DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN 1.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

"APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA EN GRANJAS ACUÍCOLAS DE AREL".

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ING. MARA AHINOAM PASCUAL ROSAS

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MARÍA ELOÍSA DE LA ASUNCIÓN GURRUCHAGA RODRÍGUEZ

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. FERNANDO ORTIZ FLORES

ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO NOVIEMBRE 2023

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, 07/noviembre/2023
Dependencia: **División de Estudios de Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: **I**

C. PASCUAL ROSAS MARA AHINOAM
Candidato(a) a Grado de Maestro(a) en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA EN GRANJAS ACUÍCOLAS DE AREL"

Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA – TÉCNICA - CULTURA®

Cuauhtémoc Sánchez R

CUAUHTEMOC SANCHEZ RAMIREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLOGICO DE ORIZABA
DIV. DE EST. DE POSGRADO E INVEST.

CSR/magh

OG-13-F06

EDUCACIÓN

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba Veracruz, **Septiembre 30 de 2023**
Asunto: **Revisión de trabajo escrito**

C. CUAUHTEMOC SANCHEZ RAMIREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

PASCUAL ROSAS MARA AHINOAM

La cual lleva el título de:

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA EN GRANJAS ACUÍCOLAS DE AREL

y concluyen que se acepta

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA – TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE:	**DRA. MA. ELOISA GURRUCHAGA RODRÍGUEZ**	FIRMA
SECRETARIO:	**DR. FERNANDO ORTIZ FLORES**	FIRMA
VOCAL:	**DR. OSCAR BAEZ SENTIES**	FIRMA
VOCAL SUP.:	**DR. ERICK ARTURO BETANZO TORRES**	FIRMA

TA-09-F18

Declaración de originalidad y cesión de derechos

Orizaba, Veracruz. el día 7 del mes de Noviembre del año 2023.

El(la) que suscribe

C. **Mara Ahinoam Pascual Rosas**

Declaro que esta tesis, que tiene una extensión de 107 cuartillas, ha sido escrita por mí y constituye el registro escrito del trabajo de la tesis titulada

"Aplicación de herramientas de producción esbelta en granjas acuícolas de AREL"

del programa: Maestría en Ingeniería Industrial bajo la asesoría y dirección del (la) Dra. María Eloísa de la Asunción Gurruchaga Rodríguez y el Dr. Fernando Ortiz Flores y no ha sido sometida en ninguna otra institución previamente:

Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, cuento con las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, me hago responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México Campus Orizaba.

También declaro que, al presentar esta tesis, cedo los derechos del trabajo al Tecnológico Nacional de México campus Orizaba para su difusión, con fines académicos y de investigación, bajo las regulaciones propias de la institución y que si existe algún acuerdo de confidencialidad de la información lo hare saber en forma escrita para que se omitan las secciones correspondientes

Los usuarios de la información no deber reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección depi_orizaba@tecnm.mx. Si el permiso se otorga el usuario deberá dar eli agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.

Nombre y firma

Mara Ahinoam Pascual Rosas

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado en la realización de esta tesis. Agradezco a mi asesora, la Dra. María Eloísa Gurruchaga por su guía y paciencia a lo largo de este proyecto, sin usted este logro no sería posible. Al Dr. Erick Betanzo por su colaboración y tiempo para siempre resolver mis dudas. Al Dr. Fernando Ortiz por los saberes compartidos durante mi estancia en el posgrado.

También quiero agradecer a mis padres y hermano por su apoyo y amor incondicional, por ser los primeros en alentar cada decisión y proyecto en mi vida, han sido fundamentales para alcanzar cada una de mis metas. Gracias a mi novio, por inspirarme a ser la mejor versión de mí misma. Cielo, te llevo por siempre en mi corazón.

Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible. Estoy infinitamente agradecida.

Resumen

A nivel mundial con datos de la *Food and Agriculture Organization* (FAO) *"la producción acuícola total comprendió 87,5 millones de toneladas de animales acuáticos principalmente para su uso como alimentos destinados al consumo humano"* donde *"el valor total en la explotación se estimó en $281,500 millones de USD"* (FAO, 2022). Bajo este escenario, se considera a la industria acuícola como un área de oportunidad, ya que, a pesar de que se ha impulsado limitada y recientemente en México, la producción acuícola nacional está dentro de los 5 principales productores de América Latina la aplicación de conocimientos de la ingeniería industrial para acrecentar la sanidad acuícola, la producción, el rendimiento y la sustentabilidad en las granjas que aún se encuentra en etapa temprana de desarrollo y para nuevos emprendimientos de PYMES.

En este sentido en 2015, la ONU aprobó el listado de objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, dentro de éstos se encuentra, el ODS 12, Producción y Consumo Responsable, que busca *"hacer más y mejor con menos. También se trata de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles"* (ONU, s.f.). Por otra parte, el Gobierno de México a través del CONAHCYT proponen los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACEs) destacando el de Soberanía Alimentaria que:

> Propone modificar el sistema agroalimentario para contribuir al bienestar de la población mexicana. En particular, se busca encontrar soluciones a algunos de los problemas derivados de dicho sistema, tales como la desigualdad en la distribución de la riqueza socialmente generada, la precarización de las condiciones laborales en el ámbito rural, el creciente consumo de alimentos ultra procesados o el debilitamiento de los pequeños y medianos productores en favor de una agroindustria alimentaria donde los circuitos de producción-distribución-consumo dependen de grandes oligopolios (CONAHCYT, s.f.).

Por lo anterior, el presente trabajo se enfoca siguiendo estos ejes rectores, en una granja acuícola mexicana del tipo AREL (Acuicultores de recursos limitados) situada en el estado de Veracruz, México, la cual se dedica al cultivo, crianza y venta de Tilapia nilótica *(Oreochromis niloticus).* La empresa en estudio presenta diferentes situaciones como estanques sin utilizar, capacidad desperdiciada, falta de estandarización del tamaño de lote, no existen señalamientos para equipos y algunas áreas de trabajo, entre otros. En consecuencia, se implementó la metodología *Lean Manufacturing* para solucionar estas problemáticas. Los resultados del VSM realizado demostraron que existen 6 áreas de mejora en el proceso, de las cuales se seleccionó la de capacidad desperdiciada, se diseñaron 2 aplicaciones tecnológicas con el *software Microsoft Excel* para comparar entre el estado ideal y el estado real del proceso con respecto a la densidad de siembra. A su vez, se implementó la metodología 5´S que sirvió para mantener la organización, orden e higiene, contribuyendo a las buenas prácticas de producción acuícola. Se calculó el indicador OEE global de la empresa donde los resultados mostraron que la empresa se encuentra operando en un 83%, por lo cual, hay oportunidades de mejora con respecto al rendimiento, calidad y disponibilidad en el proceso de producción de tilapia nilótica.

Contenido

Introducción **1**

Capítulo 1 Generalidades **3**

1.1 Acuicultura 3

1.1.1 Acuicultura en el mundo 4

1.1.2 Acuicultura en México 5

1.1.3 Sistemas de producción 5

1.1.4 Tilapia 8

1.2 Generalidades de la empresa 9

1.2.1 Historia 9

1.2.2 Enfoque estratégico 10

1.2.3 Marco geográfico 11

1.2.4 Instalaciones 12

1.2.5 Descripción del proceso 13

1.2.6 Estructura organizacional 17

1.3 Generalidades del proyecto 18

1.3.1 Planteamiento del problema 18

1.3.2 Objetivos 19

1.3.3 Justificación 20

Capítulo 2 Marco teórico **22**

2.1 Conceptos clave 22

2.2 Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) 23

2.2.1 Historia 23

2.2.2 El concepto de desperdicio 24

2.2.3 *Lean Manufacturing* y sus herramientas 26

2.3 Control visual 30

2.4 Ciclo de Deming 30

2.5 Matriz de priorización 31

2.5.1 Método del criterio analítico completo 32

2.5.1 Método del consenso de criterio 33

2.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE) 34

2.7 Estado de la práctica 35

Capítulo 3 Metodología 39

3.1 Acerca de la investigación 39

3.2 Abordaje metodológico 41

Capítulo 4 Desarrollo 43

4.1 Ciclo de Deming para análisis del proceso 43

4.1.1 Planear 43

4.1.2 Hacer 46

4.1.3 Verificar 53

4.1.4 Actuar 69

4.2 Ciclo de Deming para implementación de 5´S 72

4.2.1 Planear 72

4.2.2 Hacer 75

4.2.3 Verificar 81

4.2.4 Actuar 84

4.3 Ciclo de Deming para determinar OEE 85

4.3.1 Planificar 85

4.3.2 Hacer 85

4.3.3 Verificar 87

4.3.4 Actuar 89

Capítulo 5 Resultados 91

5.1 Análisis de los resultados 91

Conclusiones y recomendaciones 93

Fuentes de información 95

Anexos 101

Introducción

Uno de los problemas recurrentes en pequeñas y medianas empresas es la baja productividad, la cual *"se expresa por el cociente resultante entre la producción obtenida y el coste que hayan producido los factores que en ella han intervenido"* (Alfaro & Alfaro, 1999). En el caso de la empresa Ingeniería Agropecuaria del Papaloapan S.P.R de R.L. ubicada en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz, la cual busca mejorar su proceso de producción de Tilapia incrementando su productividad, ya que, debido a que factores como la falta de programación de la producción, capacidad de producción desperdiciada, ausencia de control de procesos, desperdicios de espacios y de materia prima, entre otros, conlleva que en muchas ocasiones la producción esperada no se alcance dando como resultado pérdidas económicas, errores en la producción, tiempos de entrega retrasados e incumplimiento de los objetivos. Por estas razones, este proyecto de investigación propone la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* en la empresa.

En el capítulo 1 expresa, en primer lugar, las generalidades de la acuicultura, su práctica en México y en el mundo, los especímenes de Tilapia y los sistemas de producción industrial y acuícola; en segundo lugar, las generalidades de la empresa, historia, enfoque estratégico, marco geográfico, la descripción del proceso, descripción de las instalaciones y la distribución organizacional de la empresa; y, en tercer lugar, las generalidades del proyecto.

El capítulo 2 explica el marco teórico de los conocimientos clave para la comprensión de este trabajo, la descripción e historia de la metodología *Lean Manufacturing*, tal como las herramientas que la conforman, el ciclo de Deming, la matriz de priorización y el indicador OEE.

El capítulo 3 relata la metodología del trabajo, el tipo de investigación efectuado y la metodología realizada en la tesis.

En el capítulo 4 abarca el desarrollo de la metodología plasmada en el capítulo anterior y en cual se aplicaron las herramientas: VSM, matriz de priorización, metodología 5´S y OEE.

El capítulo 5 muestra los resultados de las acciones realizadas durante el desarrollo y las aplicaciones informáticas como producto del proceso de cálculo de capacidad de producción. Y, por último, se muestran también las conclusiones sobre la inclusión de herramientas de ingeniería industrial en el área acuícola.

Capítulo 1
Generalidades

Este capítulo manifiesta los precedentes de la acuicultura en el mundo y en México, los especímenes de Tilapia y los sistemas de producción industrial y acuícola. A su vez, se muestran las generalidades tanto de la organización, tal como la historia, misión, visión, valores y organigrama; cómo del trabajo, contemplando los objetivos y justificación del proyecto de investigación.

1.1 Acuicultura

La acuicultura forma parte del sector primario similar a la agricultura y la ganadería, que se enfoca en *"el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, que implica la intervención del hombre n el proceso de cría para aumentar la producción"* (FAO, 2004, p.14). Por otra parte, (Platas & Vilaboa, 2014, p.1065) definen esta actividad cómo *"la producción controlada de seres vivos mediante medios acuáticos."*

De acuerdo con la (FAO, 2012, p.7), existen dos tipos de niveles de actividad para acuicultura en pequeña escala, la Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE), siendo la *"acuicultura practicada con orientación comercial, que genera empleo remunerado, tiene algún nivel de tecnificación y no supera los límites definidos para las MYPES de cada país"* y los Acuicultores de Recursos Limitados (AREL), los cuales *"practican la acuicultura sobre la base de autoempleo sea de forma exclusiva o complementaria, en condiciones de carencia de uno o más recursos que impiden su autosostenibilidad productiva".*

1.1.1 Acuicultura en el mundo

El cultivo de especies se remonta a cientos de años atrás cuando los primeros humanos tenían la necesidad de conservar vivos y en ambientes naturales, a los animales que aprisionaban para la comercialización. Se tiene documentada la producción de Carpa en China y de Tilapia en Egipto; sin embargo, no es hasta el siglo pasado cuando comienza la producción industrial de la acuicultura, la cual ha ido evolucionando en gran manera hasta nuestros días con procesos de producción más tecnificados, así como la involucración de técnicas administrativas de las empresas (Rueda, 2011). Desde los 90´s, la industria acuícola ha incrementado de manera agigantada, tal como se expresa en la Figura 1. 1 en donde se observa que, en 2020, la producción acuícola alcanzó *"un total de 122,6 millones de toneladas en peso vivo", de las cuales "87,5 millones de toneladas de animales acuáticos principalmente para su uso como alimentos destinados al consumo humano"*, cotizados en poco menos de $300,000 millones de dólares estadounidenses (FAO, 2022).

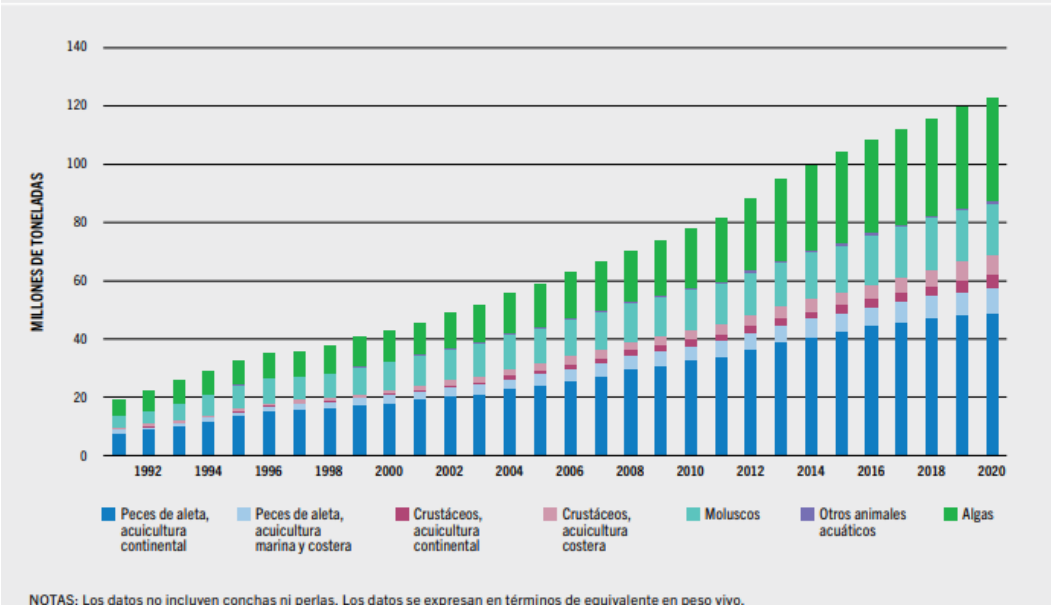


Figura 1. 1 Producción acuícola mundial desde 1991 a 2020. Fuente: (FAO, 2022, p. 28).

1.1.2 Acuicultura en México

La acuicultura en México arrancó en el siglo pasado, sin embargo, en la década de 1950 se desarrolló formalmente con sistemas de cultivo experimental, en la década de 1960 la actividad incrementó dramáticamente con la reproducción de la Carpa espejo, y en los 1980s se inició la producción con fines remunerativos y ha ido creciendo constantemente desde entonces. En el país, la producción acuícola se desarrolla en los 32 estados, de los cuales Chiapas es el más notorio, produciendo aproximadamente 25,000 toneladas de tilapia en 2018 provenientes exclusivamente de la acuacultura (Martínez, 2021).

El Censo Económico 2019 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, reportó 33,936,871 miles de pesos de ingresos de ventas, donde el 65% correspondiente a la pesca y un 35% a la acuicultura (INEGI, 2021). En términos de empresas acuícolas, la mayoría se dedican a la cría de Tilapia (4,623), trucha (1,843) y camarón (1,447). Las especies más cultivadas son la Tilapia, con un total de 152,974 toneladas, seguida del camarón con 127,814 toneladas y el ostión con 47,887 toneladas. Las demás especies suman un total de 59,067 toneladas (CONAPESCA, 2017).

Actualmente, según datos de la (FAO, 2022), México se ubica entre los 25 principales países en términos de producción pesquera en aguas continentales, habiendo alcanzado 0.15 millones de toneladas en 2020. En cuanto a la producción acuícola, se registraron 279 mil toneladas en ese año y se proyecta un aumento a 296 mil toneladas para el 2030, lo que representa un crecimiento del 6.2%.

1.1.3 Sistemas de producción

"Un sistema de producción consiste en insumos, procesos productos y flujos de información que lo conectan con los clientes y el ambiente externo. Los insumos incluyen recursos humanos, capital, materiales y servicios comprados, tierra y energía" (Carro & González, 2012). Esta definición puede ser aplicada a cualquier tipo de proceso o actividad y no es exclusiva de la

industria manufacturera; por lo tanto, para fines de esta investigación, se reconocen dos tipos de sistemas de producción: industrial y acuícola.

