se analizan únicamente los procesos en los que intervienen operarios, excluyendo completamente el proceso de peletizado debido a su automatización total.

4.5.1.1. Tiempo normal

La determinación del tiempo normal implica seguir ciertos pasos, siendo uno de ellos el cálculo previo del factor de valoración. Para obtener el factor de valoración global, se asignan calificaciones de habilidad, esfuerzo, condición y consistencia del operario. Luego, se suman las calificaciones respectivas y se agrega una unidad a la sumatoria obtenida tal como se muestra en la ecuación 2.

Una vez obtenido el factor de valoración, el tiempo normal se calcula multiplicando el tiempo observado (durante el proceso) por dicho factor, como lo indica la ecuación 3. Este resultado representa el tiempo estimado para completar la tarea bajo condiciones típicas y con un operario de rendimiento promedio.



Ilustración 4-12: Evaluación del desempeño laboral.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Tabla 4-17: Valoración del ritmo de trabajo.

VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO									
Proceso de Mezclado									
N°	Descripción de la actividad	Tiempo Observado (min)	Sistema Westinghouse				Total	FV=(1+S)	Tiempo Normal (min)
			Habilidad	Esfuerzo	Condición	Consistencia			
1	Pesaje de macroingredientes	1,33	-	-	-	-	0	1	1,33
2	Descarga de macroingredientes pesados	0,25	-	-	-	-	0	1	0,25
3	Adición manual de macro y micro ingredientes	0,89	0,03	0,02	0,02	-	0,07	1,07	0,95
4	Trasporte de ingredientes a la mezcladora	0,67	-	-	-	-	0	1	0,67
5	Mezcla en seco	0,75	-	-	-	-	0	1	0,75
6	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colorante)	4,25	-	-	-	-	0	1	4,25
7	Llenado de la tolva	1,33	-	-	-	-	0	1	1,33
Proceso de Envasado									
N°	Descripción de la actividad	Tiempo Observado (min)	Sistema Westinghouse				Total	FV=(1+S)	Tiempo Normal (min)
			Habilidad	Esfuerzo	Condición	Consistencia			
1	Tomar saco	2,96	0,06	-	-	-	0,06	1,06	3,14
2	Envasado (40 kg)	3,81	0,03	0,02	-	-	0,05	1,05	4,00
3	Cosido de sacos	4,76	0,03	-	-	-	0,03	1,03	4,90
4	Colocar en pallet	3,20	0,03	0,02	-	-	0,05	1,05	3,35

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.5.1.2. Tiempo suplementario u holguras

La determinación de tiempos suplementarios implica la asignación de períodos de tiempo adicionales para tener en cuenta posibles retrasos, variaciones en el proceso de producción o cualquier imprevisto que pueda ocurrir durante el proceso de producción.

Estos tiempos suplementarios se incorporan en el plan de producción para asegurar que, incluso si surgen problemas o contratiempos, el proceso no se vea afectado significativamente y se pueda mantener la eficiencia y productividad de la planta.

Las holguras se obtienen mediante la asignación de la puntuación, estos valores se obtienen de la Tabla 2-5. A continuación se determinan los tiempos suplementarios del proceso productivo.

Tabla 4-18: Tiempos suplementarios.

TIEMPOS SUPLEMENTARIOS U HOLGURAS							
Proceso de Mezclado							
N°	Descripción de la actividad	Holgura Constante		Holgura Variable			Total
		Holgura personal	Holgura por fatiga	Holgura por estar parado	Uso de fuerza	Monotonía	
1	Pesaje de macroingredientes	-	-	-	-	-	0
2	Descarga de macroingredientes pesados	-	-	-	-	-	0
3	Adición manual de macro y micro ingredientes	5	4	2	22	1	0,34
4	Trasporte de ingredientes a la mezcladora	-	-	-	-	-	0
5	Mezcla en seco	-	-	-	-	-	0
6	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colorante)	-	-	-	-	-	0
7	Llenado de la tolva	-	-	-	-	-	0
Proceso de Envasado							
N°	Descripción de la actividad	Holgura Constante		Holgura Variable			Total
		Holgura personal	Holgura por fatiga	Holgura por estar parado	Uso de fuerza	Monotonía	
1	Tomar saco	5	4	2	-	1	0,12
2	Envasado (40 kg)	5	4	2	-	1	0,12
3	Cosido de sacos	5	4	2	-	1	0,12
4	Colocar en pallet	5	4	2	22	1	0,34

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.5.1.3. Tiempo estándar

Una vez que se ha establecido el tiempo normal y los tiempos suplementarios requeridos, el siguiente paso implica calcular el tiempo estándar para el proceso productivo, para lograr esto, se aplica la ecuación 4.

En el cálculo del tiempo estándar, únicamente se consideran las actividades que aportan valor al proceso, es decir, aquellas que requieren la intervención directa de un operario. Es importante señalar que el proceso de peletizado, dado que es automatizado, no se incluye en este cálculo.

Tabla 4-19: Tiempo estándar.

TIEMPO ESTANDAR					
Proceso de Mezclado					
N°	Descripción de la actividad	Tiempo Observado (min)	Tiempo Normal (min)	Holguras	Tiempo Estandar (min)
1	Pesaje de macroingredientes	1,33	1,33	0,00	1,33
2	Descarga de macroingredientes pesados	0,25	0,25	0,00	0,25
3	Adición manual de macro y micro ingredientes	0,85	0,95	0,34	1,28
4	Trasporte de ingredientes a la mezcladora	0,67	0,67	0,00	0,67
5	Mezcla en seco	0,75	0,75	0,00	0,75
6	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colorante)	4,25	4,25	0,00	4,25
7	Llenado de la tolva	1,33	1,33	0,00	1,33
Proceso de Envasado					
N°	Descripción de la actividad	Tiempo Observado (min)	Tiempo Normal (min)	Holguras	Tiempo Estandar (min)
1	Tomar saco	2,96	3,14	0,12	3,51
2	Envasado (40 kg)	3,81	4,00	0,12	4,48
3	Cosido de sacos	4,76	4,90	0,12	5,49
4	Colocar en pallet	3,20	3,35	0,34	4,50
Tiempo estandar total (min)					19,40

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

El tiempo estándar para la producción de un batch (50 sacos) de balanceado después de implementar las mejoras es de 19,40 minutos.