1.1.3.1 Sistemas de producción industrial

Un sistema de producción industrial abarca todas las operaciones y procesos unitarios que cambian y transforman materia prima a un bien o servicio terminado y listo para comercializar. Estos sistemas siguen una lógica entrada-transformación-salida, en donde la materia prima sufre una transformación perfectamente definida y delimitada a través de uno o varios procesos para salir como un producto y/o servicio. Por otra parte, traduciendo a Garetti, (2015)que define a *"los sistemas de producción industrial como, un conjunto de máquinas y recursos que son implementados en un proceso de producción industrial mediante tecnología industrial con el fin de manufacturar bienes"*. Algunos de los diferentes tipos de sistemas de producción se enlistan a continuación:

- **Producción intermitente o por lotes**

  "Se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por otro lote de un producto diferente. […] En este tipo de sistemas, la empresa generalmente fabrica una gran variedad de productos." (Velázquez, 2008)

- **Producción Just In Time (JIT)**

  Sistema *"en donde la empresa comienza a fabricar o comprar una vez que el cliente ordena el bien, generando efectivamente cero inventarios. En otras palabras, en un ambiente JIT los materiales se compran y producen cuando es necesario."* (Javadian et al., 2013).

- **Producción ajustada o *Lean***

  Chan et al., 2019 citando a Shah & Ward, (2003) menciona que *"es un sistema integrado formado por varios elementos unidos y formados por diferentes prácticas de gestión como JIT, trabajo en equipo, sistemas de calidad y fabricación celular."*

- **Producción continua**

  Se lleva a cabo *"de manera continua y tiende a estar altamente estandarizada con volúmenes de producción muy grandes. Con frecuencia, los productos que resultan de*

flujos continuos son líquidos o semisólidos que pueden bombearse o que fluyen de una operación a otra" (Schroeder et al., 2011).

1.1.3.2 Sistemas de producción acuícola

Los sistemas de producción acuícola también tienen entradas-transformación-salidas, sin embargo, éstos dependen de otros factores determinantes como la densidad del cultivo, la cantidad de animales sembrados, la especie, la temperatura, el tamaño del lote y calidad del agua utilizada. La Figura 1. 2 demuestra la similitud entre los procesos industriales y acuícolas desde el enfoque sistémico, en donde se comparan las fases de cada sistema, por lo qué, se puede esperar que las herramientas y técnicas utilizadas en uno puedan aplicarse en el otro sistema.

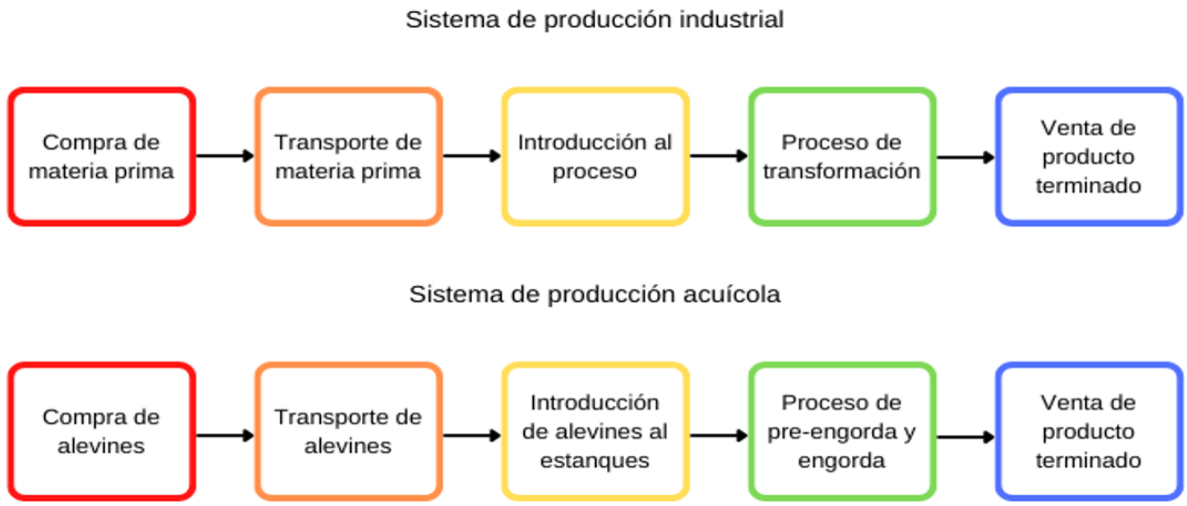


Figura 1. 2 Comparación entre los sistemas de producción industrial y acuícola.

Por otra parte, los cinco sistemas de producción acuícola desarrollados globalmente y aplicados actualmente en México se observan en la Tabla 1. *1*.

Tabla 1. 1 Sistemas de producción acuícola. Fuente: Propia con información de Platas et al., (2017).

Sistema	Medios de producción	Característica	Mano de obra especializada	Densidad de siembra (orgs/m^3)
Extensivo	Estanques rústicos o de tierra.	Bajo uso de insumos	No necesario	1-4
Semi extensivo	Estanques con corrientes de agua superficial, caída de agua por gravedad.	Bajo uso de insumos con aireación artificial de auxilio.	No necesario	5-10
Semi intensivo	Estanques de geomembrana, polyliner o concreto.	Aireación artificial, alimento balanceado y asistencia para el manejo de agua en la entrada o salida.	Cierta capacitación de la mano de obra	10-20
Intensivo	Estanques fabricados con geomembrana, polyliner o concreto.	Aireación, alimentación, recambio de agua. Son altamente productivos pero intensivos en capital.	Capacitación continua necesaria.	20-40
Hiper intensivo	Utilizadas en laboratorios de investigación o en granjas con uso súper-eficiente de agua.	Uso de tecnologías paralelas como Bio-Floc.	Muy necesaria	>40

1.1.4 Tilapia

La Tilapia, un animal acuático de agua dulce que mide aproximadamente 20 cm de longitud, se cría en sistemas extensivos, semi intensivos e intensivos. Cada especie presenta colores distintos. Originaria de África, la Tilapia se ha vuelto muy popular en México desde su introducción en el país en 1964 (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017). Dentro de la

producción de peces cultivados a nivel global, las especies primordiales son la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), encontrándose en el tercer lugar detrás de la Carpa herbívora *(Ctenopharyngodon idellus)* y la Carpa plateada *(Hypophthalmichthys molitrix)* con una obtención de 4,407.2 mil toneladas en 2020 (FAO, 2022). Por otra parte, trasladando del inglés a Delfín et al., (2022, p.3) menciona que en territorio nacional se cultivan diferentes tipos de Tilapia:

> Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758), Tilapia GIFT *(Genetically Improved Farmed Tilapia* o Tilapia cultivada genéticamente mejorada), Tilapia Stirling, y Tilapia GMT *(Genetically Male*, *YY-GMT®),* Tilapia *Rocky Mountain* derivada *(O. niloticus × O. aureus)*, Tilapia *rendalli* (Boulenger 1897), *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864), *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852), *Oreochromis urolepis* (Norman 1922), *O. aureus* (Steindachner, 1864), Tilapia roja derivada *(O. aureus × O. niloticus × O. mossambicus × O. urolepis hornorum)*, recientemente un hibrido llamado Pargo-UNAM derivada de *Rocky Mountain* (25%), *O. niloticus* rosada (25%) y Tilapia roja (50%), se encuentra en expansión y fue desarrollada en México.

1.2 Generalidades de la empresa

Este apartado recopila información referente a la empresa tal como su historia, enfoque estratégico, marco geográfico, descripción del proceso, instalaciones y estructura organizacional.

1.2.1 Historia

La empresa fue constituida en el 2006, con la denominación social Ingeniería Agropecuaria del Papaloapan S.P.R. de R.L., en el 2008 se solicitó la inscripción al Registro Nacional de Pesca y Acuacultura (RNPA) de Unidades Económicas dedicadas a la acuacultura de la Comisión Nacional del Pesca y acuacultura (CONAPESCA) dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del Gobierno de México, asignado el número de registro de instalación acuícola número 300 02 422 y clave de acuicultor

300 100 9632. Por otra parte, se obtuvo el título de concesión del agua para la explotación y uso de aguas nacionales, el cual quedo inscrito en el registro público de derechos de agua por conducto de la CONAGUA con numero de título 10 VER 134352/28AMOC 08.

En 2018, la empresa solicito a la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, para iniciar el proceso de evaluación de Buenas Prácticas de producción Acuícola en la Producción Primaria, para obtener la certificación, durante ese mismo año, personal técnico del Comité de Sanidad Acuícola y Pesquero Veracruzano A.C. (COSAP) se presentó en la unidad de producción para realizar capacitación y una pre auditoria para la certificación, y en el 2019, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), mediante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), le otorgó a la empresa el certificado AC-PD-30-19 por el cumplimiento de las Buenas Prácticas Acuícolas en la Producción Primaria con una vigencia de dos años.

1.2.2 Enfoque estratégico

El enfoque estratégico de la empresa comprende de tres puntos, misión, visión y valores, los cuales se especifican a continuación.

1.2.2.1 Misión

La empresa tiene la misión de:

> *"Desarrollar e implantar las mejores prácticas y tecnologías que permitan la producción y la comercialización de mojarra Tilapia de calidad, fomentando la innovación en la industria acuícola, tomando en cuenta el respeto al medio ambiente y la colaboración con diferentes unidades productivas."*

1.2.2.2 Visión

La empresa tiene la visión de:

> *"Ser una organización líder en la producción de Tilapia en Veracruz, produciendo bienes y servicios que sean una alternativa que aporte a la buena alimentación de los clientes y al beneficio de la sociedad."*

1.2.2.3 Valores

La empresa se representa con los valores:

- Perseverancia: ser conscientes de los retos constantes en el mercado y del esfuerzo necesario para poder afrontarlos.
- Innovación: estar la vanguardia con la tecnología que permita contribuir de forma eficiente al desarrollo de productos que satisfagan a los consumidores.
- Humildad: reconocer la importancia de todos los colaboradores que aportan en mayor o menor medida a los procesos que benefician a la organización.

1.2.3 Marco geográfico

La macro localización de la empresa se ubica siendo el séptimo estado fundador de la Federación Mexicana: Veracruz de Ignacio de la Llave. Por otra parte, la micro localización es el municipio de Tierra Blanca. La ubicación del municipio se puede observar en la Figura 1. 3.

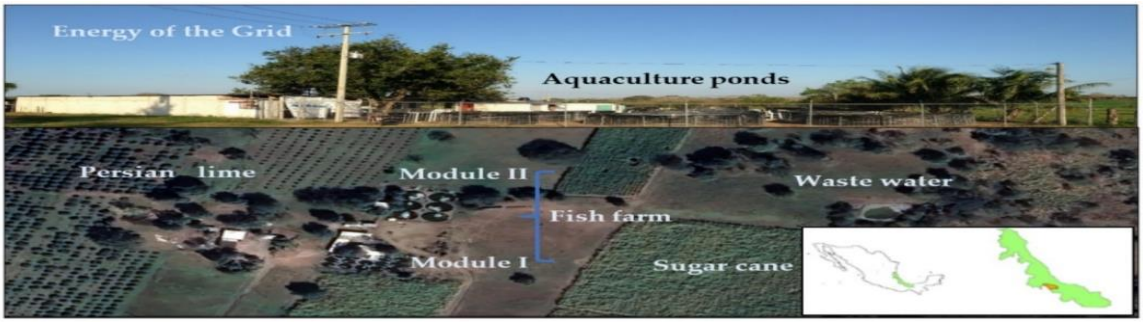


Figura 1. 3 Localización del sitio de estudio. Fuente: Delfín et al., (2022).

1.2.4 Instalaciones

La empresa se estructura en dos módulos: el módulo I para pre engorda y el módulo II para la engorda. Además, cuenta con cuatro áreas principales: punto de venta, estacionamiento, bodega de alimento y almacén de accesorios y equipo. La descripción de estas áreas se describe en los siguientes puntos:

- **Módulo I: Pre engorda**

  El módulo 1 cuenta con un área de 800 m3, en donde se encuentra lo siguiente:
  - 4 tanques de polietileno para recepción de crías.
  - 15 tanques polietileno para procesos de pre engorda y engorda.
  - 2 sopladores de turbina, para pre engorda.
  - Tomas de agua y aire para cada estanque.
  - Un sistema de desagüe independiente.
- **Módulo II: Engorda**

  En el módulo 2, que tiene un área de 720 m3 se encuentra lo siguiente:
  - 6 tanques de geomembrana.
  - 1 soplador de turbina.
  - Tomas de agua para cada tanque
  - Sistema de desagüe.
  - Tomas eléctricas para sopladores.
- **Punto de venta**

  El punto de venta cuenta con un tanque rectangular de polietileno, tomas de agua y aire para el tanque y un sistema de desagüe.
- **Estacionamiento**

  El estacionamiento tiene 500 m2 de superficie y es utilizado para personal y visitas. Ubicado entre áreas de pre engorda, engorda y la casa del vecino.
- **Bodega de alimento**

  La bodega de alimento tiene un área de 24 m2 con capacidad de almacenamiento. Actualmente es para 20 días de producción. El reabastecimiento se efectúa mensual para

garantizar la mayor frescura del alimento, se almacena sobre tarimas de madera y en secciones separadas para cada tipo de alimento. Se utilizan trampas y/o cebos para la detección de roedores u otras plagas. Cuenta con ventanas y puerta protegidas con malla para impedir la entrada de insectos y animales, así mismo con una báscula electrónica para pesar las raciones de alimentación de las diferentes etapas.

- **Almacén de accesorios y equipo**

  El almacén de accesorios y equipo se encuentra al lado de la bodega destinada al alimento con un área de 16 m2. Dispone de una estantería y mesa de trabajo para el resguardo de los materiales manejados en el mantenimiento de los equipos.

- **Equipo de soporte y complementario**

  Dentro del equipo de soporte y equipo complementario se encuentra un transformador trifásico, un generador de emergencia trifásico, pozo para suministro de agua, centros de carga eléctrica, depósitos de desechos orgánicos e inorgánicos independientes y una fosa séptica para el servicio de la casa habitación y baño de personal.

1.2.5 Descripción del proceso

El proceso de producción consta de siete actividades clave, el diagrama de flujo de proceso de la empresa se muestra en la Figura 1. 4, desde la planificación de la producción hasta la venta al cliente.

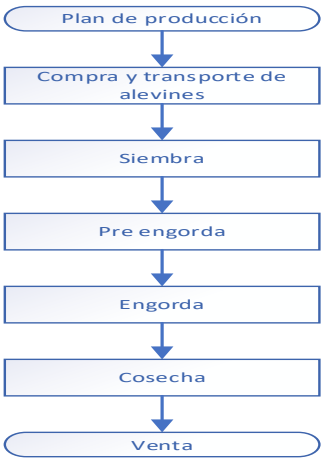


Figura 1. 4 Diagrama de flujo del proceso.

Una breve descripción de cada uno se da a continuación:

- **Plan de producción**

  La transformación de Tilapias comienza elaborando el plan de producción, en donde se determina el objetivo de producción, la fecha, densidad de siembra y peso, de acuerdo con la capacidad instalada en la empresa.

- **Compra y transporte**

  La actividad se determina con el pedido y verificar su disponibilidad, una vez verificado, se programa la fecha de entrega para la compra de los alevines de 1 gr en promedio de laboratorio local denominado Aquorea®, para ser trasladados a tempranas horas del día, de manera rápida y directa a la empresa evitando las altas temperaturas en bolsas de plástico con oxígeno y 24 grados de temperatura con 2,000 alevines cada bolsa.

- **Siembra**

  Antes de que los alevines sean sembrados es necesario aclimatar a los organismos, igualando la temperatura del agua del transporte con la del tanque de siembra la actividad de medición de la aclimatación se efectúa con un oxímetro con sensor de temperatura, dejando las bolsas flotando en el estanque seleccionado para la recepción por el tiempo que sea necesario, la temperatura es medida cada 20 minutos, hasta llegar a la temperatura adecuada de las bolsas y la temperatura del tanque de recepción esto para evitar un shock térmico y minimizar la muerte de alevines. Esta acción se puede observar en la Figura 1. 5.

Figura 1. 5 Alevines de 1 gr para aclimatación y medición de temperatura. Fotos: Erick Arturo Betanzo Torres.

- **Pre engorda**

  Un mes después de la siembra se hace el primer desdoble disminuyendo el 50% la densidad de siembra del estanque receptor, cuando los alevines alcanzan un peso promedio de 10 a 15 gramos, se realiza un último desdoble al módulo II para iniciar el proceso de pre engorda hasta los 50 gramos. La Figura 1. 6 muestra los organismos en la etapa de pre engorda.

Figura 1. 6 Tilapias de 15 gramos y 50 gramos, respectivamente. Fotos: Erick Arturo Betanzo Torres.

- **Engorda**

  En esta etapa las tilapias alcanzan aproximadamente los 50 a 100 gramos cuando inicia el proceso de engorda y continúa hasta que alcancen el peso deseado para ser cosechadas que normalmente es de 450 gramos hasta los 600 gramos. En la Figura 1. 7 se puede percibir una tilapia en su etapa de maduración y previa a ser cosechada.

Figura 1. 7 Tilapia cosechada. Fotos: Erick Arturo Betanzo Torres.

- **Cosecha**

  Una vez definido el estanque que se pretende cosechar, se prepara el equipo que se utilizará (red de cuchara, báscula y cubeta para pesar el producto) y se realiza de acuerdo con el siguiente listado de actividades:

  - No alimentar un día antes el estanque a cosechar.
  - Tener desinfectado y lleno el estanque de purga o almacenamiento con agua limpia y oxigenada.
  - Revisar que el equipo de cosecha se encuentre en buen estado y limpio.
  - Tener listo el tanque transportador con agua y oxígeno.
  - Cuando se necesita cosechar una mínima cantidad de peces, se opta por bajar el nivel del agua en el estanque para facilitar su captura.

  En la Figura 1. 8 se puede ver lo descrito en el último punto del listado anterior ya que se cosechó un lote de tilapia bajando el nivel del agua.

Figura 1. 8 Cosecha de lote de tilapia. Fotos: Erick Arturo Betanzo Torres.

- Venta

  La empresa vende organismos eviscerados y desescamados a sus clientes a menudeo (60%), como a mayoreo (30%), cuando uno o varios clientes hacen órdenes a la empresa con tallaje y/o peso final especifico. En la *Figura 1. 9* se puede mirar las fotografías de los productos obtenidos y expuestos en ventas de feria.

Figura 1. 9 Ventas en feria de productos locales. Fotos: Erick Arturo Betanzo Torres.

1.2.6 Estructura organizacional

En la empresa se tienen cinco puestos para que ésta sea operada, cuya descripción de actividades para cada puesto se enlista a continuación:

- **Gerente:** Responsable de comercializar, relación con clientes y proveedores, finanzas, planeación de operación, suministros y registros de la ventas y contabilidad general.
- **Gerente técnico de operación:** tiene la responsabilidad de racionar y suministrar alimento en almacén y estanques, revisar los equipos de aireación y la electricidad, revisar y dar mantenimiento al sistema de eléctrico y de agua, realizar el inventario de alimentos, herramientas, registrar diariamente la información generada en cuanto a calidad de agua.
- **Responsable de producción:** sus actividades son en el área de pre engorda y engorda debe seleccionar y clasificar los organismos por color y forma, supervisar que las herramientas estén limpias y registrar diariamente la información generada.
- **Asistente de operación:** debe mantener la limpieza y orden de las áreas verdes, a su vez, está encargado de desinfectar las herramientas y utensilios y realizar reportes y actividades generales.
- **Encargado del turno nocturno:** debe supervisar la aireación y suministro eléctrico constantemente durante la noche, mantener la limpieza y orden de las bodegas y realizar reportes y actividades generales.

1.3 Generalidades del proyecto

Las generalidades propias del trabajo de investigación, como el planteamiento del problema, objetivo general, objetivos particulares y la justificación se describen en este apartado.

1.3.1 Planteamiento del problema

La empresa busca mejorar su proceso de producción incrementando su productividad, debido a que elementos como, la ausencia de programación de producción, ausencia de un control de procesos, desperdicios de espacios y de materia prima, entre otros. Estos factores conllevan a que en muchas ocasiones la producción esperada en temporada alta no se alcance, dando como resultado pérdidas monetarias a los propietarios.

Durante el ejercicio 2017 la empresa generó sus máximos históricos en la producción anual, en el 2020 la producción disminuyó un 43% debido principalmente a una inadecuada planeación de la producción, independientemente de los efectos ocasionados por la pandemia del COVID-19 (Bitácoras de producción de la empresa del año 2017 al 2020).

Por lo anterior, ante este escenario y la capacidad de producción instalada, la empresa requiere conforme a sus metas y compromisos de venta implementar mejoras que coadyuven a incrementar su productividad. Por otra parte, debido a que la empresa se encuentra certificada en las Buenas Prácticas de Producción Acuícola, uno de los requisitos dentro de muchos por cumplir es el orden y la limpieza de la unidad de producción, dónde los requisitos son muy básicos y no se cumplen en muchas áreas que no son consideradas, por ello se detectó un área de mejora que respalde y apoye al cumplimiento para la recertificación con la aplicación de la metodología 5´S.

1.3.2 Objetivos

El objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación se muestran a continuación:

- **Objetivo general**

  Mejorar el proceso de producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en una granja acuícola del estado de Veracruz mediante la aplicación de herramientas de ingeniería industrial.

- **Objetivos específicos**

  Dentro de los objetivos específicos del trabajo de investigación se enlistan los siguientes:

  - Efectuar el diagnóstico de la situación real de la producción acuícola de la empresa con información histórica y aplicar ciclo de *Deming* para solucionar problemas.
  - Valorar el estado existente del proceso de producción y distinguir áreas de mejora con *Value Stream Mapping* (VSM) en la unidad de producción acuícola.

- Determinar el área de oportunidad prioritaria del proceso de producción acuícola mediante una matriz de priorización.
- Implementar la metodología 5´S en la unidad de producción acuícola.
- Calcular el indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) de la producción acuícola.

1.3.3 Justificación

Las herramientas de la ingeniería industrial en el sector primario ha sido poco aplicada, a pesar de que se trata de un sistema de producción en el cual no existe una transformación del productos, o servicios, donde tradicionalmente se aplican estas herramientas, en el sector primario son necesarias, ya que los datos con los que se cuentan en la granjas son útiles para aplicar la ingeniería industrial y proponer una nueva visión para el productor agropecuario, por ello el propósito de este trabajo es aplicar e identificar en la empresa áreas de mejora en el proceso de producción de tilapia para resolver sus problemas y mejorar su producción, lo que resultará en beneficios económicos estandarizando sus procesos.

Por otra parte, la sanidad e inocuidad de los productos están íntimamente relacionados en todo el proceso de producción descrito con interioridad, por lo que la producción y consumo responsable (ODS 12) en la producción acuícola es relevante debido a que dichos productos llegan al consumidor, que son las personas, por lo tanto con la ingeniería industrial se mejora la calidad de los productos y ayuda a garantizar que el sector agroalimentario puedo lograr hacia el futuro la soberanía alimentaria (PRONACEs) con granjas que puedan replicar el trabajo que se realiza en esta unidad de producción. Por ello este trabajo esta alineado a estos ejes rectores del Gobierno de México, donde de esta manera la investigación es relevante debido que impulsa tres aspectos:

- El uso de la ingeniería industrial en áreas poco exploradas (Santana, 2023)
- Se encuentra y busca la producción y consumo responsable del sector primario. (ONU, s.f.)

- Incrementando la productividad favorece a la soberanía alimentaria. (CONAHCYT, s.f.).

Por lo tanto, con las herramientas de manufactura esbelta en granjas acuícolas es una nueva forma de aplicar la ingeniería industrial que genere un nuevo conocimiento para enfrentar las problemáticas que se presentan no solo en la unidad de producción bajo estudio, donde los resultados pueden servir de ejemplo para su implementación en otras granjas pequeñas medianas y grandes empresas.

Capítulo 2
Marco teórico

El segundo capítulo aborda los conceptos de las técnicas y herramientas de Ingeniería Industrial relevantes para el proyecto de tesis, además de presentar el estado de la práctica identificado en la bibliografía consultada sobre el uso de estas herramientas en el ámbito acuícola.

2.1 Conceptos clave

Antes de abordar las herramientas de ingeniería industrial es indispensable tener en cuenta dos de los conceptos más utilizados, productividad y eficiencia. Sus definiciones correspondientes se leen enseguida:

- **Productividad**

  De acuerdo con el diccionario APICS, la productividad es el cociente de la producción comparado con el insumo real de recursos. *"La productividad es una medida relativa a través del tiempo o contra entidades comunes (trabajo, capital, etc.)"* (Blackstone, 2013). Por lo tanto, la productividad se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados, que se calcula con la Ecuación 2.1.

$$Productividad = \frac{Bienes\ producidos}{Recursos\ utilizados} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 2. 1)}$$

- **Eficiencia**

  Es una medición (generalmente expresada como porcentaje) de la producción real al producto estándar. La eficiencia se refiere a qué tan bien algo está funcionando en comparación con los estándares establecidos (Blackstone, 2013).

2.2 Lean Manufacturing (Manufactura esbelta)

La filosofía japonesa llamada *Lean Manufacturing*, cuyo objetivo es mejorar continuamente un proceso de producción eliminando los despilfarros, es decir, eliminando actividades que no adicionan valía al bien y que el consumidor no pretende pagar; utiliza una combinación de herramientas que buscan conseguir que el producto satisfaga las necesidades y requerimientos del consumidor. Rivera, 2008 como se cita en Dinas et al., 2009) muestra la estructura de *Lean Manufacturing*, En la Figura 2. 1 se muestra la estructura de *Lean Manufacturing.*

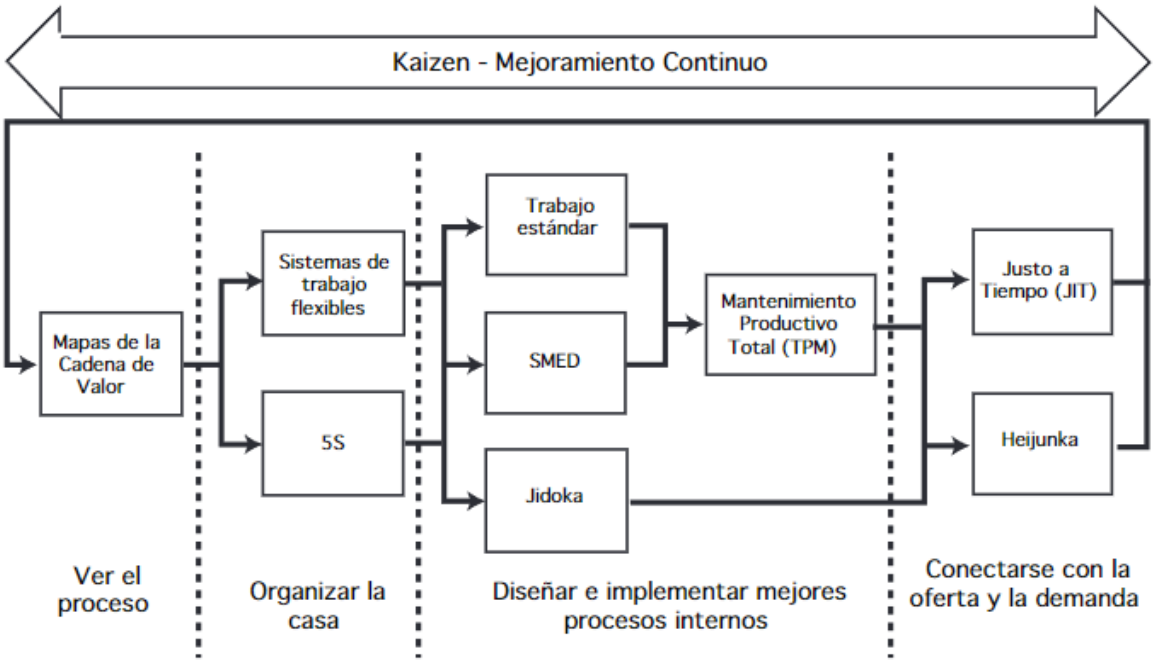


Figura 2. 1 Modelo de implementación de *Lean Manufacturing.* Fuente: Dinas et al., 2009 con información de Rivera, 2008.

2.2.1 Historia

Fue en Japón, en la empresa Toyota, donde nació *Lean Manufacturing*. A principios del siglo XX, Sakichi Toyoda inventó un telar que detiene la producción cuando se rompía el hilo, dando origen al concepto de jidoka. Más tarde, Kiichiro Toyoda fundó Toyota Motor Corporation y desarrolló la filosofía justo a tiempo (JIT), inspirado por la abundancia de automóviles en los Estados Unidos (Socconini, 2019).

Socconini, (2019) también comenta que, terminada la Segunda Guerra Mundial, Kiichiro entrega la empresa a su primo Eiji Toyoda, dándole la meta de alcanzar el nivel de productividad de los Estados Unidos en un lapso de 3 años, una encomienda muy ambiciosa porque Toyota no contaba con el mismo capital y equipo de Estados Unidos. Junto con el ingeniero Taiichi Ohno, Eiji se propuso diseñar un sistema de fabricación más eficiente.

El primer paso fue implementar jidoka en todas las operaciones siendo más ágiles en la producción sin tener stock entre cada proceso, cambiar el enfoque para ver cada proceso posterior como un cliente del proceso anterior, esto permitió producir el siguiente proceso sólo cuando se necesitaban (Socconini, 2019).

2.2.2 El concepto de desperdicio

Antes de comprender que es un desperdicio en la filosofía lean es importante definir que es valor añadido. De acuerdo con Rajadell, (2021) valor añadido es una acción que convierte los recursos en bienes o servicios con el objetivo de cumplir las demandas del consumidor. Por su parte, desperdicio o actividad sin valor añadido, es lo que no aporta valor al bien o servicio entregado al consumidor (Schroeder et al., 2011). Por lo tanto, se considera desperdicio a todas las acciones que requieran duración, recursos y lugar, y que no satisfagan los requerimientos de los clientes.

De acuerdo con (Díaz de León, (2004) existen siete desperdicios presentes en los procesos productivos, los cuales son el transporte, el inventario, los movimientos redundantes, la espera, el sobre procesamiento, la sobreproducción y los defectos.

La Tabla 2. 1 describe la definición, causas y herramientas que se pueden utilizar para cada desperdicio.

Tabla 2. 1 Los 7 tipos de desperdicios. Fuente: Díaz de León, (2004, p. 15-16)

Desperdicio	Definición	Causas	Herramientas
Defectos	Trabajo que contiene un error o defecto.	-Fallas en el proceso. -Capacidad insuficiente de la máquina.	-*GembaSigma*. -*Poka Yoke*. -*Jidoka*.
Sobreproducción	Producir más de lo que los clientes demandan en ese momento.	-Tiempos de preparación prolongados. -Predicciones incorrectas.	-*Hijunka*. -Reducción del tiempo de configuración.
Transporte de material	-Mover productos sin agregar valor, como mover piezas dentro y fuera de una empresa. -Mover materiales de una estación a otra.	-Producción por lotes. -Producción *"push"*. -Almacenamiento. -Distribución funcional.	-Líneas de flujo. -Producción *"pull"*. -Organizaciones de flujo de valor. -Tableros *Kanban.*
Movimiento innecesario	Desplazamiento que no agrega valor.	-Desorganización. -Mal diseño.	-5´S. -Diseño de estaciones de trabajo.
Esperas	Tiempo de inactividad por falta de preparación.	-Aumento de la producción. -Desequilibrios. -Retrasos en la entrada de pedidos.	-Producción basada en *takt time*. -TPM.
Inventario	Más materiales, piezas o productos de los que los clientes necesitan en ese momento.	-Tiempos de espera de los proveedores. -Falta de proceso. -Largos tiempos de preparación. -Demasiado papeleo en el proceso.	-Tableros *Kanban* externos. -Desarrollo de proveedores. -Reducción del tiempo de configuración.
Sobre procesamiento	Esfuerzos que no agregan valor al cliente.	-Retrasos entre procesos. -Sistemas basados en "*push*".	-Procesos de la línea de producción. -Diseño ajustado.

2.2.3 *Lean Manufacturing* y sus herramientas

La filosofía *Lean Manufacturing* incluye varias herramientas, algunas de las cuales se muestran en la *Figura 2. 2*. Más adelante se explicará en detalle la herramienta VSM y 5'S aplicadas en el proyecto, mientras que las no utilizadas se mencionarán brevemente:

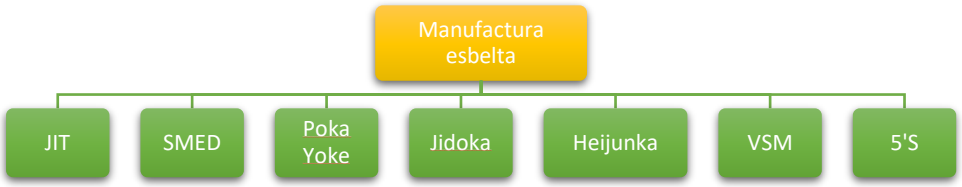


Figura 2. 2 Herramientas de Lean Manufacturing.

2.2.3.1 *Just In Time* (JIT)

Justo a tiempo (JIT) es una filosofía que menciona que se debe producir únicamente lo necesario en el momento que se requiere cuando se requiere, esta se aplica a la materia prima y productos. Sirve para que las empresas manufactureras alcancen la perfección basada en la eliminación continua de desperdicios como inspecciones, transportes entre máquinas, almacenajes o preparaciones (Arndt, 2005).

2.2.3.2 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

En español Cambio de Matriz en un Digito de Minuto, esto quiere decir que los cambios de utillaje no pueden tardar más de 9 minutos y 59 segundos. Esta técnica se puede dividir en cuatro etapas (Arrieta, 2007):

- **Fase preliminar:** consiste en describir con claridad las operaciones del cambio de referencia.
- **Primera etapa:** separación de las operaciones internas y externas.
- **Segunda etapa:** conversión de las operaciones internas en externas.
- **Tercera etapa:** mejoramiento de los elementos internos y externos.

2.2.3.3 *Poka yoke*

Poka yoke se refiere a dispositivos que previenen errores humanos antes de que éstos se conviertan en defectos. Son usados como una técnica para conseguir cero defectos, mejorando la calidad del producto y del proceso. Comúnmente, se usan como dispositivos para evitar los defectos al 100%, aunque se cometan errores durante la producción (Rajadell & Sánchez, 2010, en Aretaga et al., 2019).

2.2.3.4 *Jidoka*

Se refiere a la habilidad del equipo de producción, incluido una simple máquina para identificar el mal funcionamiento y evitar la generación de defectos. Una definición alterna es la automatización con toque humano para evitar defectos y así, los operadores puedan realizar operaciones con valor agregado (Ibarra & Ballesteros, 2017).