4.6. Cálculo del Takt Time mejorado

Para realizar el contraste del Takt Time con el tiempo cronometrado luego de la mejora, se usará el tiempo Takt calculado en el apartado 3-13 (cálculo del takt time) que es de 16,80 minutos/batch.

Tabla 4-20: Takt time-Tiempo de producción observado.

Tiempos de ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo de producción	17,31	17,75	17,25	17,85	17,45	17,47	17,59	17,06	17,49
Takt time	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

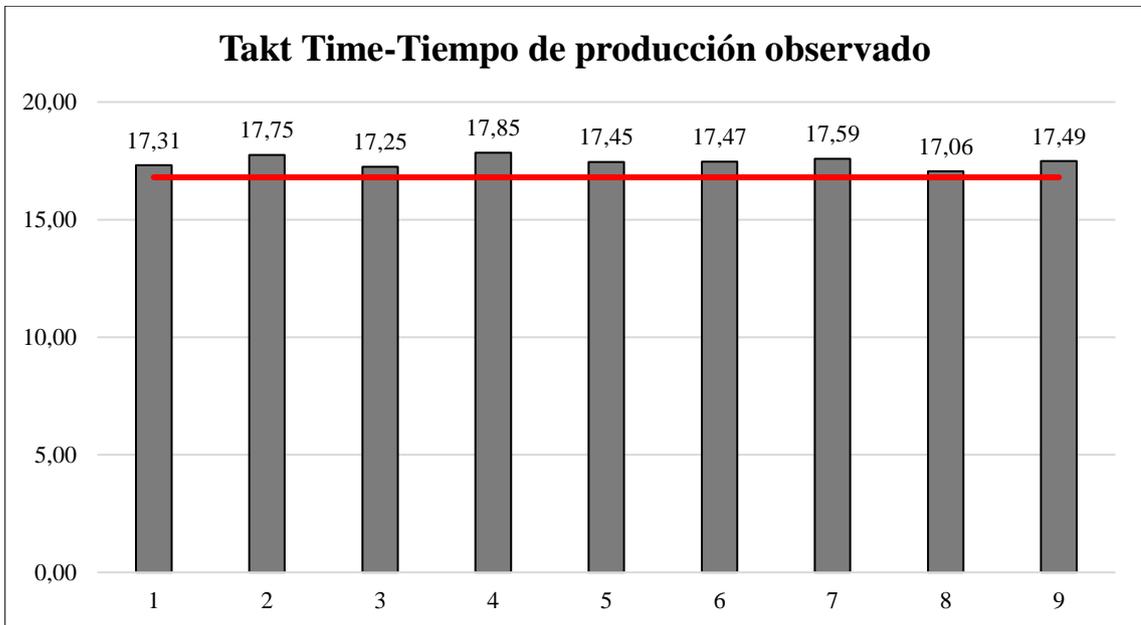


Ilustración 4-13. Gráfica Takt Time-Tiempo de producción observado.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

En la Ilustración 4-13 se puede observar los tiempos cronometrados frente al takt time calculado, los tiempos ciclos de producción disminuyen notablemente agilizando el proceso y disminuyendo las actividades que generan cuellos de botella.

4.7. Análisis de la producción mejorada

Con el tiempo estándar de producción de un batch obtenido en la Tabla 4-19 correspondiente a 19,40 min que equivalen a 0,32 horas, se produce 3,1 batchs en una hora.

$$Producción = \frac{60 \text{ minutos/hora}}{19,40 \text{ minutos/batch}}$$

$$Producción = 3,1 \text{ batchs/hora}$$

El cálculo de las unidades producidas en una hora se basa en el uso del valor decimal, que facilita la determinación de las unidades correspondientes a esa fracción, teniendo en cuenta que un batch equivale a cincuenta unidades.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ batch} \quad 50 \text{ sacos} \\ 0,1 \text{ batch} \quad x \end{array}$$

$$x = \frac{50 \text{ sacos} * 0,1 \text{ batch}}{1 \text{ batch}} = 5 \text{ sacos}$$

$$\text{Producción en unidades} = \left(\frac{50 \text{ sacos}}{1 \text{ batch}} * 3 \text{ batch} \right) + 5 \text{ sacos}$$

$$\text{Producción en unidades} = 155 \text{ sacos/hora}$$

Considerando la jornada de trabajo al día se tiene:

- Tiempo disponible: 7 horas/día

$$\text{Producción día} = 155 \text{ sacos/hora} * 7 \text{ horas/día}$$

$$\text{Producción día} = 1085 \text{ sacos/día}$$

Se determina que en una jornada laboral de 7 horas de trabajo la empresa produce 1085 sacos de alimento balanceado.

Tras la implementación de la mejora, se observa un aumento en la producción diaria, pasando de 969 unidades a 1085 unidades. En otras palabras, la producción aumentó en 116 unidades por día.

4.8. Análisis de ingresos

Para llevar a cabo el análisis de ingresos basados en la producción, se trabajó con datos proporcionados por la empresa correspondiente al saco de alimento balanceado “Crecimiento Pollos Minipellet Camperito”, con un margen de beneficio estimado por unidad del 5% y un precio de venta al público al por mayor de \$25,35. El costo unitario por producir un saco fue de \$24,08, obteniendo una ganancia bruta de \$1,27 por unidad.

Es importante destacar que esta información fue proporcionada por la empresa y está sujeta a estimaciones. Dado que involucra valores monetarios, la empresa ha mantenido la confidencialidad, lo que llevó a que la información proporcionada sea un valor aproximado en relación con las condiciones del mercado que puedan surgir.

A continuación, se emplean las unidades calculadas de producción antes y después de implementar las mejoras en el proceso productivo.

Para cuantificar las ganancias en relación con los ingresos y las mejoras en la producción, se procede multiplicando el valor de la ganancia bruta del saco de alimento balanceado por la cantidad de unidades producidas diariamente.

La fórmula correspondiente se presenta a continuación:

$$\text{Ingresos} = \text{Ganancia Bruta} * \text{Producción} \quad (22)$$

4.8.1. Ingresos iniciales

- Costo Unitario: \$ 25,35
- Ganancia bruta: \$1,27
- Producción al día: 969 unidades/día

$$\text{Ingresos} = \$ 1,27 * 969 \text{ unidades}$$

$$\text{Ingresos} = \$ 1230,63$$

4.8.2. Ingresos actuales

- Costo Unitario: \$ 25,35
- Ganancia bruta: \$1,27
- Producción al día: 1085 unidades/día

$$\text{Ingresos} = \$ 1,27 * 1085 \text{ unidades}$$

$$\text{Ingresos} = \$ 1377,95$$

Al analizar los ingresos en relación con las 116 unidades adicionales producidas, se identifica un beneficio costo-producción de \$147,32 diarios. Extrapolando estos resultados a lo largo de un mes laboral de 20 días, se estima un aumento total de ganancias de \$2,946,4. Esta cifra representa la ganancia adicional obtenida en comparación con la producción inicialmente calculada.