2.2.3.5 *Heijunka*

Dinas et al., (2009) define *heijunka* como producción suavizada, la cual implica replicar las proporciones de la mezcla de productos en el intervalo más pequeño posible. Ésta surgió por la búsqueda de hacer que el producto fluya más suavemente y en lotes más pequeños.

2.2.3.6 *Value Stream Mapping*

Antes de implementar técnicas de mejora es preciso entender la condición de partida del sistema de producción a mejorar mediante el uso de la herramienta *Value Stream Mapping* (VSM), representación visual que identifica las actividades de transformación necesarias para obtener un bien en un sistema de producción, así como la circulación de materiales y de información, involucrando a partir del distribuidor hasta el consumidor. Un VSM utiliza símbolos específicos que suelen estar estandarizados, sin embargo, pueden tener variaciones. Estos símbolos se muestran en la *Figura 2. 3*.

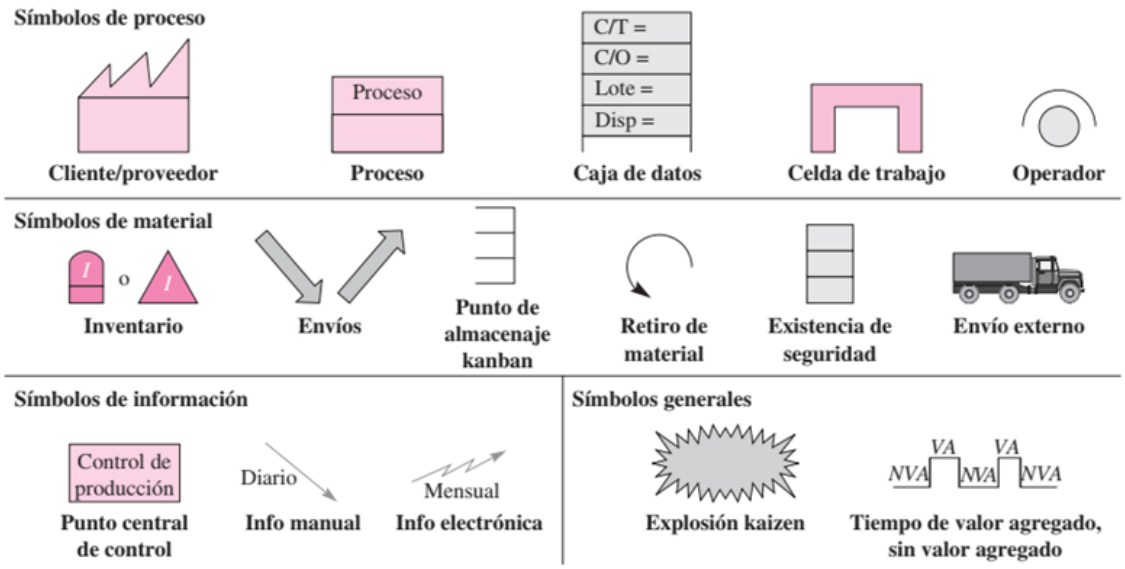


Figura 2. 3 Símbolos utilizados en un VSM. Fuente: *Chase & Jacobs, (2014)*.

Lee y Snyder, (2006) sugieren la siguiente información en la caja de datos:

- **Tiempo de ciclo:** La duración necesaria para fabricar una sola unidad de un bien e iniciar la siguiente unidad.
- **Tiempo por individuo:** La duración que un operador está atareado procesando una sola parte.
- **Tiempo de máquina:** La duración que una máquina requiere para fabricar una sola parte.
- **Tiempo de cambio:** La duración a partir de la última parte de un producto hasta la primera parte buena del producto subsiguiente.
- **Tiempo disponible:** La duración total diaria que un espacio de trabajo se encuentra disponible para producción y/o cambios en la línea de productos asignada El tiempo total por día en el que la estación de trabajo está disponible para la producción y/o el cambio en la familia de productos que se está asignando.
- ***Uptime %:*** El porcentaje promedio de tiempo disponible que la estación de trabajo puede operar teniendo en cuenta los efectos del mantenimiento y las averías.

- ***Scrap rate:*** El porcentaje promedio de producto defectuoso que debe ser reelaborado o desechado.
- ***Takt time:*** La cantidad de tiempo o ritmo al que se deben producir los productos para satisfacer la demanda de los clientes.
- **Otros:** Cualquier información adicional que sea pertinente, como la cantidad de productos adicionales que la maquinaria puede procesar.

2.2.3.7 Herramienta 5´S

El método 5'S consiste en la aplicación de 5 etapas que sirven como una manera de realizar acciones para producir un cambio que generará beneficios dentro de una empresa. Cada etapa involucra diferentes actividades y compromisos, por lo qué ejecutarla en orden es importante.

Esta metodología obtiene su nombre de la inicial de las palabras que conforman cada etapa, comenzando con la letra "S" tal como se visualiza en la Figura 2. 4 en donde Dorbessan, (2006) define brevemente cada etapa.

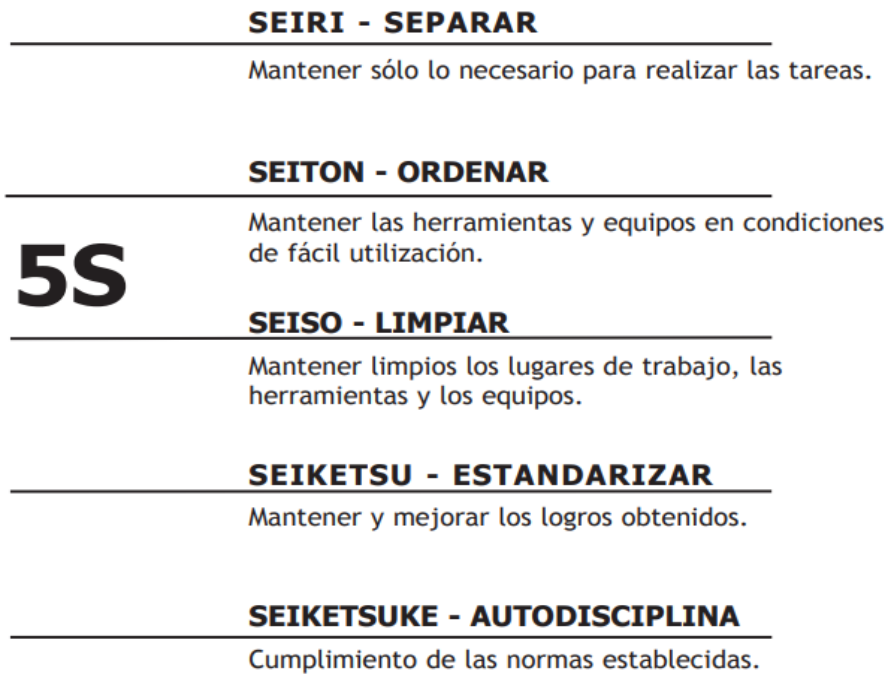


Figura 2. 4 Etapas de la metodología 5´S. Fuente: Walter (1995, como citado en Dorbessan, 2006, p. 19).

2.3 Control visual

Una técnica empleada para transmitir información utilizando señalamientos visuales es llamada control visual, cuyo objetivo es acrecentar la eficiencia y eficacia de un proceso de producción al dar pie a que los movimientos sen más perceptibles (SPC Consulting Group, 2022). Esta técnica busca brindar un formato que comunique información fácil de entender con señales simples, esto importante debido a que habilita a cualquier individuo distinguir incoherencias y tomar deliberaciones sobre éstas estrictamente con apoyo visual como advertencias, asesorías e instrucciones (Socconini, 2019).

2.4 Ciclo de Deming

Un método para la resolución de problemas es el ciclo de Deming, enseñado también como ciclo PDCA o PHVA tal como se muestra en la *Figura 2. 5* en la que Alcalde, (2009) enlista los pasos a seguir con respecto a cada etapa.

Figura 2. 5 Ciclo PHVA. Fuente: Alcalde, (2009).

Este ciclo se enfoca en tomar decisiones ante situaciones versátiles y encontrar soluciones prudentes a los problemas que las generan. En conclusión, este ciclo *"contribuye a la ejecución de los procesos de forma organizada y a la comprensión de la necesidad de ofrecer altos estándares de calidad en el producto o servicio; por tanto, puede ser utilizado en las empresas, ya que permite la ejecución eficaz de las actividades"* (Zapata, 2016).

Mora Martínez, (2003) indica que este ciclo está conformado por las siguientes cuatro fases:

- **Plan o planear**, revisa el problema, luego analiza la causa del problema y, finalmente, planifica acciones correctivas estableciendo metas e implementa el plan.
- **Do o hacer**, implementa los planes de mejora establecidos y sus acciones de seguimiento. El plan constará de acciones imprescindibles para expandir los propósitos establecidos en el programa de mejora. Consecutivamente, los datos se recolectan, posibilitando la evaluación de los resultados.
- **Check o control**, incluye la comparación de las resoluciones logradas con los deseables y el análisis de causas de las desorientaciones manifestadas. Para esto, se toma como alusión los objetivos expresados en la planificación y se evalúa su obtención frente a los criterios propuestos.
- **Act, o ajustar**, aborda acciones correctivas para eliminar o minimizar las causas del desempeño insatisfactorio. Asevera el estándar y el mantenimiento de medidas recientes y, finalmente, planifica actividades en respuesta a resultados adversos persistentes, explorando constantemente nuevas oportunidades de mejora.

2.5 Matriz de priorización

En las herramientas de toma de decisiones se encuentra la matriz de priorización, que se utiliza para priorizar un tema de un conjunto de temas, actividades y/o características (después de su identificación) con base en criterios de ponderación conocidos (Marín, 2019). De acuerdo con Gómez et al., (1997) existen dos alternativas, el método del criterio analítico completo y el método del consenso de criterios, los cuales se describen a continuación:

2.5.1 Método del criterio analítico completo

Gómez et al., (1997) afirma que es el método más complicado y detallado, y, por consiguiente, el más costoso, por lo tanto, se utiliza cuando:

a. La deliberación por tomar es importante para la empresa.
b. Existen diferentes razonamientos que pueden aplicarse al tomar decisiones.
c. El conjunto de los razonamientos es significativo en la decisión.

Según Marín, (2019) la matriz de priorización se compone de:

1) Criterios y sus pesos
2) Alternativas
3) Puntuaciones
4) Probabilidad de éxito de la alternativa
5) Solución

Camisón et al., (2006) sugiere que los pasos por seguir son los siguientes:

1. El resultado deseado debe quedar claro. Implica describir con gran detalle el objetivo que se debe lograr.
2. Hacer una lista de criterios a considerar al evaluar las opciones generadas. Se debe desarrollar un conjunto de criterios para clasificar las opciones en orden de importancia. Es esencial que los criterios sean críticos, es decir, no neutrales, para reflejar con precisión el resultado deseado.
3. Establecer la importancia relativa de cada criterio en comparación con el otro criterio.
   - De la lista de criterios generados, cada criterio debe clasificarse según su importancia.

- El siguiente paso consiste en comparar los pesos relativos de cada criterio en relación con los demás criterios utilizando una escala predeterminada. Las respuestas de la matriz están representadas por números.
- Luego, los resultados se registran después de sumar las puntuaciones de cada columna. Las sumas de cada columna se suman para producir el Gran Total.
- Después de sumar los valores en cada fila de la matriz, el total obtenido de cada fila se divide por el Total Global para producir un porcentaje. La puntuación ponderada que al final se multiplicará en la matriz de comparación general es este porcentaje.

4. Compare todas las opciones utilizando criterios ponderados.
5. Evalúe cada opción basándose en el total de todos los factores.
   - Se muestra una matriz construida en L, con las distintas opciones enumeradas en filas y todos los criterios enumerados en columnas.
   - Los resultados de la matriz del paso 3 luego se transfieren colocando las puntuaciones (porcentajes) debajo de las columnas que corresponden a cada criterio.
   - Utilizando las puntuaciones del paso 4, a continuación, registramos los resultados de cada criterio.
   - La puntuación que se registró en el paso anterior se multiplica por cada porcentaje (de cada criterio) en el paso siguiente.
   - La puntuación total de todas las opciones se ingresa en la columna de totales de fila, que es la última columna. Podemos convertir estos datos a porcentajes dividiendo la puntuación por el total general.

2.5.1 Método del consenso de criterio

El método es similar al método del criterio completo pero una forma más simplificada, por lo que, es más corto. Otra diferencia es que este método los criterios se puntúan en equipo por unanimidad.

Camisón et al., (2006) recomienda que los pasos para seguir son:

1. Construir una matriz de dimensión L. Las distintas opciones se colocan en las filas de la matriz y los criterios se colocan en las columnas de la matriz.

2. Crear una lista de criterios con prioridades:
    - Existen diversas técnicas para establecer prioridades en los criterios. Una de las más populares es la Técnica del Grupo Nominal, en la que cada miembro del equipo escribe la lista de criterios en una hoja de papel, los ordena y distribuye el valor 1 entre ellos.
    - Existen diversas técnicas para establecer prioridades en los criterios. Una de las más populares es la Técnica del Grupo Nominal, en la que cada miembro del equipo escribe la lista de criterios en una hoja de papel, los ordena y distribuye el valor 1 entre ellos.
3. Clasificar las opciones de acuerdo con cada criterio. Dado que existen cinco opciones, numeradas del 1 al 5, de mayor a menor impacto, previamente se ordenaron las opciones mediante la Técnica del Grupo Nominal.
4. Para cada opción en cada criterio, determine su puntuación de importancia individual.
    - El valor de orden de la opción se multiplica por el valor de ponderación del criterio para llegar a un cálculo.
    - Luego, la puntuación de clasificación total para todos los criterios se calcula sumando las puntuaciones en filas.
    - La elección final tendrá la máxima prioridad si obtiene la puntuación general más alta.

2.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

El indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) es una métrica de rendimiento que mide la productividad de un equipo en un sistema de manufactura. Incluye cifras de disponibilidad de equipo, rendimiento y el porcentaje de calidad que se alcanza (Belohlavek, 2006).

Moreira et al., (2018) menciona que con este indicador es posible conocer la eficiencia de producción de una empresa, departamento o equipo. OEE es un porcentaje obtenido a partir de la Ecuación 2. 2.

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \ldots\ldots \text{ (Ecuación 2. 2)}$$

Donde:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ de\ producción\ efectivo}{Tiempo\ programado} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (Ecuación 2. 3)}$$

$$Rendimiento = \frac{Tiempo\ teórico\ para\ producir\ la\ cantidad\ real}{Tiempo\ disponible\ para\ producir} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (Ecuación 2. 4)}$$

$$Calidad = \frac{Cantidad\ producida - Cantidad\ dañada}{Cantidad\ producida} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (Ecuación 2. 5)}$$

2.7 Estado de la práctica

En la actualidad las empresas persiguen el crecimiento de la productividad, permanecer presente en el mercado competitivo y mantener una alta calidad de sus productos, teniendo mejores precios y tiempos de entrega sobre los competidores sin descuidar la producción y las materias primas utilizadas. Para conseguir este objetivo se pueden implementar herramientas, técnicas y filosofías qué, al ser aplicadas de manera correcta, ayuden a la empresa a lograr su meta, la cual es, generar ganancias. La metodología *Lean Manufacturing* es una de ellas, la cual vincula herramientas cuyo objetivo es mejorar los procesos, identificando las acciones sin valor agregado y eliminando las mudas que pudieran presentarse en él.

La ejecución de esta filosofía para mejorar la productividad puede ser aplicada en cualquier empresa transnacional, grande o PyMEs. *Lean Manufacturing* para acrecentar la productividad de una compañía esparraguera debido a problemas recurrentes en la producción relacionados a paros de máquinas, tiempos muertos en la línea de producción manual, exceso de almacenamiento de bienes terminados, etc. Para ello, se tomó como base la metodología 5´S y

SMED, así como *Takt Time* y OEE, logrando un incremento de un 5% en la productividad (Namuche & Zare, 2017).

Por su parte, Escárate, (2017) determinó mediante la observación directa la medida en que 5´S incrementa la productividad en la obtención de huevos en la Granja Avícola San Antonio. Concluyendo que las horas hombre se reducen, consiguiendo una eficiencia del 16.8%, una eficacia del 7.9%, y la productividad se incrementa un 22%. Otro ejemplo es el que menciona Angeles, (2018) esta investigación se centra en el plan de mejora en el proceso de Cross Docking en donde se aplicaron herramientas como 5´S, *Kaizen*, análisis causa efecto, entre otros, esto les permitió reducir un 17% de tiempos de inspección y el aumento del 20% de la productividad.

Sin embargo, es importante realizar una implementación correcta, de lo contrario el nivel de desempeño puede no ser el esperado. Esto fue objeto de investigación por parte de Monge, (2015) en dónde realizó encuestas a los gerentes de la planta un análisis comparativo de 40 plantas manufactureras, 12 medianas y 28 grandes en Apodaca, México, en donde se encontró que el desempeño para ambas categorías es bajo, lo cual significa que no se observa una implantación efectiva de *Lean Manufacturing*.

En el estudio perpetrado por Favela et al., (2019), se estudió el efecto que aporta cada herramienta a la productividad de una empresa, llegando a la conclusión que las herramientas 5´S, TPM, JIT, *Kaizen, Kanban,* SMED y VSM son las que más repercuten en la productividad de las compañías.

Así cómo el tamaño de la empresa es indiferente para la ejecución de manufactura esbelta, el rubro de la industria tampoco representa un problema al aplicar las técnicas de ingeniería industrial. Una de las industrias dónde ha sucedido un alza significativa de implementación de manufactura esbelta es en la fabricación de alimentos, prueba de ello es la revisión sistemática realizada por Cuggia et al., (2020) en las primordiales bases de datos, en donde se rescataron

3,776 artículos en los cuales se implementó *Lean Manufacturing* en la industria alimenticia en un lapso de 5 años (2015 al año 2019).

La industria alimenticia se conforma de diversos tipos de comestibles como las carnes, lácteos, frutas, granos y hortalizas, productos de alimentación animal, panificación, azúcar, pesquera y agropecuaria, entre otras. Un caso de estudio relacionado con la industria de alimentos específicamente de producción de granos y hortalizas es el de Luna y Quezada, (2020) donde se realizó un sistema piloto en el cultivo de zapallo en Perú buscando incrementar la rentabilidad, eficientizar los recursos, ser más competitivos y tener un crecimiento agrícola por medio de capacitación *Lean* en un lapso de 18 meses. En la primera fase del proyecto se le explicó la importancia y beneficios a los productores y trabajadores, además de indagar acerca de las circunstancias del terreno y las técnicas de trabajo. En la segunda fase se identificaron las necesidades y se seleccionó la herramienta Lean que más se adecuara a la necesidad, para posteriormente capacitar a los agricultores. En la última fase se implementaron las herramientas seleccionadas según fueran las condiciones puestas por cada agricultor, y se propusieron asesorías para conocer el desarrollo de cada herramienta implementada y descubrir posibles problemas. Una vez terminado el proyecto se entrevistó a los agricultores los cuales revelaron efectos positivos en el entorno de trabajo, influyendo positivamente en los tiempos de entrega, reducción de inventarios y creciendo la eficiencia de los recursos.

A su vez, Mosquera, (2020) implementa la metodología de Manufactura Esbelta en la compañía Bioalimentar Compañía Limitada que contaba con una nueva infraestructura que generaba mudas de proceso debido a la poca organización de la planta, también, tenía problemas con los tiempos elevados de cambios de utillaje de maquinaria. Debido a esto, se realizó un VSM que permitió identificar las áreas de mejora y los desperdicios, los cuales fueron las esperas, defectos y procesamientos incorrectos. Las propuestas de mejora consistían en la implementación de 5´S, SMED y Sistema de participación del personal. Una vez que fueron aplicadas se mejoró la limpieza y orden de la planta, también se redujo el tiempo de cambio de utillaje de 0,102 min/unidad a 0,071 min/unidad, lo cual permitió aumentar la capacidad de fabricación.

Otro ejemplo de implementación de *Lean Manufacturing* en ganadería es la realizada por Conant et al., (2019) en donde una empresa dedicada a obtener carne de cerdo deseaba acortar mudas en el área de rebanado. En el estudio se describieron las actividades realizadas en el proceso, determinaron tiempos de ciclo, para después elaborar dos VSM, uno del proceso actual en el cual identificaron las acciones que no agregan valor, y otro del proceso futuro con la implementación de las soluciones de mejora. En conclusión, se obtuvo un plan de acción para monitorear la producción modificando las líneas de producción a células de manufactura. Con las mejoras propuestas se pudo determinar que se pueden ahorrar $200 mil pesos mexicanos en pérdidas de materia prima.

Se tiene documentado el caso de la empresa Ecomphisa de Perú, la cual comercializa diversos pescados, crustáceos y moluscos para consumo humano, Sánchez, (2013) realizó el diagnóstico del proceso operativo de la empresa para examinar el estado real y propuso mejoras manejando el método 5´S para distinguir las dificultades y sus probables antecedentes. Esta investigación tuvo como resultado mejoras cualitativas y cuantitativas que beneficiaron a la empresa, como un aumento de la utilización y eficiencia del espacio para la comercialización del 72% al 89%.

Cabe mencionar que en las publicaciones examinadas no se encontró información empírica sobre la aplicación de *Lean Manufacturing* para incrementar la productividad en granjas acuícolas del tipo AREL porque la mayoría son operadas a través de procesos operacionales empíricos e informales.

Capítulo 3
Metodología

Este capítulo describe el tipo de investigación realizada abordando el sitio de estudio, las variables de estudio, la recopilación de la información, así como el abordaje metodológico efectuado en la implementación el proyecto, el cual comprende la determinación del estado real del proceso, identificación de las áreas de oportunidad y la propuesta e implementación de las mejoras.

3.1 Acerca de la investigación

De acuerdo con Hernández et al., (2014, pp. 4-5; 90-91;151), la investigación realizada tiene un enfoque cuantitativo debido a que sigue un proceso secuencial utilizando datos numéricos. El alcance es exploratorio ya que, pretende examinar un tema poco abordado anteriormente. Así mismo, cuenta con un diseño cuasiexperimental dado que los lotes a analizar son grupos ya conformados antes de la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial en el proceso de producción acuícola.

El sitio de estudio de esta investigación es la empresa Ingeniería Agropecuaria del Papaloapan S.P.R. de R.L. localizada en Tierra Blanca, Veracruz, México. La empresa realiza actividades agrícolas y ganaderas además de la producción acuícola. De esta última, la empresa cultiva tilapia de la línea *Spring Tilapia ® de Akvaforsk Genetics Center*, y la variable de estudio principal es la densidad de siembra teórica y real.

Por otra parte, el método de recopilación de información utilizado se muestra en la *Figura 3. 1*, en donde se inicia con una búsqueda general que abarcó: seis bases de datos, Google académico, Scielo, RENIECYT, *Spring Nature, Redalyc y Elsevier*; dos revistas y una plataforma de

conferencias. Se utilizaron palabras clave como, Acuicultura, Calidad, 5´s, Tilapia, VSM, Mapeo de la cadena de valor, *Lean Manufacturing*, OEE, Agricultura, Industria Alimenticia, Alimentos, hasta llegar a la definición de cuáles artículos son de interés para esta revisión, considerando como criterios de inclusión el uso de artículos y tesis de acceso abierto, libros impresos y digitales, y de exclusión que no fueran reportes, apuntes de clase y/o prácticas y que su fecha de publicación fuera superior al 2015. Obteniendo como resultado 10 referencias de investigación que abarcan tesis y artículos científicos. Sin embargo, no sé encontró información de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en la producción acuícola del tipo AREL para la especia de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

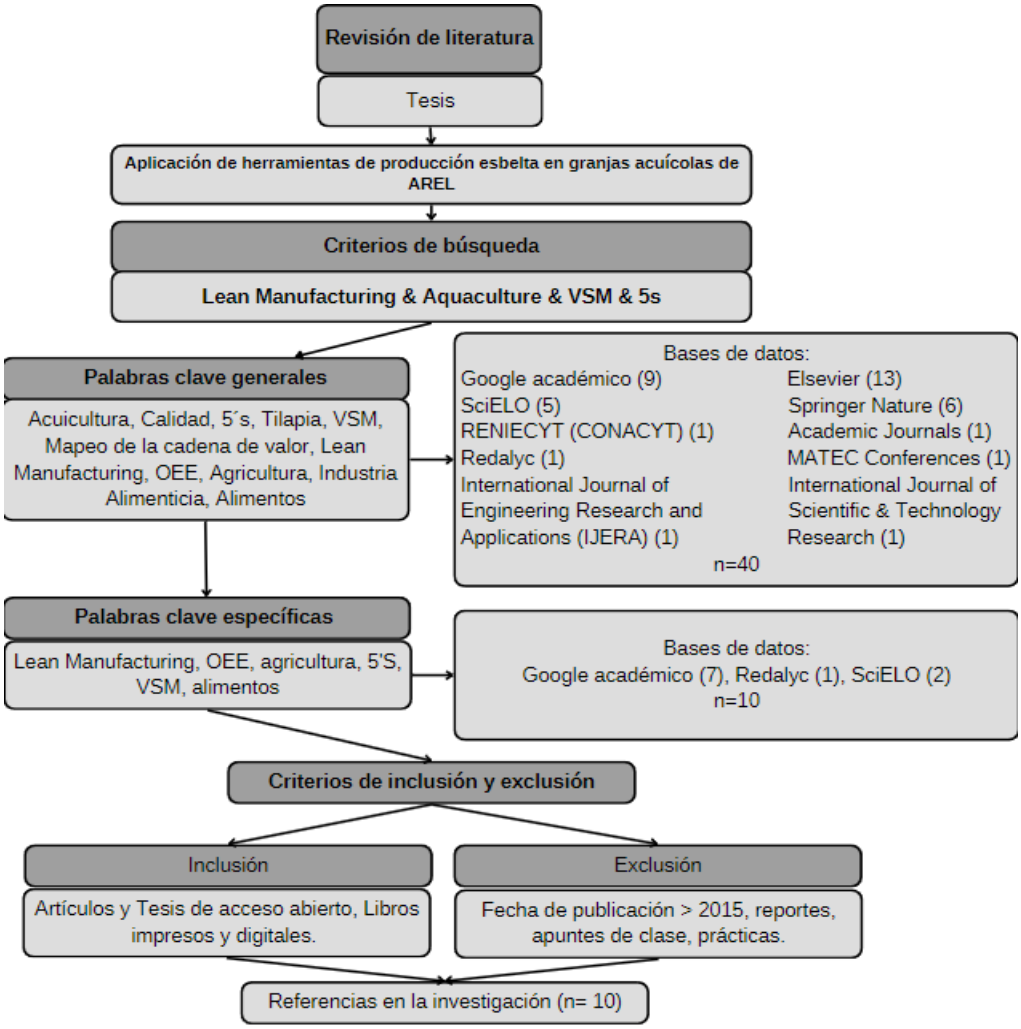


Figura 3. 1 Método utilizado.

3.2 Abordaje metodológico

La metodología del proyecto está basada en el ciclo de Deming, por lo qué, se realizarán 3 ciclos PHVA simultáneamente. Cada uno se describen a continuación:

1) **Ciclo de Deming para análisis del proceso**

   La metodología del proyecto está basada en el ciclo de Deming, por lo qué, se realizarán 3 ciclos PHVA simultáneamente. Cada uno se describen a continuación:

   - Planear: Se recopilarán datos históricos de diferentes lotes con el fin de analizarlos y relacionar las variables y parámetros utilizados en la producción acuícola a la producción industrial.
   - Hacer: Una vez analizada la información se creará la analogía de términos a fin de adecuarlos al contexto de la acuicultura. Posteriormente, se evaluará el estado actual del proceso mediante el uso de la herramienta VSM a fin de encontrar las áreas de oportunidad existentes, de las cuales se seleccionará una utilizando la matriz de priorización.
   - Verificar: Se aplicarán las herramientas que se consideren necesarias para satisfacer las áreas de oportunidad encontradas en el punto anterior. A su vez, se diseñarán dos aplicaciones tecnológicas, la primera; permitirá calcular la densidad de siembra teórica de acuerdo con datos proporcionados por SADER (2021) y la segunda; proporcionará el cálculo de la densidad de siembra real de la empresa.
   - Actuar: Se realizará un análisis comparativo de los resultados considerando las condiciones iniciales del proceso y los resultados de las propuestas de mejora.

2) **Ciclo de Deming para metodología 5´S**

   - Planear: Se visitará la empresa a fin de observar la situación inicial y las deficiencias encontradas, a su vez se indagará en Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola la existencia de alguna norma que se pueda relacionar con la metodología 5´S.

- Hacer: Se realizará material de apoyo para el curso que será impartido y/o material para la empresa, a su vez, se diseñarán los señalamientos para cada área de la empresa siguiendo los requerimientos que menciona en Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola.
- Verificar: Se verificará lo desarrollado con el director y el personal de la compañía con el fin que la empresa autorice y/o modifique a su conveniencia los formatos que serán entregados para el seguimiento de las 5´S.
- Actuar: Entrega de señalamientos a la empresa para ser colocados en su lugar correspondiente, así como la entrega de los formatos de seguimiento y chequeo, junto con el vídeo de capacitación para las aplicaciones tecnológicas realizadas y del método 5´S.

3) Ciclo de Deming para OEE

- Planear: Se buscará bibliografía de aplicación del indicador OEE en granjas acuícolas, en caso de no encontrar se realizará la analogía de la producción industrial a la producción acuícola de este concepto.
- Hacer: Se realizará la adecuación de variables del OEE y sus fórmulas a los datos obtenidos de la producción acuícola en los ocho lotes estudiados.
- Verificar: Se adecuarán las nuevas fórmulas del OEE para la producción acuícola y se realizará una aplicación tecnológica para el cálculo del OEE.
- Actuar: Se calculará el OEE de cada lote estudiado, así como el OEE global.

Capítulo 4
Desarrollo

En este capítulo se describen las actividades y la aplicación de sus respectivas herramientas, desde las empleadas para definir el problema, analizar las causas, determinar soluciones y controlar la mejora lograda. Se presentan 3 ciclos de Deming; el primero, para el análisis del proceso; el segundo, para la metodología 5´S y el tercero, para el indicador OEE.

4.1 Ciclo de Deming para análisis del proceso

Para realizar el primer ciclo de Deming para el análisis del proceso es necesario enfocar las actividades mencionadas en el capítulo anterior.

4.1.1 Planear

La empresa proporcionó datos históricos correspondientes a ocho lotes de producción de Tilapia desde el año 2016 al 2019. Debido a que los datos proporcionados no se encontraron completos en todos los casos, se definen los términos utilizados en la producción acuícola y su correspondiente cálculo:

- **Período de duración.** Fecha exacta de inicio y término del cultivo.
- **Días de producción teóricos.** Son los días que la empresa espera tener de ciclo de producción y se determina en el plan de producción. Por ejemplo, si se espera tener un ciclo de 6 meses, se espera que el cultivo dure 180 días.
- **Días de producción reales.** Son el número exacto de días transcurridos desde el inicio de producción hasta la cosecha.

- **Biomasa.** Peso total de los organismos por unidad de área del lugar donde se realiza el cultivo. La biomasa se calcula multiplicando el número de animales del lote por el peso promedio de los organismos, tal como se muestra en la Ecuación 4.1.

$$Biomasa = (\#animales)\ (peso\ promedio) \ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 4. 1)}$$

La biomasa esperada es determinada por la empresa en el plan de producción y es la meta a la cual la empresa aspira alcanzar, mientras que la biomasa cosechada es la obtenida al final del ciclo de producción.

- **Peso inicial.** El peso que tienen los alevines cuando el lote es comprado, generalmente suele ser entre 1-3 gr.
- **Peso promedio.** El peso promedio del lote de organismos se puede obtener del despeje de la ecuación anterior en caso de desconocerlo. Esto se visualiza en la Ecuación 4.2.

$$Peso\ promedio = \frac{biomasa}{\#\ animales} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 4. 2)}$$

- **Peso final.** El peso final establecido por el cliente y/o la empresa. De acuerdo con documentos de la empresa se determinaron los pesos iniciales y finales en gramos para cada etapa del proceso, esto se visualiza en la Tabla 4. 1.

Tabla 4. 1 Pesos iniciales y finales para cada etapa.

Etapa	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Siembra	1	8
Pre engorda	8	108
Engorda	108	524
Cosecha	524	-

- **Ganancia de peso diario (GDP, gr/día).** Indica cuantos gramos crece el organismo en un tiempo determinado. Se obtiene restando los pesos iniciales y finales, y dividiéndolos entre la cantidad total de días de producción. La Ecuación 4.3 ejemplifica esto.

$$GDP = \frac{Peso\ final - peso\ inicial}{días\ de\ producción} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 4. 3)}$$

- **Factor de conversión alimenticio (FCA).** Es la ración de sustento alimenticio proporcionado entre la diferencia de la biomasa inicial y la biomasa final. Esto se puede ver en la Ecuación 4.4.

$$FCA = \frac{cantidad\ de\ alimento}{\Delta\ biomasa} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 4. 4)}$$

En la

Tabla 4. 2 se puede observar que en el 50% de los lotes no alcanzó la meta de producción establecida debido a fallas eléctricas, incrementando la mortalidad de las especies ya que los aireadores que proveen de oxígeno a los organismos no funcionaron, afectando directamente la biomasa cosechada.

Tabla 4. 2 Datos históricos proporcionados por la empresa.

#	Periodo	Nombre	Tamaño Lote	Días de producción	Días reales	Peso inicial gr	Peso final gr	Peso promedio gr	FCA	Biomasa meta kg	Biomasa Cosechada kg	Comentarios
1	15/mayo al 15/nov/16	JA	4000	180	184	1	500	626	1.33	2000	2504	
2	15/sep./16 al 15/May/17	EA	5000	210	242	1	510	615.2	1.5	2500	3076	
3	22/dic/16 al 27/jul/17	ED	5000	210	218	1	510	181.6	2.66	2500	908	Falla eléctrica
4	5/abr/17 al 17/oct/17	ALICIA	5000	180	195	1	600	540	1.72	2500	2700	
5	17/jul/17 al 17/ene/18	ELENA	8000	180	185	1	550	241.25	1.77	4000	1930	Falla eléctrica
6	17/sep./17 al 15/May/18	NICA	3000	240	243	3	500	222	3.3	1500	666	Falla eléctrica
7	5/dic/17 al 15/ago./18	ADELAIDA	5000	240	254	1	650	380	1.7	2500	1900	Falla eléctrica
8	15/nov/18 al 15/jul/19	JA	4000	240	243	1	420	638.25	1.37	2000	2553	

4.1.2 Hacer

La segunda fase se divide en tres puntos: el primero, la creación de la analogía; el segundo, la evaluación del estado actual con la herramienta VSM y el tercero, la selección del área de oportunidad por solucionar. Esto se enlista a continuación:

1. **Analogía**

   Para la evaluación del estado actual es indispensable adecuar las situaciones a las que se enfrenta la producción acuícola con los elementos y conceptos utilizados en la producción industrial, y así obtener la analogía presentada en la

   Tabla 4. 3.