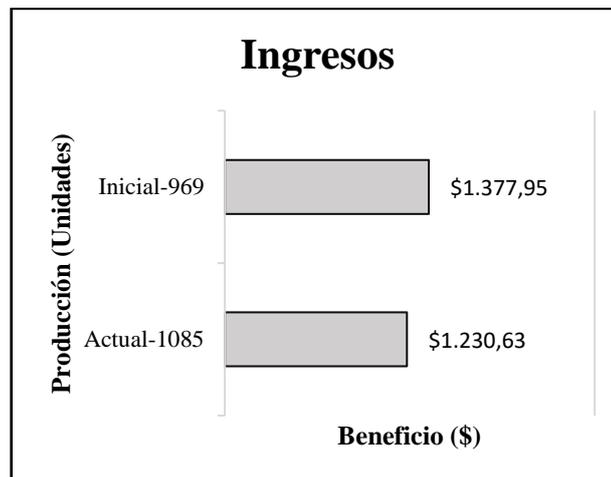


Ilustración 4-14. Comparación costo-producción.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.9. VSM actual

Tras la implementación de las mejoras, se realizó el VSM mejorado. En este análisis, se pudo apreciar una notable disminución en el tiempo del proceso productivo, acompañada de la reducción de demoras y la eliminación de procesos innecesarios.

La introducción de la metodología 5S ha organizado el entorno de trabajo de manera más efectiva, eliminando elementos innecesarios y asegurando que todas las herramientas y materiales estén dispuestos de manera óptima para agilizar el proceso, lo cual resultó en una mayor facilidad para llevar a cabo las actividades del proceso productivo.

Además, la implementación de un nuevo sistema de dosificación de agua mediante aspersores contribuyó significativamente a la reducción del tiempo de producción y a la obtención de productos de una calidad superior. Estos cambios culminaron en la obtención de nuevos y mejorados valores para el VSM.

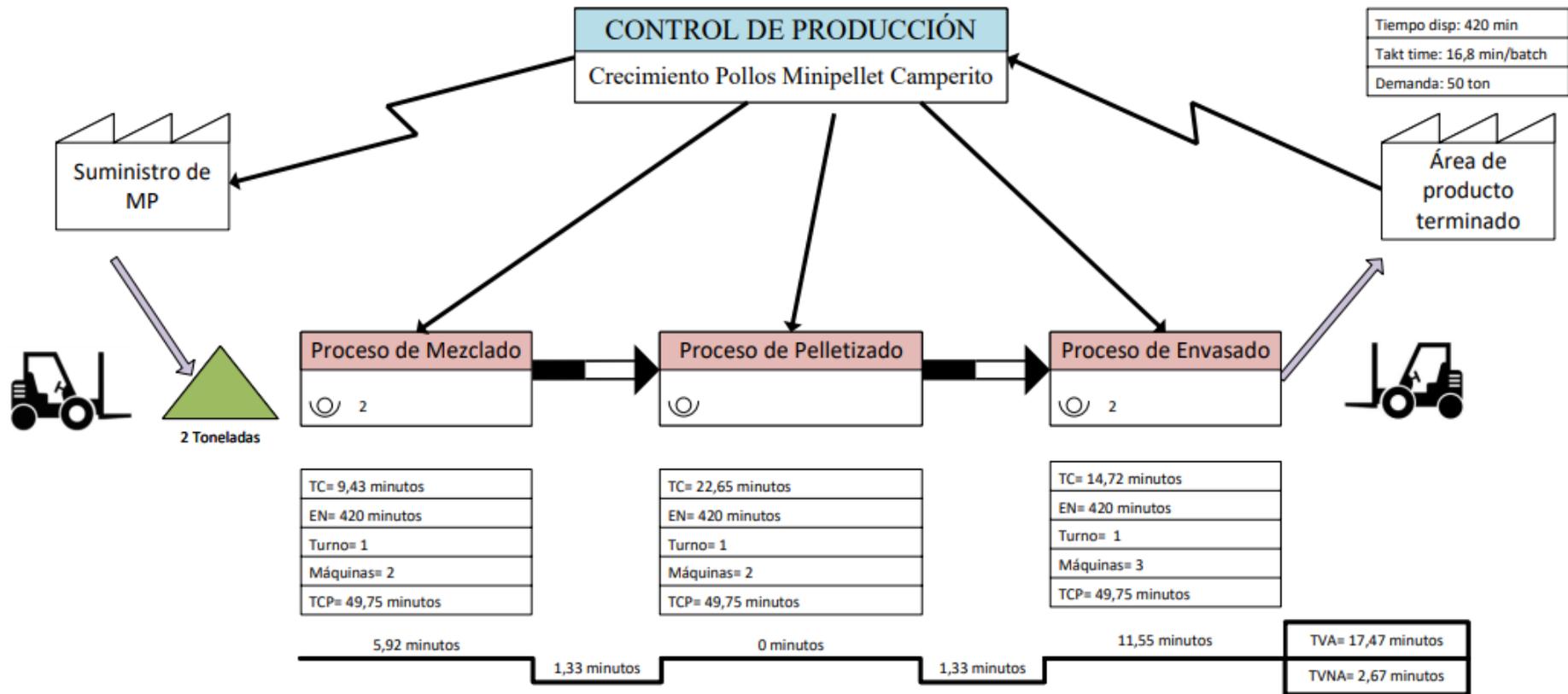


Ilustración 4-15: VSM Actual.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.10. Análisis comparativo

Se lleva a cabo una comparación en el proceso productivo para la producción de alimento balanceado crecimiento pollos minipellet camperito de los tiempos de ciclo, la producción y los costos en relación con las mejoras implementadas tanto en la aplicación de las herramientas 5S como en la adopción del nuevo sistema de dosificación del agua en el proceso de mezclado. Estas mejoras han desempeñado un papel crucial en la obtención de resultados positivos y mejoras sustanciales en el proceso productivo.

4.10.1. Metodología 5'S

Una vez realizado el análisis final respecto a la metodología 5'S se tiene la comparación con las 5'S iniciales dando como resultado:

Tabla 4-21: Comparación 5'S.

Comparación inicial y final de las 5'S			
Herramienta	Inicial	Final	Mejora
Seiri	64%	80%	16%
Seiton	56%	76%	20%
Seiso	45%	75%	30%
Seiketsu	68%	76%	8%
Shitsuke	56%	84%	28%

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

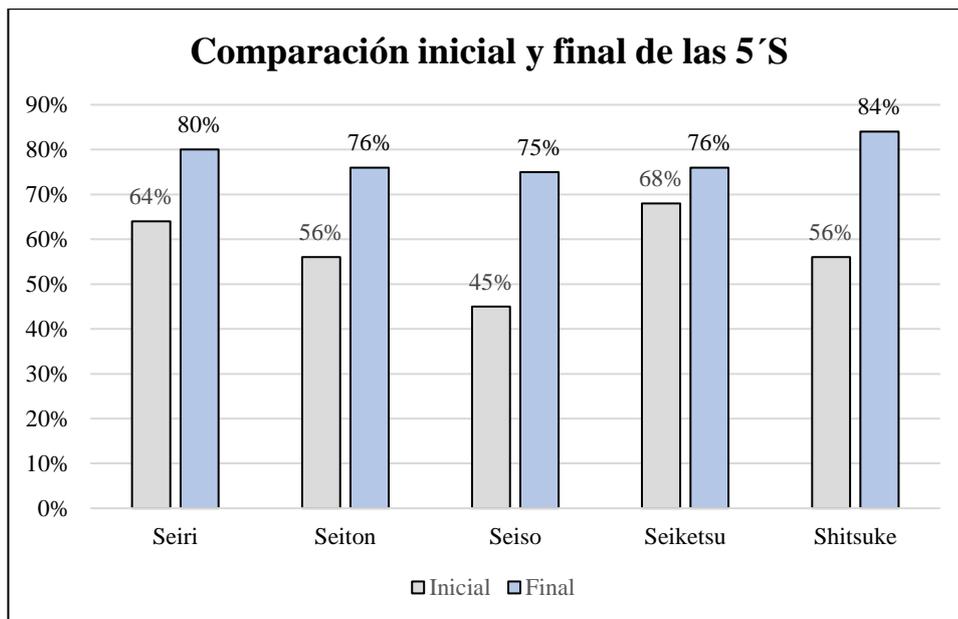


Ilustración 4-16: Comparación 5'S.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

Como se observa en la Ilustración 4-16 al aplicar las 5'S en el proceso productivo, la mejora del análisis inicial con relación a la actual es de seis: seiso 16%, seiton 20%, seiri 30%, seiketsu 8% y shitsuke 28% en sus procesos, con lo que se concluye que la aplicación de la herramienta 5'S existen mejoras notables en la reducción de desperdicios, la facilidad de acceder a las herramientas, la reducción de los errores lo que a su vez promueve una cultura de mejora continua.

4.10.2. Producción

En el análisis inicial del proceso productivo, se registró un tiempo ciclo de 21,61 minutos para la producción de un batch compuesto por 50 sacos de 40 kg cada uno. Esto resultó en una producción de 969 sacos durante una jornada laboral de 7 horas. Al comparar el takt time establecido en 16,8 min/batch con el tiempo de ciclo medido, se observa una notable disparidad, indicando la presencia de tiempos prolongados en el proceso.

Esta discrepancia conduce a la conclusión de que ciertas actividades estaban ocasionando demoras significativas en el flujo de trabajo. Por lo tanto, se llegó a la determinación de que se necesitaban ajustes en el proceso para optimizar su eficiencia y reducir los tiempos de ciclo. Luego de implementar las mejoras se obtuvo un tiempo estándar de producción de 19,40 min, es decir, se produce 3,1 batches por hora, en la jornada laboral se producen 1085 sacos. En otras palabras, la producción aumento en 116 unidades al día.

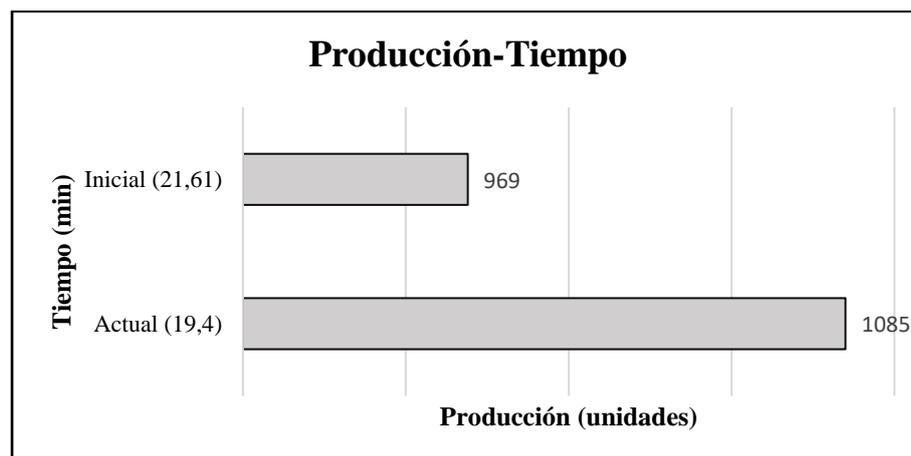


Ilustración 4-17: Comparación de la producción.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.10.3. Peletizado

Después de la implementación de mejoras relacionadas con el cambio en el sistema de dosificación de líquido, se logró una reducción en los tiempos de producción. Esto se reflejó en la disminución del tiempo de mezclado y el aumento del rendimiento en el proceso de peletizado. Con la mejora en la mezcla, se pasó de peletizar en 24 minutos el batch con un rendimiento del 60% a trabajar a un rendimiento del 65%, reduciendo el tiempo necesario a 22.15 minutos de peletizado.