Tabla 4. 3 Analogía de conceptos de producción industrial a producción acuícola.

	Producción industrial	**Producción acuícola**
Tiempo de ciclo teórico	Período de tiempo entre el inicio de una unidad de producción y el inicio de la siguiente.	Tiempo teórico que tarda un alevín en llegar al peso final para cada etapa.
Tiempo de ciclo real	Período de tiempo entre el final de una unidad de producción y el inicio de la siguiente unidad.	Tiempo real que tarda un alevín en llegar al peso final para cada etapa.
Scrap rate:	El porcentaje promedio de producto defectuoso que debe ser reelaborado o desechado.	El porcentaje de no supervivencia de organismos.
Tiempo de cambio	Período de tiempo entre la última pieza de un producto y la primera pieza buena del siguiente producto.	Tiempo de preparación del estanque antes de recibir el lote en una nueva etapa.
Tiempo por persona	Período de tiempo que un operador está trabajando en la creación de una sola pieza.	Tiempo invertido por el trabajador para alimentar a los organismos.
Tiempo disponible	La cantidad total de tiempo por día que la estación de trabajo está abierta para creación y/o modificación en la familia de productos asignada.	Tiempo total por día en que se puede producir. Tiempo promedio de producción por lote completo

2. VSM del estado actual

Para la realización del VSM es necesario determinar ciertas condiciones de la empresa, las cuales son:

- **Familia de productos:** mojarras Tilapia.
- **Los clientes:** restaurantes, marisquerías y público en general que compran en las instalaciones.
- **La demanda:** La producción acuícola trabaja con un sistema *push*, por lo que, como demanda se considerarán los kilogramos de biomasa producidos por cada ciclo de cultivo.
- **Días laborables por semana:** en la producción acuícola se laboran los 7 días de la semana, 24 horas al día, debido que en cada momento los organismos siguen alimentándose y creciendo.
- **Los procesos:** Los procesos efectuados en la empresa se llevan a cabo en cuatro etapas: siembra, pre engorda, engorda y cosecha.
- **No. de relevos**: en la empresa, al ser del tipo AREL sólo trabajan 2 personas dentro del proceso.
- **El proveedor:** El proveedor de los alevines. Las compras de materia prima se realizan cada cuatro meses.

En la Figura 4.1 se puede observar el primer VSM para el lote JA, los VSM de los siete lotes restantes se pueden ver del Anexo 1 al Anexo 7.

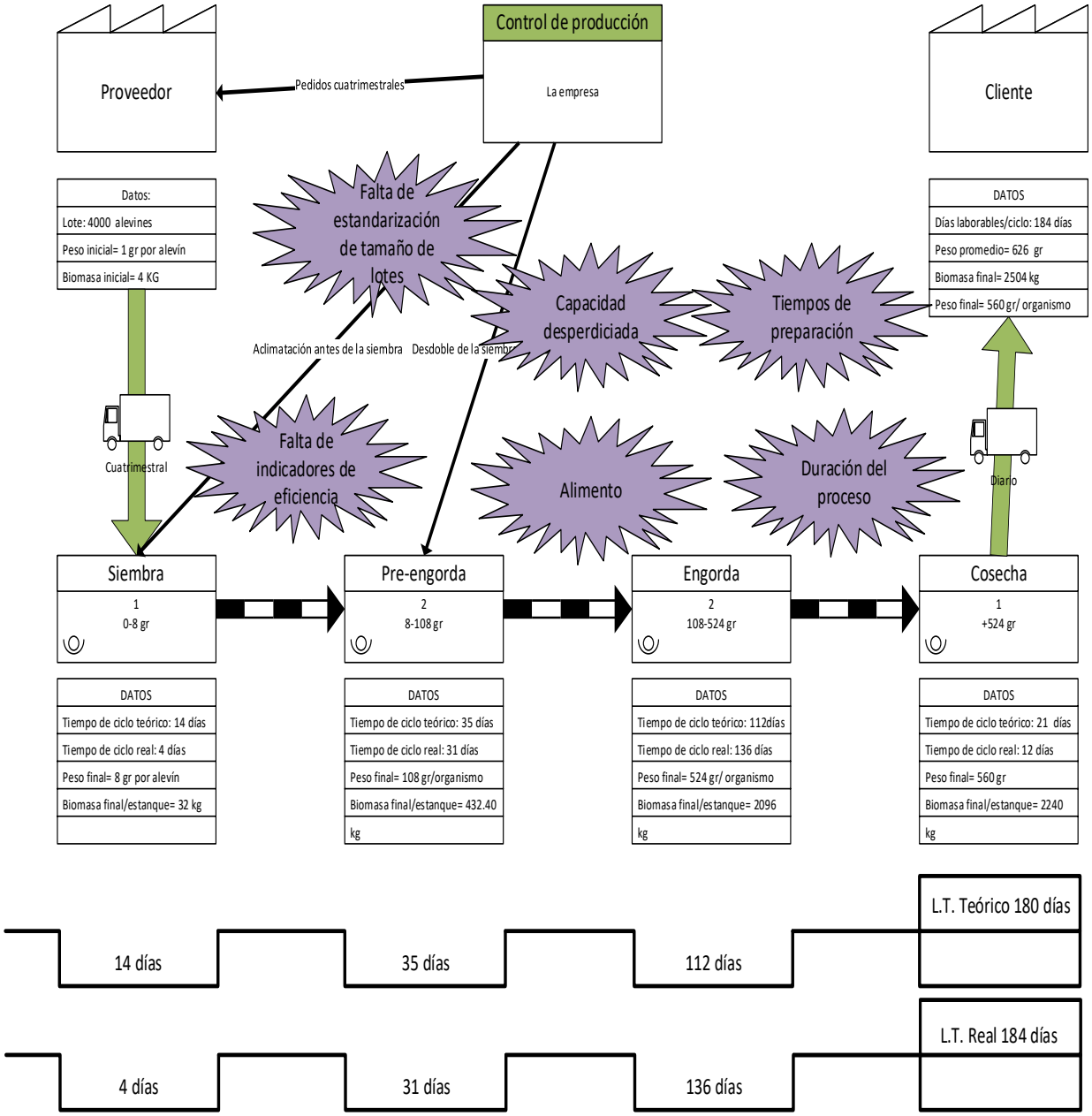


Figura 4. 1 VSM para lote JA.

El VSM comienza con la empresa realizando pedidos cuatrimestrales a su proveedor con tamaño de lote que varían de los 3,000 a los 8,000 organismos. Este lote es transportado, aclimatado y sembrado al estanque disponible y permanece ahí hasta que alcanza los 8 gr en promedio (14 días), posteriormente pasa a la siguiente etapa, ocurriendo el primer desdoble en donde se separan los organismos en diferentes estanques, los VSM no representan el desdoble toda vez que en muchas ocasiones no se lleva a cabo para evitar el estrés en los organismos.

La segunda etapa es de pre engorda que finaliza cuando los organismos crecen 100 gr más (35 días). Para la tercera etapa, engorda, los organismos no son traspasados, sino que se mantienen (112 días) en el estanque de pre engorda hasta que lleguen al peso final deseado, que puede ser determinado por la empresa (524 gr) o por el cliente. En la etapa de cosecha (y último trasvase) es cuando se realizan las ventas de las Tilapias a los clientes. En este punto es indispensable mencionar que entre procesos no existen almacenamientos, debido a que los organismos mantienen el proceso en continua operación, inclusive antes, durante y después del tiempo de preparación (2 horas) que consisten en limpieza, desinfección y trasvase a otro estanque. Es trascendental aclarar que tanto los pesos, como los días para cada etapa se tomaron del documento utilizado para planear de la producción.

De los VSM se puede observar la primera área de oportunidad encontrada, que es la variación en la duración del proceso, esto se debe a factores como la variabilidad del tamaño de lote, ya que al tener un mayor lote los organismos no tienen el suficiente espacio para crecer y la ración de alimento se puede ver alterada, por lo cual otras áreas de oportunidad son la falta de estandarización del tamaño de lote, la capacidad de proceso desperdiciada y la falta de optimización del alimento. Al mismo tiempo, es posible identificar que los tiempos de preparación de estanques antes del trasvase suelen ser muy elevados, por lo que otra área de oportunidad es la reducción del tiempo de preparación.

En la Tabla 4. 4 se presenta los datos obtenidos de los VSM de cada cosecha.

Tabla 4. 4 Comparación de los VSM.

VSM	Período	Tamaño de lote	Lead Time o tiempo de entrega teórico	Lead Time o tiempo de entrega real	Área de oportunidad
1	15/05/2016-15/11/2016	4000	180	184	• Falta de indicadores de eficiencia en cada etapa. • Falta de optimización de alimento. • Estandarización del tamaño de lote. • Disminución de tiempo de preparación. • Capacidad desperdiciada. • Duración del proceso.
2	15/09/2016-15/05/2017	5000	210	242	
3	22/12/2016-27/07/2017	5000	210	218	
4	05/04/2017-17/10/2017	5000	180	195	
5	17/07/2017-17/01/2018	8000	180	185	
6	17/09/2017-15/05/2018	3000	240	243	
7	05/12/2017-15/08/2018	5000	240	254	
8	15/11/2018-15/07/2019	4000	240	243	

Del análisis de los ocho lotes se concluye que las diferencias existentes son las variaciones en el tamaño del lote lo cual implica la necesidad de implementar secuenciación al proceso. Por otra parte, no se cumplen los días de producción estimados debido a retrasos en la producción, esto debido a las fallas eléctricas presentadas y, finalmente, en todos los casos se encontraron las mismas áreas de oportunidad, lo cual sugiere que es un problema en la administración de producción.

3. Matriz de priorización

Después de identificar las áreas de oportunidad, se requiere seleccionar aquella cuya solución sea prioritaria, esto se hace mediante la aplicación de una matriz de priorización.

Los pasos para realizar la matriz de priorización se enlistan:

1) Determinar el objetivo. El propósito de la matriz es elegir un área de oportunidad a atender, considerando el tiempo de implementación y las necesidades de la empresa.
2) Listado de opciones generadas. Las áreas de oportunidad encontradas son:
   - Falta de indicadores de eficiencia en cada etapa.
   - Falta de optimización de alimento.
   - Estandarización del tamaño de lote.
   - Disminución de tiempo de preparación.
   - Capacidad desperdiciada.
   - Duración del proceso.
3) Ponderación de cada criterio.
4) La puntuación utilizada para comparar cada criterio es:

1	=	Misma importancia.
5	=	Significativamente más importante.
10	=	Mucho más importante.
$\frac{1}{5}$	=	Significativamente menos importante.
$\frac{1}{10}$	=	Mucho menos importante.

5) Evaluación de criterios y opciones. La
6)
7) Tabla 4. 5 expone la matriz de ponderación final de las opciones seleccionadas utilizando el método del consenso de criterio.

Tabla 4. 5 Matriz de ponderación final.

	Falta de indicadores de eficiencia en cada etapa	Falta de optimización de alimento	Estandarización del tamaño de lote	Disminución de tiempo de preparación	Capacidad desperdiciada	Duración del proceso	Total	Porcentaje
Falta de indicadores de eficiencia en cada etapa	1	5	1/5	10	5	1/5	21.40	28.12%
Falta de optimización de alimento	1/5	1	1/10	1/10	1/5	1/5	1.80	2.37%
Estandarización del tamaño de lote	1	1/5	1	5	1	1/5	8.40	11.04%
Disminución de tiempo de preparación	1/10	1/5	1/5	1	1/5	5	6.70	8.80%
Capacidad desperdiciada	5	10	5	10	1	1/5	31.20	41.00%
Duración del proceso	1/10	1/5	5	1/5	1/10	1	6.60	8.67%
Total	7.40	16.60	11.50	26.30	7.50	6.80	76.10	100.00%

8) Identificación de la alternativa prioritaria

Se seleccionaron tres alternativas que obtuvieron el mayor porcentaje:

- **La capacidad desperdiciada** porque es la que obtuvo el mayor porcentaje: 41%.
- **La falta de indicadores de eficiencia en cada etapa**, considerada la segunda opción con mayor porcentaje: 28.12%.
- **La estandarización del tamaño de lote**, siendo la tercera opción con más porcentaje: 11.04%.

Por lo cual se decide trabajar sobre capacidad desperdiciada.

4.1.3 Verificar

Para atender la alternativa prioritaria de capacidad del proceso desperdiciada se debe realizar la comparación entre la capacidad teórica de proceso contra la capacidad real de proceso. En este momento es sustancial acentuar que la capacidad de proceso en la empresa abarca tanto la capacidad de aireación como la densidad de siembra por metro cúbico; sin embargo, para fines de esta investigación sólo se consideró la capacidad de proceso con respecto a la densidad de siembra.

Este apartado se divide en dos partes, en la determinación de capacidad teórica y en la determinación de la capacidad real, tal como se muestra a continuación:

1. **Determinación de la capacidad teórica**

   El problema existente al calcular la capacidad teórica es el número de estanques con capacidades desiguales, en distintas etapas de cultivo y con diferentes densidades de siembra, lo que complica la situación para la empresa en cuanto a qué sembrar, en donde hacerlo y qué cantidad, es por ello por lo que se diseñó una aplicación tecnológica en *Microsoft Excel* que permite realizar estos cálculos de manera más rápida. En este punto es vital mencionar que se utilizaron los datos de la densidad de siembra para cultivos semi intensivos de Tilapia proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2021) en el Diario Oficial de la Federación mostrados en la Tabla 4. 6.

Tabla 4. 6 Densidad de siembra para Tilapia. Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2021)

Etapa de cultivo	**Superficie de cultivo (orgs/m^2)**	**Densidad de cultivo (orgs/m^2)**	
		Mínimo	**Máximo**
Siembra	350-850	100-150	150
Pre engorda	450-1500	20-50	50
Engorda	1000-5000	10-30	30

Para utilizar la aplicación tecnológica de manera correcta se deben seguir las siguientes consideraciones:

1) Escribe únicamente en las celdas marcadas con amarillo claro .
2) Nunca modifique las celdas con los colores siguientes, tengan texto o no:

Azul claro.

Verde claro.

Verde medio.

Marrón.

Verde *aqua*.

Naranja claro.

Naranja medio.

Azul oscuro.

Amarillo.

3) Para determinar la densidad de siembra teórica a partir de los volúmenes por estanque, escriba en la primera parte de la hoja (Figura 4. 2) lo siguiente:

Nombre de la empresa:	La empresa					
Número de estanques:	26	Circulares:	26	Rectangular:	0	LOS DATOS CONCUERDAN
Organismos a sembrar:	3000	¿Desea los arreglos con valores...?			Ambos	

Figura 4. 2 Paso 3. Llenado de datos.

a. el nombre de la empresa.
b. número total de estanques utilizados para el proceso de producción de Tilapia, (incluyendo estanques circulares y rectangulares).
c. ¿cuántos de ellos son circulares?
d. ¿cuántos de ellos son rectangulares?
e. Si la empresa no utiliza estanques rectangulares debe escribir 0 en la celda correspondiente.
f. Si la suma de los estanques circulares y rectangulares no concuerda con el número total de estanques la hoja advertirá con el siguiente mensaje LOS DATOS NO CONCUERDAN, asegure de corregir antes de continuar hasta que se muestre LOS DATOS CONCUERDAN.
g. Lote de producción o el número de organismos a sembrar.
h. Si desea utilizar los valores mínimos o máximos de densidad de siembra o incluso ambos.

4) Ahora debe llenar la información de los estanques de la siguiente manera:
   a. Si todos los estanques tienen las mismas medidas y formas debe seleccionar SI, en caso contrario debe seleccionar NO.
   b. Si usted selecciona SI, le aparecerá la pregunta "¿Cuántos estanques son diferentes?", en donde debe poner el número de variedades de estanques que tenga su proceso. Por ejemplo, si usted utiliza *n* número de estanques circulares de 6 m de diámetro y *n* número de 8 m de diámetro, usted tiene 2 variedades o tipos de tanque.
   c. Si en su empresa tiene definidos los estanques que usa para cada etapa del proceso (siembra, pre engorda, engorda y cosecha) debe escribir SI; en caso contrario, debe escribir NO.

d. La Figura 4. 3 ilustra una tabla con *n* número de columnas que representa las variedades de estanques que previamente escribió (variedad máxima de 8 estanques), por lo cual, sólo debe seleccionar o escribir en las columnas de color amarillo claro [ ].

INFORMACIÓN DE LOS ESTANQUES

¿Todos los estanques tienen las mismas medidas/formas? NO

¿Cuántos estanques son diferentes? 4

¿Usa los mismos estanques para todo el proceso? NO

VARIEDAD	1	2	3	4
Forma=	Circular	Circular	Circular	Circular
Número=	5	6	12	3
Proceso=	Siembra	Pre-engorda	Pre-engorda	Engorda
Diam/Base=	3	6	12	7
Espesor=				
Altura=	1.2	1.2	1.2	1
Área=	7.07	28.27	113.10	38.48
Volumen=	8.48	33.93	135.72	38.48

Figura 4. 3 Paso 4. Información de los estanques.

- Forma (circular o rectangular).
- Número: número de estanques que tiene de esa variedad.
- Proceso: siembra, pre engorda y engorda.
- Diam/Base: diámetro del estanque circular o base (longitud) de estanque rectangular.
- Espesor: sólo llene en caso de tener estanques rectangulares, ya que representa el ancho del estanque.
- Altura: Altura del estanque desde el suelo.