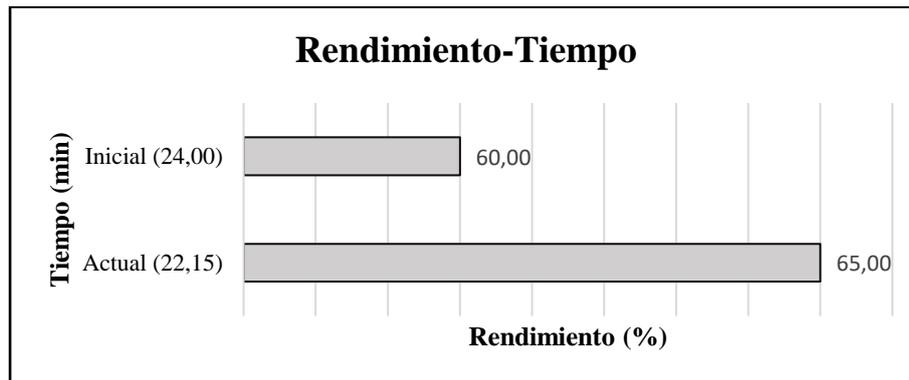


Ilustración 4-18: Rendimiento del proceso de peletizado.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

4.10.4. Ingresos

Con la reducción del tiempo de mezclado de 6 minutos a 4,25 minutos se agilizó el proceso productivo obteniendo mayor producción con los mismos recursos, como resultado se obtuvo un tiempo de ciclo estándar de 19,40 minutos por batch. En una misma jornada laboral, la producción al día pasó a 1085 unidades, lo que representó una mejora de 116 unidades diarias, esto generó un beneficio adicional de \$147,32.

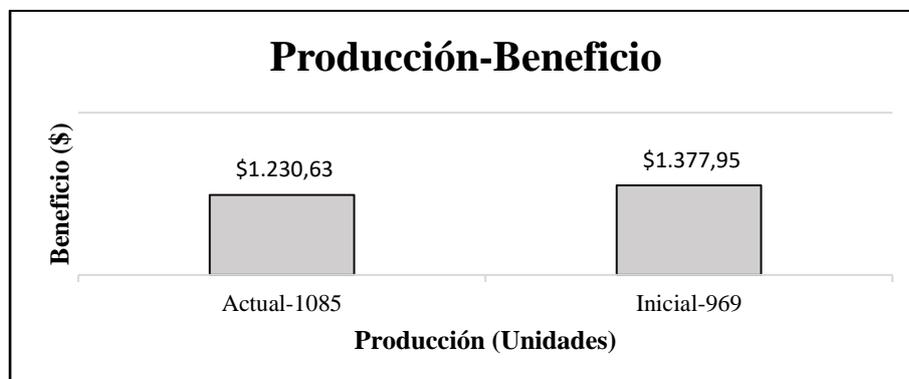


Ilustración 4-19: Comparación ingresos.

Realizado por: Erazo, B & Mainato, H. 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se diagnosticó la situación actual en del proceso productivo mediante el diagrama de mapeo de valor (VSM) en el cual se pudo identificar desperdicios que impactaban negativamente en la producción, entre ellos sobreprocesos en el área de mezclado y demoras en el área de pesaje de microingredientes lo que resultaban en un exceso de tiempo de operación en comparación con el takt time, una producción insuficiente con respecto a la demanda requerida, y la carencia de limpieza y orden en los distintos puestos del proceso productivo.
- En el análisis del proceso productivo inicial, se evidenció una falta de organización y planificación en la producción, lo que ocasionaba demoras sustanciales. La ausencia de un sistema de producción estructurado generaba interrupciones en la producción a raíz de pedidos repentinos. Además, el sistema de inyección inicial, caída por chorro, resultaba en demoras debido a la incapacidad de lograr una mezcla homogénea eficiente, incrementando el tiempo requerido para la etapa de mezcla. Para abordar estos desafíos, se llevaron a cabo mejoras técnicas significativas. La introducción de hojas de producción permitió una planificación y organización más efectiva de la producción, reduciendo las interrupciones y optimizando la capacidad de cumplir con los plazos de entrega. La implementación del nuevo del sistema de dosificación del agua por medio de aspersores desempeñó un papel fundamental al disminuir los tiempos de mezcla, una mayor calidad de la mezcla y un aumento en el rendimiento del proceso de peletizado.
- Se implementaron las herramientas de las 5'S con el objetivo de mejorar la organización, eficiencia y cultura de la empresa. A través de la evaluación inicial del *checklist*, se determinó el grado de cumplimiento de los pilares clave. Esto permitió identificar áreas que requerían intervención para mejorar la imagen de la empresa, el orden, la limpieza, la seguridad y la cultura organizacional. Como resultado, se logró un aumento significativo en los niveles de cumplimiento. La tasa de cumplimiento de 'Seiso' aumentó del 45% al 75%, mientras que 'Seiton' pasó del 52% al 76%. Estos dos parámetros, que inicialmente tenían porcentajes más bajos, mostraron mejoras notables. Además, a través de la capacitación de los operarios en relación con las 5'S, se logró una mejor coordinación en sus actividades y la mantención de sus áreas de trabajo en condiciones más limpias y el compromiso de mejora continua con la empresa.

- La implementación del nuevo sistema de dosificación de agua con aspersores ha tenido un impacto positivo en la reducción del tiempo de mezclado de 6 minutos a 4,25 minutos. Estos ajustes en el proceso han generado una mejora sustancial en los tiempos de producción, ya que el tiempo inicial de 21,61 minutos por batch se ha reducido a 19,40 minutos, lo que se traduce en la producción de 116 sacos de balanceado adicionales al día. Como resultado, la producción de la empresa ha aumentado en un 12%, pasando de producir 2,77 batchs por hora a 3,1 batchs por hora. Estos datos confirman de manera contundente los beneficios de esta implementación en términos de eficiencia y calidad del producto final, respaldando la decisión de adoptar este nuevo sistema.

5.2. Recomendaciones

- Se propone la aplicación de principios Kaizen al sistema de dosificación de aceite mediante aspersores, con el objetivo de potenciar el rendimiento de la peletizadora tanto en términos de eficiencia temporal como en la calidad del producto. Esta iniciativa busca integrar ideas similares a las desarrolladas en el trabajo de investigación actual, con el fin de optimizar el proceso y lograr mejoras significativas en la producción.
- Estudiar el proceso de peletizado, puesto que sería el nuevo cuello de botella de sistema si se llegase a implementar la herramienta de inyección de aceite por aspersores, además de la tolva de almacenamiento del producto mezclado.
- Realizar evaluaciones continuas de las mejoras implementadas, ajustando y refinando el proceso a medida que se recopilan más datos y se identifican nuevas oportunidades de mejora.
- Fomentar una cultura en la empresa que incentive la innovación y el progreso continuo motivando a los empleados a compartir sus ideas y sugerencias para mejorar los procesos de forma regular.
- Proporcionar a los operarios la capacitación necesaria sobre las 5S y los principios Lean Manufacturing, asegurándose de que comprendan los beneficios de mantener un lugar de trabajo organizado y eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDRADE JARAMILLO, Ariel Alexander.** Mejora de los procesos productivos en la línea de cocinas y hornos mediante Lean Manufacturing en la Empresa “Lincoln” de la ciudad de Riobamba [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial. Ecuador. 2022. pp.38-98 [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/18247>.
2. **BENITES LLENERA, Sandra Paola & CATAÑEDA LEON, Roy Niler.** Implementación de Lean Manufacturing sobre la Productividad en el Proceso de Extrusión de una Empresa Productora de Alimento Balanceado Acuícola en Trujillo 2019 [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Perú. 2021. pp.65-98. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27810>.
3. **CALDERON SANCHEZ, Kelly Elizabeth & CHAVEZ CHACON, Johanna Rosemary.** Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad en el área de operaciones de la empresa Avícola Virgen del Cisne S.A.C., 2019 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Perú. 2020. pp. 12-18. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52643>
4. **DUMSER, Johann.** *EL MAPA DEL FLUJO DE VALOR: Los secretos de la herramienta clave de Lean Manufacturing* [en línea]. 50Minutos.es, 2017. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/misajeljimenez/el-mapa-del-flujo-de-valor-johann-dumserpdf>
5. **FUENTES ARENAS, Emersson Gabriel.** Análisis e Implementación de Lean Manufacturing Para Mejorar la Productividad y Control de Planta en una Empresa Productora de Alimentos Balanceados Para Cerdos, Aves y Cuyes. 2019 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Perú. 2017. pp.17-86. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6982>.

6. **GARCÍA CANTÓ, Mónica & AMADOR GANDIA, Antonio.** “Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM)”. Dialnet [en línea], 2019, 8 (2), pp. 68-83. [Consulta: 2 mayo 2023]. ISSN 2254-4143. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6979235>
7. **GARCÍA CRIOLLO, Roberto.** *Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo* [en línea]. 2a ed. México: Mc Graw Hill, 2014. [Consulta: 13 junio 2023]. Disponible en: https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf.
8. **GUAMAN, Ángel; et al.** *SIX SIGMA-Pasos para la mejora continua de procesos.* [en línea]. Ecuador: CIDE Editorial, 2023. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/2384>
9. **GUEVARA, John; et al.** *Lean Manufacturing Modelos y herramientas* [en línea]. Pereira-Colombia: Editorial UTP, 2022. [Consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b5ad2e22-e1fe-45ba-b872-54ea0d9817fd/content>.
10. **HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos & VIZÁN IDOPE, Antonio.** *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* [en línea]. Madrid-España: Escuela de Organización Industrial, 2013. [Consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313931573_Lean_Manufacturing_Conceptos_tecnicas_e_implantacion/link/58b02043aca2725b5413a0b1/download
11. **MONSERRATE SOLANO, Gilson Emilio & LONDON QUISHPI, Jenifer Paulina.** Implementación de herramientas Lean Manufacturing: VSM, KAIZEN, 9’S, para el mejoramiento de la productividad en la Empresa de Balanceados AVICOPROEC [en línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Ecuador. 2022. pp.28-28. [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18240>.
12. **MOSQUERA GUAMANQUISPE, Patricio Germán.** Manufactura esbelta para el mejoramiento en la planta de producción de la Empresa Bioalimentar Compañía Limitada [en línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Ecuador. 2020. pp.35-70. [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31793>.

- 13. NIEBEL, Benjamin & FREIVALDS, Andris.** *Ingeniería Industrial de Niebel: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo* [en línea]. 12 ed. Mc Graw Hill, 2014. [consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9_Metodos%20estanda-res%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf
- 14. ORTEGA, M. & VACA, H.** Filosofía lean y gerencia de operaciones: El caso de las empresas de Ambato, Ecuador. [En línea] Available at: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/819/627> [Último acceso: 20 Abril 2023].
- 15. PALACIOS ACERP, Luis Carlos.** *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos* [en línea]. Ecoe Ediciones, 2016. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/Ingenier%C3%ADa_de_m%C3%A9todos.html?hl=es&id=S6YwDgAAQBAJ.
- 16. RAJADELL CARRERAS, Manuel & SÁNCHEZ GRACÍA, José Luis.** *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad* [en línea]. Madrid-España: Díaz de Santos, 2010. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1R2xgsdmdUoC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Lean+Manufacturing:+La+evidencia+de+una+necesidad&ots=K8JpJ69fxU&sig=SvKnoGdQs_LnQF0Uirz6Y0XW19E#v=onepage&q=Lean+Manufacturing%3A+La+evidencia+de+una+necesidad&f=false.
- 17. SOCCONINI, Luis.** *El sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios* [en línea]. Barcelona: Grupo Editorial Norma, 2019. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/eccisp/detail.action?docID=5885237>.
- 18. VILANA ARTO, José Ramón.** *Fundamentos del Lean Manufacturing* [en línea]. España: Escuela de organización industrial, 2010. Disponible en: https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/eoi_mbapt_leanmanufacturing.pdf.

ANEXOS

ANEXO A: TIEMPOS DE CICLO DEL PROCESO PRODUCTIVO

PROCESO DE MEZCLADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Pesaje de macroingredientes	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
2	Descarga de macroingredientes pesados	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
3	Adición manual de macro y micro ingredientes	1,35	1,47	1,52	1,55	1,49	1,38	1,42	1,46	1,50	1,55	1,47
4	Trasporte de ingredientes a la mezcladora	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
5	Mezcla en seco	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
6	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colorante)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
7	Traslado a la tolva de peletizado	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Tiempo Total		11,68	11,80	11,85	11,88	11,82	11,71	11,75	11,79	11,83	11,88	11,80
PROCESO DE PELETIZADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Peletizado	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24,00
2	Enfriado	3	2,65	2,87	2,91	3,01	2,74	2,67	2,49	2,65	2,87	2,79
3	Descarga del balanceado enfriado	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
4	Traslado a la tolva de envasado	0,58	0,63	0,62	0,70	0,58	0,57	0,53	0,67	0,56	0,63	0,61
Tiempo Total		27,63	27,33	27,54	27,66	27,64	27,36	27,25	27,21	27,26	27,55	27,44
PROCESO DE ENVASADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Tomar saco	3,46	3,75	3,96	3,86	3,92	3,73	3,46	3,57	3,61	3,44	3,68
2	Envasado (40 kg)	4,35	4,56	4,67	4,34	4,58	4,54	4,63	4,66	4,65	4,53	4,55
3	Cosido de sacos	5,67	5,82	5,79	5,36	5,76	5,58	5,63	5,45	5,67	5,97	5,67
4	Colocar en pallet	3,24	3,32	3,22	3,15	2,50	2,58	3,51	4,16	3,29	4,03	3,30
Tiempo Total		16,72	17,45	17,64	16,71	16,76	16,43	17,23	17,84	17,22	17,97	17,20