Las celdas de área y volumen son calculadas automáticamente con los datos proporcionados, coloque los datos correctamente. A partir de este punto ya no debe escribir nada adicional.

5) Al costado de la información de los estanques aparecen dos tablas:

a. La primera (Tabla 4. 7) muestra el cálculo de la densidad de siembra teórica por superficie de estanque (organismos/m^2) con los valores mínimos y máximos para cada variedad.

Tabla 4. 7 Densidad de siembra por superficie de cultivo.

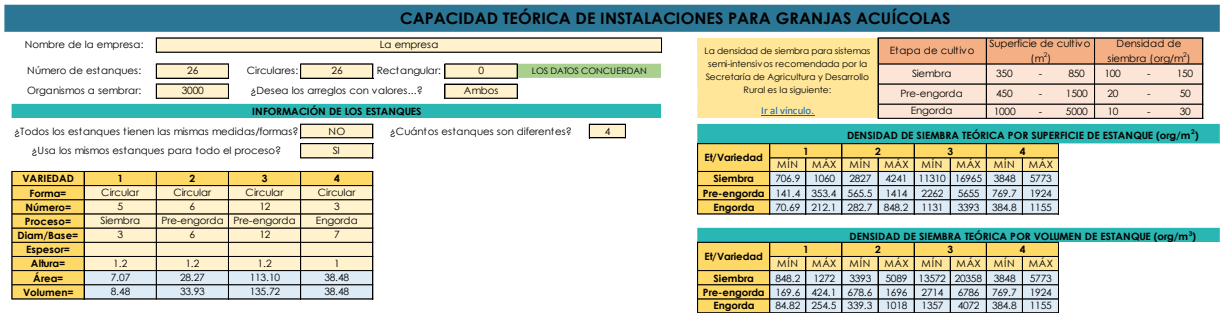
DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR SUPERFICIE DE ESTANQUE (org/m^2)								
Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	706.9	1060	2827	4241	11310	16965	3848	5773
Pre-engorda	141.4	353.4	565.5	1414	2262	5655	769.7	1924
Engorda	70.69	212.1	282.7	848.2	1131	3393	384.8	1155

b. La segunda (Tabla 4. 8) muestra el cálculo de la densidad de siembra teórica por volumen de estanque (organismos/m^3) con los valores mínimos y máximos para cada variedad.

Tabla 4. 8 Densidad de siembra por volumen de cultivo.

DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR VOLUMEN DE ESTANQUE (org/m^3)								
Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	848.2	1272	3393	5089	13572	20358	3848	5773
Pre-engorda	169.6	424.1	678.6	1696	2714	6786	769.7	1924
Engorda	84.82	254.5	339.3	1018	1357	4072	384.8	1155

La primera parte de la interfaz de la aplicación tecnológica se muestra en la Figura 4. 4, sin embargo, para visualizarlo mejor se dividió en dos partes (a y b). Esto se puede ver en la Figura 4. 5 y Figura 4. 6.



CAPACIDAD TEÓRICA DE INSTALACIONES PARA GRANJAS ACUÍCOLAS

Nombre de la empresa: La empresa

Número de estanques: 26 Circulares: 26 Rectangular: 0 LOS DATOS CONCUERDAN

Organismos a sembrar: 3000 ¿Desea los arreglos con valores...? Ambos

INFORMACIÓN DE LOS ESTANQUES

¿Todos los estanques tienen las mismas medidas/formas? NO ¿Cuántos estanques son diferentes? 4

¿Usa los mismos estanques para todo el proceso? SI

VARIEDAD	1	2	3	4
Forma=	Circular	Circular	Circular	Circular
Número=	5	6	12	3
Proceso=	Siembra	Pre-engorda	Pre-engorda	Engorda
Diam/Base=	3	6	12	7
Espesor=				
Altura=	1.2	1.2	1.2	1
Área=	7.07	28.27	113.10	38.48
Volumen=	8.48	33.93	135.72	38.48

La densidad de siembra para sistemas semi-intensivos recomendada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural es la siguiente:

Ir al vínculo.

Etapa de cultivo	Superficie de cultivo (m^2)			Densidad de siembra (org/m^2)		
Siembra	350	-	850	100	-	150
Pre-engorda	450	-	1500	20	-	50
Engorda	1000	-	5000	10	-	30

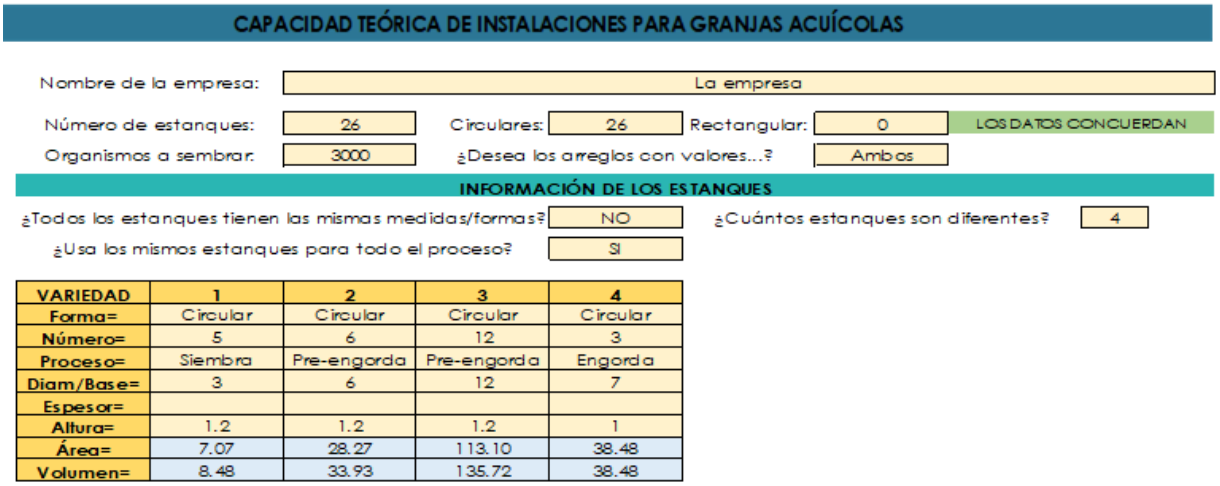
DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR SUPERFICIE DE ESTANQUE (org/m^2)

Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	706.9	1060	2827	4241	11310	16965	3848	5773
Pre-engorda	141.4	353.4	565.5	1414	2262	5655	769.7	1924
Engorda	70.69	212.1	282.7	848.2	1131	3393	384.8	1155

DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR VOLUMEN DE ESTANQUE (org/m^3)

Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	848.2	1272	3393	5089	13572	20358	3848	5773
Pre-engorda	169.6	424.1	678.6	1696	2714	6786	769.7	1924
Engorda	84.82	254.5	339.3	1018	1357	4072	384.8	1155

Figura 4. 4 Interfaz de la aplicación tecnológica.



CAPACIDAD TEÓRICA DE INSTALACIONES PARA GRANJAS ACUÍCOLAS

Nombre de la empresa: La empresa

Número de estanques: 26 Circulares: 26 Rectangular: 0 LOS DATOS CONCUERDAN

Organismos a sembrar: 3000 ¿Desea los arreglos con valores...? Ambos

INFORMACIÓN DE LOS ESTANQUES

¿Todos los estanques tienen las mismas medidas/formas? NO ¿Cuántos estanques son diferentes? 4

¿Usa los mismos estanques para todo el proceso? SI

VARIEDAD	1	2	3	4
Forma=	Circular	Circular	Circular	Circular
Número=	5	6	12	3
Proceso=	Siembra	Pre-engorda	Pre-engorda	Engorda
Diam/Base=	3	6	12	7
Espesor=				
Altura=	1.2	1.2	1.2	1
Área=	7.07	28.27	113.10	38.48
Volumen=	8.48	33.93	135.72	38.48

Figura 4. 5 Aplicación tecnológica parte a.

CAPACIDAD TEÓRICA DE INSTALACIONES PARA GRANJAS ACUÍCOLAS

La densidad de siembra para sistemas semi-intensivos recomendada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural es la siguiente:

Ir al vínculo.

Etapa de cultivo	Superficie de cultivo (m^2)			Densidad de siembra (org/m^2)		
Siembra	350	-	850	100	-	150
Pre-engorda	450	-	1500	20	-	50
Engorda	1000	-	5000	10	-	30

DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR SUPERFICIE DE ESTANQUE (org/m^2)

Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	706.9	1060	2827	4241	11310	16965	3848	5773
Pre-engorda	141.4	353.4	565.5	1414	2262	5655	769.7	1924
Engorda	70.69	212.1	282.7	848.2	1131	3393	384.8	1155

DENSIDAD DE SIEMBRA TEÓRICA POR VOLUMEN DE ESTANQUE (org/m^3)

Et/Variedad	1		2		3		4	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Siembra	848.2	1272	3393	5089	13572	20358	3848	5773
Pre-engorda	169.6	424.1	678.6	1696	2714	6786	769.7	1924
Engorda	84.82	254.5	339.3	1018	1357	4072	384.8	1155

Figura 4. 6 Aplicación tecnológica parte b.

6) Los valores de densidad de siembra brindan 3 tablas más, una por proceso (siembra, pre engorda, engorda) dependiendo si seleccionó los arreglos con los valores mínimos, máximos o ambos. Cada tabla brinda la siguiente información:
   a. Variedad: Número de estanques diferentes que tiene su proceso.
   b. Medida: Diámetro o base en m de cada estanque.
   c. Estanques por utilizar: El número de estanques que se utilizan de acuerdo con el tamaño de lote y la densidad de siembra por volumen.
   d. Organismos sembrados: Número de organismos que se contienen en el estanque con respecto a la densidad de siembra.
   e. Organismos restantes: Número de organismos que debe (o no) ser acomodados en otros estanques.
   f. % de utilización: Porcentaje que se utiliza de la capacidad total del estanque.
   g. % restante: Porcentaje del estanque que no se utiliza.
   h. Si selecciona la opción de usar los mismos estanques en todo el proceso, las tablas considerarán todas las variedades de estanques disponibles (sólo en caso de que los estanques sean suficientes, en caso de ser insuficientes, la tabla eliminará la variedad con una columna de color negro) tal como se muestra en la Figura 4. 7.

SIEMBRA				
Variedad	1	2	3	4
Medida (m)	3	6	12	7
Est. a utilizar	4	1	1	1
Restantes	1	5	11	2
O. Sembrados	2827	2827	3000	3000
O. Restantes	173	173	0	0
% utilización	94.2%	94.2%	26.5%	78.0%
% restante	5.8%	5.8%	73.5%	22.0%

PRE-ENGORDA				
Variedad		2	3	4
Medida (m)		6	12	7
Est. a utilizar		5	1	3
Restantes		1	11	0
O. Sembrados		2827	2262	2309
O. Restantes		173	738	691
% utilización		94.2%	75.4%	77.0%
% restante		5.8%	24.6%	23.0%

ENGORDA				
Variedad			3	
Medida (m)			12	
Est. a utilizar			2	
Restantes			10	
O. Sembrados			2262	
O. Restantes			738	
% utilización			75.4%	
% restante			24.6%	

Figura 4. 7 Paso 6. Usando los mismos estanques en todo el proceso.

i. Si selecciona la opción de NO usar los mismos estanques en todo el proceso, las tablas considerarán únicamente los estanques a los que les haya asignado un proceso en el paso 2, esto se realiza para cada proceso individualmente (Figura 4. 8).

SIEMBRA				
Variedad	1	2	3	4
Medida (m)	3	6	12	7
Est. a utilizar	4	1	1	1
Restantes	1	5	11	2
O. Sembrados	2827	2827	3000	3000
O. Restantes	173	173	0	0
% utilización	94.2%	94.2%	26.5%	78.0%
% restante	5.8%	5.8%	73.5%	22.0%

PRE-ENGORDA				
Variedad		2	3	4
Medida (m)		6	12	7
Est. a utilizar		5	1	3
Restantes		1	11	0
O. Sembrados		2827	2262	2309
O. Restantes		173	738	691
% utilización		94.2%	75.4%	77.0%
% restante		5.8%	24.6%	23.0%

ENGORDA				
Variedad			3	
Medida (m)			12	
Est. a utilizar			2	
Restantes			10	
O. Sembrados			2262	
O. Restantes			738	
% utilización			75.4%	
% restante			24.6%	

Figura 4. 8 Paso 6. Usando los mismos estanques en todo el proceso.

El resumen de los estanques necesarios para el lote de producción, así como la opción que tenga un porcentaje alto de utilización se muestra en la Figura 4. 9.

SIEMBRA

Variedad	1
Medida (m)	3
Est. a utilizar	4
Restantes	1
O. Sembrados	2827
O. Restantes	173
% utilización	94.2%
% restante	5.8%

PRE-ENGORDA

Variedad	2	3
Medida (m)	6	12
Est. a utilizar	5	1
Restantes	1	11
O. Sembrados	2827	2262
O. Restantes	173	738
% utilización	94.2%	75.4%
% restante	5.8%	24.6%

ENGORDA

Variedad	[redacted]
Medida (m)	
Est. a utilizar	
Restantes	
O. Sembrados	
O. Restantes	
% utilización	
% restante	

Figura 4. 9 Paso 6. NO usando los mismos estanques en todo el proceso.

La interfaz completa de los arreglos se muestra en la Figura 4.10 y Figura 4.11.

Var.	Forma	RESUMEN
1	Circular	Se necesitan 4 estanques , donde se pueden depositar 2827 alevines, con 173 organismos restantes por acomodar.
2	Circular	Se necesitan 1 estanques , donde se pueden depositar 2827 alevines, con 173 organismos restantes por acomodar.
3	Circular	Se necesitan 1 estanques , donde se pueden depositar 3000 alevines, con 0 organismos restantes por acomodar.
4	Circular	Se necesitan 1 estanques , donde se pueden depositar 3000 alevines, con 0 organismos restantes por acomodar.

Var.	Forma	RESUMEN
2	Circular	Se necesitan 5 estanques , donde se pueden depositar 2827 alevines, con 173 organismos restantes por acomodar.
3	Circular	Se necesitan 1 estanques , donde se pueden depositar 2262 alevines, con 738 organismos restantes por acomodar.
4	Circular	Se necesitan 3 estanques , donde se pueden depositar 2309 alevines, con 691 organismos restantes por acomodar.

Var.	Forma	RESUMEN
3	Circular	Se necesitan 2 estanques , donde se pueden depositar 2262 alevines, con 738 organismos restantes por acomodar.

Figura 4. 10 Paso 8. Resumen.

DECISIÓN
La mejor opción es la 1 ya que se utiliza el 94.2% del espacio disponible.

DECISIÓN
La mejor opción es la 2 ya que se utiliza el 94.2% del espacio disponible.

DECISIÓN
La mejor opción es la 3 ya que se utiliza el 75.4% del espacio disponible.

Figura 4. 11 Paso 8. Resumen.

2. Capacidad real

La empresa considera cinco metas de producción para el proceso de cultivo de Tilapia, siendo las siguientes:

- Meta A: Muy alta densidad con 100 organismos/m^3.
- Meta B: Alta densidad con 50 organismos/m^3.
- Meta C: Media densidad con 30 organismos/m^3.
- Meta D: Baja densidad con 20 organismos/m^3.
- Meta E: Muy baja densidad con 10 organismos/m^3.

Sin embargo, la selección de la meta depende de cuatro restricciones indispensables; la cantidad de alimento suministrado, la capacidad de aireación en las instalaciones, el agua como principal recurso y el monto de inversión. Todas se correlacionan de manera directa, puesto que si alguna falta no es posible alcanzar ninguna de las metas. Por lo tanto, para conocer la capacidad real existente en la empresa se diseñó una segunda aplicación tecnológica, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

1) Escriba únicamente en las celdas marcadas con amarillo claro .
2) No se modifican las celdas con los colores siguientes, tengan texto o no:

Azul claro.	
Verde claro.	
Verde medio.	
Verde *aqua*.	
Naranja claro.	
Naranja medio.	
Azul oscuro.	
Amarillo.	

3) Para el correcto llenado de la aplicación tecnológica se escribe tal como se muestra en la Figura 4. 12, la denominación de la empresa, la fecha del reporte, fecha estimada de siembra y de cosecha, el peso esperado de cosecha, precio de venta por kilo en pesos mexicanos, así como el costo por kilo de alimento.

CAPACIDAD REAL DE INSTALACIONES PARA GRANJAS ACUÍCOLAS

Nombre de la empresa: La empresa Fecha de reporte:

Fecha estimada de siembra: Fecha estimada de cosecha: Tamaño de lote:

Peso estimado: Precio MXN Costo alimento: MXN Factor de conversión de alimento (FCA):

Figura 4. 12 Datos de la empresa.

4) Después se debe brindar información sobre estanques. En la Figura 4. 13 se observan 5 recuadros en donde se debe escribir el número de estanques utilizados en módulo I, módulo II, estanques de venta, cava y hospital, respectivamente. Esta acción despliega 5 recuadros más en donde se debe escribir la cantidad de organismos por estanque.

INFORMACIÓN DE ESTANQUES									
Módulo I:	0	Módulo II:	0	Venta:	0	Cava:	0	Cuarentena:	0
Org por estanque:		Org por estanque:		Org por estanque:		Org por estanque:		Org por estanque:	

Figura 4. 13 Cantidad de estanques.

5) Consiguientemente se debe responder si la capacidad instalada es conocida, en caso de conocerla, se debe seleccionar "Si" y escribir los m^3 totales de las instalaciones, y posteriormente escribir el volumen por estanque de cada área (módulo 1, módulo 2, venta, cava y cuarentena, respectivamente). Esto se muestra en la Figura 4. 14.

CAPACIDAD INSTALADA Y DE AIREACIÓN									
¿Conoce la capacidad total instalada?	Si	Capacidad instalada:		m3					
M3 Módulo I:		M3 Módulo II:		M3 Venta:		M3 Cava:		M3 Cuarentena:	
Capacidad de aireación total:		HPs	1 HP = 1000 kg de biomasa						

Figura 4. 14 Capacidad instalada conocida.

6) Por otro lado, si la capacidad es desconocida, debe seleccionar "No" y posteriormente dar clic en el vínculo (letras azules), así como se muestra en la Figura 4. 15. Esta acción lleva a una tabla que permite calcular la capacidad completando la siguiente información:
   - Si los estanques tienen las mismas medidas o formas debe seleccionar "Si", en caso contrario debe seleccionar "No".
   - Si selecciona "No" aparecerá la pregunta "¿Cuánto estanques son diferentes?", en donde se debe seleccionar el número de estanques diferentes que se tenga.
   - Si la empresa tiene estanques específicos para cada etapa del proceso, se debe escribir "Si"; en caso contrario, debe escribir "No".

CAPACIDAD INSTALADA Y DE AIREACIÓN

¿Conoce la capacidad total instalada? No

Cálculo de capacidad instalada: m3 *Para calcular presione aquí.

Capacidad de aireación total: HPs

Figura 4. 15 Capacidad instalada no conocida.

En la Figura 4. 16, se localiza la tabla en la cual se debe escribir únicamente en las celdas marcadas con color amarillo claro .

Cálculo de capacidad instalada

¿Todos los estanques tienen las mismas medidas/formas? No

¿Cuántos estanques son diferentes? 4

¿Usa los mismos estanques para todo el proceso? Si

VARIEDAD	1	2	3	4
Forma=	Circular	Circular	Circular	Circular
Cantidad=	7	5	2	9
Proceso=	Siembra	Pre-engorda	Pre-engorda	Engorda
Diam/Base=	2	5	3	10
Espesor=				
Altura=	1	1	1	1
Área=	87.96	274.89	47.12	1696.46
Vol individual=	3.14	19.64	7.07	78.54
Vol Total=	21.99	98.18	14.14	706.86

Figura 4. 16 Cálculo de capacidad instalada no conocida.

La información solicitada es la siguiente:

- Forma del estanque.
- Número de estanques.
- Proceso en el que se utiliza.
- Diámetro del estanque circular o longitud de la base del estanque en caso de ser rectangular.
- Espesor del estanque rectangular.
- Altura del estanque desde el suelo.

A partir de este punto ya no debe escribir nada adicional.

Si desea regresar a la pantalla principal toque el siguiente ícono .

Finalmente se debe escribir la cantidad total de HPs que se tienen.

7) En la Figura 4. 17 se muestran las metas de producción de la empresa.

METAS DE PRODUCCIÓN

La empresa utiliza las siguientes cinco metas de producción:

CAPACIDAD DEL SISTEMA EN MUY ALTA DENSIDAD	META	A	100	org/m^3
CAPACIDAD DEL SISTEMA EN ALTA DENSIDAD	META	B	50	org/m^3
CAPACIDAD DEL SISTEMA EN MEDIA DENSIDAD	META	C	30	org/m^3
CAPACIDAD DEL SISTEMA EN BAJA DENSIDAD	META	D	20	org/m^3
CAPACIDAD DEL SISTEMA EN MUY BAJA DENSIDAD	META	E	10	org/m3

Figura 4. 17 Sección 3. Metas de producción.

8) Una vez llenados estos campos, aparecen de 1 a 5 tablas diferentes, dependiendo de la cantidad de estanques existentes (información proporcionada en el paso 4). En esta (s) tabla (s) no debe escribir nada. Después de llenar la información solicitada, se debe dar clic al recuadro verde con la leyenda “Ir al resumen”. Esto se muestra en la Figura 4. 18.

MÓDULO 1												No. organismos=	6000
Estanque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
m3 por estanque	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	33.93	
Número de organismos	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
Densidad de siembra	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Kg de biomasa	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	
FCA	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	
Kg alimento diario	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	
Valor de la producción	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	24,500	

MÓDULO 2						No. organismos=	7200
Estanque	1	2	3	4	5	6	
m3 por estanque	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7	
Número de organismos	1200	1200	1200	1200	1200	1200	
Densidad de siembra	9	9	9	9	9	9	
Kg de biomasa	840	840	840	840	840	840	
FCA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
Kg alimento diario	1344	1344	1344	1344	1344	1344	
Valor de la producción	58,800	58,800	58,800	58,800	58,800	58,800	

VENTA		No. organismos=	0
Estanque	1		
m3 por estanque	8.482		
Número de organismos	0		
Densidad de siembra	0		
Kg de biomasa	0		
FCA	1.6		
Kg alimento diario	0		
Valor de la producción	0		

CUARENTENA		No. organismos=	0
Estanque	1		
m3 por estanque	15.08		
Número de organismos	0		
Densidad de siembra	0		
Kg de biomasa	10.56		
FCA	1.6		
Kg alimento diario	16.89		
Valor de la producción	739		

Figura 4. 18 Información sobre los estanques existentes.

9) El resumen mostrado en la Figura 4. 19 contiene información sobre la cantidad total de organismos, el peso de venta, los kg de biomasa esperada, el ingreso económico que se puede esperar, el porcentaje de utilización de instalaciones, la densidad de siembra promedio, la meta de producción en la que se encuentra el lote, el factor de conversión, los HPs requeridos para aireadores, la cantidad en kg de alimento necesitados y la inversión requerida para el cultivo. Así mismo, se debe responder si desea conocer la inversión necesaria para alcanzar otras metas bajo las mismas consideraciones. Si no conoce esta información, seleccionar “No”.

RESUMEN

La cantidad total de organismos es de 13,800 , con un peso de venta de 0.500 kg. La biomasa esperada es de 6,900 kg. La meta de ingreso económico es de $483,000.00
La capacidad instalada total es de 985.36 m3 y la capacidad utilizada es de 1260.00 m3, por lo que, el índice de utilización de instalaciones es del 127.87%
En función de la densidad de siembra, en promedio, se requiere 10 organismos por m3, por lo tanto, la empresa se encuentra en la Meta E en este cultivo.
El factor de conversión de alimento es de 1.5 , por lo que, se requieren 6.9 HPs de capacidad de aireación, mientras que, se requieren 10350 kg de alimento.
El kilo de alimento tiene un costo de $25.00 pesos mexicanos, es decir, requiero una inversión de $258,750.00 pesos mexicanos.

¿Desea conocer la inversión necesitada para alcanzar las metas restantes bajo las mismas condiciones? No

Figura 4. 19 Ventana Resumen.

10) Si desea conocer la inversión necesitada para alcanzar las metas restantes debe seleccionar "Si". Esto despliega una tabla que contiene la información proporcionada en el resumen, pero relacionada con cada meta. Si la columna tiene las letras de color rojo, significa que la capacidad de aireación es insuficiente y no es posible alcanzar esta meta. Sin embargo, si las letras son de color negro, la capacidad de aireación no sobrepasa a los que la empresa tiene. Esto se puede observar en la Figura 4. 20.

¿Desea conocer la inversión necesitada para alcanzar las metas restantes bajo las mismas condiciones?

META	A	B	C	D	E
Cantidad de organismos	126,000	63,000	37,800	25,200	12,600
Biomasa esperada	63,000	31,500	18,900	12,600	6,300
Ingreso económico	$4,410,000.00	$2,205,000.00	$1,323,000.00	$882,000.00	$441,000.00
Capacidad instalada m3	985.36	985.36	985.36	985.36	985.36
Densidad de siembra	128	64	38	26	13
HPs requeridos	63	32	19	13	6
Kgs de alimento	94,500	47,250	28,350	18,900	9,450
Inversión requerida	$2,362,500.00	$1,181,250.00	$708,750.00	$472,500.00	$236,250.00

Figura 4. 20 Resumen para todas las metas de producción.

4.1.4 Actuar

Una vez que las aplicaciones tecnológicas fueron aprobadas por la empresa se aplicaron para cada uno de los lotes con el fin de determinar la capacidad teórica y real:

1. **Capacidad teórica.**

Se debe recordar que esta aplicación tecnológica considera dos tipos de valores para densidad de siembra de acuerdo con datos de SADER, mínimos y máximos, por lo tanto, cada lote tendrá dos % de utilización de instalaciones diferente:

1) Valores mínimos:

En la Tabla 4. 9 se muestra el resumen de la capacidad de instalaciones desperdiciada promedio de los ocho lotes estudiados considerando que se usan los mismos estanques para todo el proceso. Esto significa que, en promedio, lo mínimo que se puede desperdiciar, con respecto a la capacidad volumétrica, es del 19.4%.

Tabla 4. 9 Índice de utilización de instalaciones para valores mínimos de densidad de siembra.

Etapa / lote	Tamaño	Siembra	Pre engorda	Engorda	Promedio por ciclo
JA	4000	88.4%	49.1%	98.2%	78.6%
EA	5000	90.5%	61.4%	81.4%	77.8%
ED	6500	69.6%	79.8%	79.8%	76.4%
ALICIA	5000	90.5%	61.4%	81.4%	77.8%
ELENA	8000	84.8%	98.2%	98.2%	93.7%
NICA	3000	88.4%	90.5%	73.7%	84.2%
ADELAIDA	5000	90.5%	61.4%	81.4%	77.8%
JA	4000	88.4%	49.1%	98.2%	78.6%
PROMEDIO POR ETAPA		86.4%	68.9%	86.5%	**80.6%**

2) Valores máximos:

Por su parte, en la Tabla 4. 10 se muestra el porcentaje de utilización de instalaciones si se utilizan los valores máximos de densidad de siembra proporcionados. En promedio, la capacidad de instalaciones

desperdiciada es del 17.6%. Entre ambos porcentajes, la diferencia es de 1.8%.

Tabla 4. 10 Índice de utilización de instalaciones para valores máximos de densidad de siembra.

Etapa / lote	Tamaño	Siembra	Pre engorda	Engorda	Promedio por ciclo
JA	4000	78.60%	84.80%	76.30%	79.90%
EA	5000	98.20%	90.50%	81.40%	90.00%
ED	6500	95.80%	78.30%	53.20%	75.80%
ALICIA	5000	98.20%	90.50%	81.40%	90.00%
ELENA	8000	84.80%	84.80%	65.50%	78.40%
NICA	3000	58.90%	75.40%	90.50%	74.90%
ADELAIDA	5000	98.20%	90.50%	81.40%	90.00%
JA	4000	78.60%	84.80%	76.30%	79.90%
PROMEDIO POR ETAPA		86.4%	85.00%	75.70%	**82.40%**

2. Capacidad real.

A partir de los resultados conseguidos en la aplicación tecnológica mostrados en la Tabla 4. 11, la empresa solo utilizó 30.65% de la capacidad real de sus instalaciones, esto quiere decir que, en promedio, la capacidad volumétrica real desperdiciada es de 69.35%.

Tabla 4. 11 Índice de utilización de instalaciones para capacidad real.

Etapa / lote	Tamaño	FCA	Meta	Densidad de siembra	% utilización	% desperdicio
JA	4000	1.33	E	9	36.52%	63.48%
EA	5000	1.53	E	12	28.70%	71.30%
ED	5000	2.67	E	12	28.70%	71.30%
ALICIA	5000	1.73	C	12	28.70%	71.30%
ELENA	8000	1.77	D	16	36.52%	63.48%
NICA	3000	3.30	C	12	20.87%	79.13%
ADELAIDA	5000	1.7	D	12	28.70%	71.30%
JA	4000	1.97	E	9	36.52%	63.48%
PROMEDIO				**11.75**	**30.65%**	**69.35%**

Esto significa que la empresa desperdició más de la mitad de capacidad volumétrica en los ocho lotes estudiados. Esto sucede debido a que la empresa no cuenta con una planificación de la producción adecuada, ya que siembran los nuevos lotes en el primer estanque que se encuentre libre.

4.2 Ciclo de Deming para implementación de 5´S

Dentro de las mejoras propuestas que buscan coadyuvar a las áreas de oportunidad detectadas, se encuentra la metodología 5´S para la cual se implementó otro ciclo de Deming. Las etapas se muestran a continuación.

4.2.1 Planear

Se realizó un recorrido por la empresa en donde se observó la falta de señalamientos en estanques, herramientas y máquinas, ausencia de delimitación de áreas, escasez de organización en estantes, materiales y herramientas rotos. Esto se puede apreciar en la Figura 4. 21, Figura 4. 22 y Figura 4. 23.

Figura 4. 21 Estante de herramientas. Foto: Erick Arturo Betanzo Torres.

Figura 4. 22 Estanques sin señalamientos. Foto: Erick Arturo Betanzo Torres.

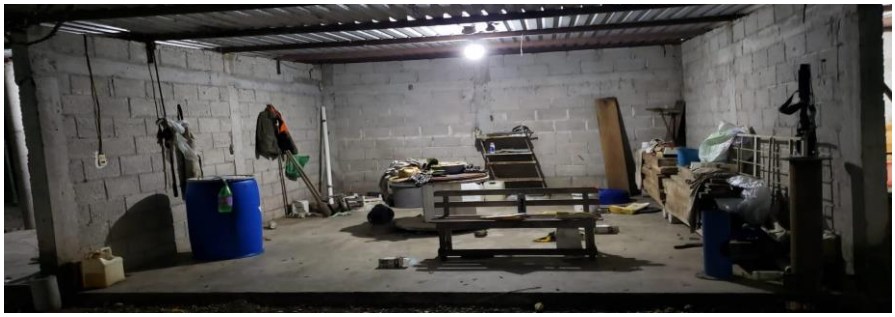


Figura 4. 23 Bodega desordenada. Foto: Erick Arturo Betanzo Torres.

Después de identificar el área de oportunidad se determinó implementar la metodología 5´S. Por lo cual, se elaboró un formato para diagnosticar la empresa con respecto a seis aspectos a evaluar, en donde considera si es necesario, el estado en el que se encuentra mediante un código de colores, verde, si se encuentra en buen estado; amarillo, si puede ser mejorado y rojo, si se encuentra en mal estado o no hay, así como si se encuentra señalado, debe ser limpiado, si se aprueba y los comentarios finales. Los aspectos evaluados son:

- Áreas de producción agrícola y ganadera.
- Área de producción acuícola. Incluyendo modulo I, modulo II, área de venta, área de desinfección, fosa de desechos, laboratorio de calidad del agua, bodega de materia prima y bodega de maquinaria.
- Equipo para empleados. Botas, mandil y botiquín de primeros auxilios.
- Área para empleados. Considerando el estacionamiento y casa de descanso para turno nocturno.
- Utensilios de limpieza. Cubetas, botes de basura, escobas, contenedor de alimentos.
- Equipo. Redes, aireadores, tubería de abastecimiento, herramientas para producción y para mantenimiento.

Del cual, se tuvo como resultado que el 12.5% no se encuentra en buen estado o no lo hay, el 37.5% se puede mejorar y el 50% se encuentra en buen estado, tal como se muestra en Figura 4. 24.

FORMATO DE 5´S PARA DIAGNÓSTICO

OBLIGATORIO: Escribe la fecha del día de la supervisión y el nombre de quién realizó.
Selecciona entre Verde - Buen estado, Amarillo - Puede mejorarse, Rojo - Mal estado o no hay
En caso de ser necesario escribe un comentario.

Fecha= 16-mar-23 **Realizó:** M.A.P.R.

Aspecto a evaluar		¿Es necesaria?		Estado	¿Está señalado?		Señalado cómo:	¿Se debe limpiar?		¿Se aprueba?		Comentarios
Áreas de producción	Agrícola	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	Faltan señalamientos y contenedor de basura
	Ganadera	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
Área de producción acuícola	Módulo I	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	Falta de señalamientos y contenedor de basura además de que debe ordenarse los estantes de las bodegas. Falta de señalamiento para el laboratorio de calidad de agua (se tiene el equipo pero no hay un área establecida para realizar el análisis de agua)
	Módulo II	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Venta	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Área de desinfección	Si	No		Si	No	Área de desinfección	Si	No	Si	No	
	Fosa de desechos	Si	No		Si	No	Fosa	Si	No	Si	No	
	Laboratorio de calidad de agua	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Bodega de materia prima	Si	No		Si	No	Bodega	Si	No	Si	No	
	Bodega de maquinaria	Si	No		Si	No	Bodega	Si	No	Si	No	
Equipo para empleados	Botas	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	Definir espacio para colocar el equipo personal
	Botiquín de primeros auxilios	Si	No		Si	No	Botiquín de primeros auxilios	Si	No	Si	No	
	Mandil	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
Área para empleados	Estacionamiento	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Casa de descanso	Si	No		Si	No	CASA	Si	No	Si	No	
Utensilios de limpieza	Cubetas	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	Definir espacio para equipo de limpieza. Se requieren contenedores de basura en áreas de produccion y área para empleados.
	Botes de basura	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Escobas	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Contenedor de alimentos	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
Equipo	Redes	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	Requiere señalamientos y contenedor de basura
	Aireadores	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Tubería de abastecimiento	Si	No		Si	No	Tubería de abastecimiento	Si	No	Si	No	
	Herramientas para producción	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	
	Herramientas para mantenimiento	Si	No		Si	No	-	