CC Series Flat Fan Nozzle

CC series flat fan nozzle Series



Small capacity (CC)
1/8"-1/4"
NPT or BSPT(male)



Medium capacity (CC-N)
1/8"-3/4"
NPT or BSPT(male)



Large capacity (CC-M)
1"-2"
NPT or BSPT(male)



With strainer (CC-L)
1/8"-1/4"
NPT or BSPT(male)

Design features

CC flat fan spray nozzles feature a high impact solid stream or a flat fan spray pattern with the spray angles between 0°-110°.

They produce a uniform distribution of small to medium sized drops. Properly aligned, the specially tapered spray edges make a evenly coverage.

CC and CC-L series nozzles have external piping thread connector and their flow rate are lower than 3.9 l/min at 3 bar. Inner strainer is available for CC-L Series nozzle with male connector only.

Standard flow rates of CC-N and CC-M Series are 3.9 l/min or larger at 3 bar. All have external piping thread connector.



Common application

- Chemical cleaning
- Product washing /rinsing
- Pressure cleaning
- cooling and quenching
- Fire suppression / prevention
- Fire fighting
- Net blanket low pressure cleaning
- Spray coating
- Roller and scraper ordering

Fan ceramic core



CCTC

Fan tungalloy



CTCK

Jet stabilizer for reducing turbulence



ordering info

Jet stabilizer type

CY21370-SS-1/8x1/8

Jet stabilizer type

Material code

Connection dimension

ordering info

CC 1/4-SS 6505

Nozzle type Inlet size Material code Capacity size
 Remark:
 BRASS
 SS-stainless steel
 316SS-316 stainless steel

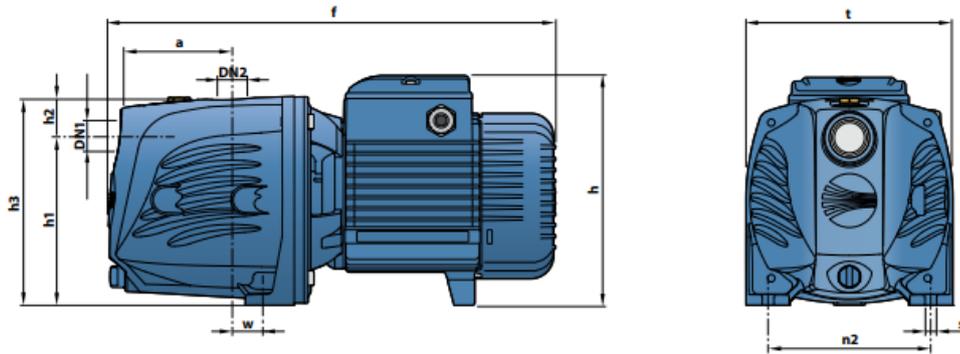
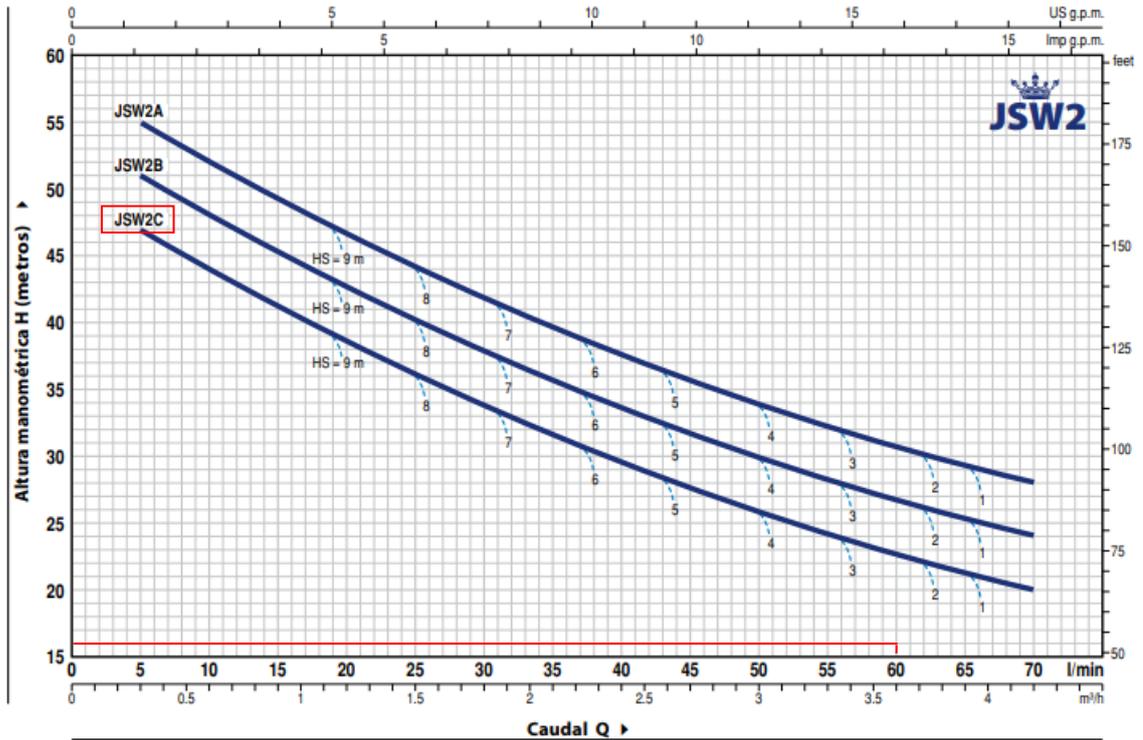
Jet stabilizer type

Jet stabilizer for reducing turbulence number	Inlet Conn. NPT or BSPT	Nozzle Inlet Conn. NPT or BSPT(In)	High(mm)	Net weight (kg)
CY21370-1/8x1/8	1/8	1/8	19	0.007
CY21370-1/4x1/4	1/4	1/4	24	0.01
CY21370-3/8x3/8	3/8	3/8	27	0.03
CY21370-1/8x1/8	1/2	1/2	32	0.05
CY21370-1/2x1/2	3/4	3/4	38	0.10
CY21370-1x1	1	1	46	0.18
CY21370-1 1/4x1 1/4	1 1/4	1 1/4	57	0.33

Design features

Jet stabilizers installed in the heads of flat fan spray nozzle increase the spray distance and the durative power. When spray nozzles are installed on T-shape pipe, branching pipe or bend pipe and the fluid swerve into the nozzle, turbulence occurs, which diffuses the jet flow. The stabilizer minimize the diffusion and concentrate the jet flow through a thinner and stabler way, offering a better performance in jet distance and durative power.

ANEXO D: SELECCIÓN DE LA BOMBA



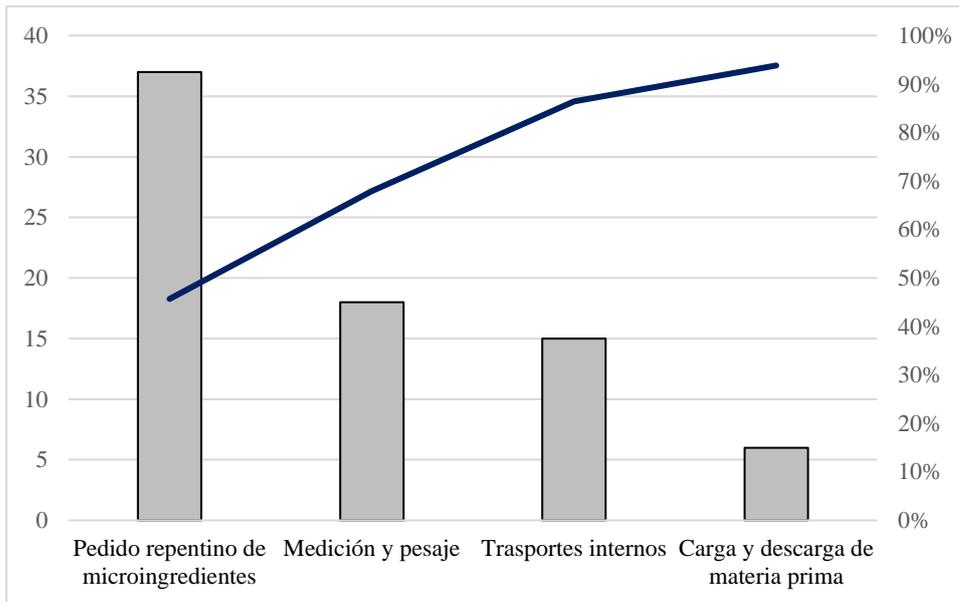
MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	t	n2	w	s	1~	3~
JSWm 2C	JSW 2C													13.1	12.9
JSWm 2B	JSW 2B	1"	1"	96	389	200 *	147	33	180	180	142	22	10	14.0	13.9
JSWm 2A	JSW 2A													14.7	14.4

ANEXO E: TIEMPOS DE CICLO LUEGO DE LAS DEMORAS

PROCESO DE MEZCLADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Pesaje de macroingredientes	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
2	Descarga de macroingredientes pesados	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
3	Adición manual de macro y micro ingredientes	0,89	0,81	0,78	1,09	0,73	0,78	0,88	0,83	0,90	0,79	0,85
4	Trasporte de ingredientes a la mezcladora	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
5	Mezcla en seco	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
6	Mezcla Húmeda (Aceite, Agua con colorante)	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
7	Llenado de la tolva	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Tiempo Total		9,47	9,39	9,36	9,67	9,31	9,36	9,46	9,41	9,48	9,37	9,43
PROCESO DE PELETIZADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Peletizado	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15	22,15
2	Enfriado	2,67	2,83	2,72	2,91	2,88	2,77	2,69	2,75	2,87	2,84	2,79
3	Descarga del balanceado enfriado	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
4	Traslado a la tolva de envasado	0,62	0,55	0,67	0,59	0,62	0,57	0,61	0,63	0,52	0,66	0,60
Tiempo Total		25,49	25,58	25,59	25,70	25,70	25,54	25,50	25,58	25,59	25,70	25,60
PROCESO DE ENVASADO												
N°	Descripción de la actividad	Toma de tiempos (min)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Tomar saco	2,87	2,97	3,11	2,85	3,12	2,79	2,96	3,08	2,88	2,96	2,96
2	Envasado (40 kg)	3,68	3,84	3,86	3,74	3,90	3,88	3,81	3,93	3,64	3,79	3,81
3	Cosido de sacos	4,75	4,58	4,86	4,74	4,91	4,86	4,78	4,66	4,62	4,82	4,76
4	Colocar en pallet	3,12	3,23	3,76	2,86	2,96	3,58	3,76	2,64	3,15	2,89	3,20
Tiempo Total		14,42	14,62	15,59	14,19	14,89	15,11	15,31	14,31	14,29	14,46	14,72

ANEXO F: DIAGRAMA DE PARETO -ESPERAS

Esperas (Microingredientes)	Frecuencia (Semana)				Total	%. Acumulado
	1	2	3	4		
Preparación repentina de microingredientes	9	11	7	10	37	46%
Medición y pesaje	4	3	5	6	18	68%
Trasportes internos	4	3	3	5	15	86%
Carga y descarga de materia prima	2	1	1	2	6	94%
Calibración de equipos	1	2	1	1	5	100%



ANEXO G: DIAGRAMA DE PARETO – SOBREPROMOSOS

Sobrepromosos (Mezclado)	Frecuencia (Semana)				Total	% Acumulado
	1	2	3	4		
Tiempos de mezclado elevados	60	50	45	65	220	69%
Preparación de lotes	9	11	7	10	37	80%
Trasportes innecesarios MP	8	7	9	7	31	90%
Muestreo excesivo	5	4	5	6	20	96%
Pruebas de calidad innecesarias	3	4	2	4	13	100%

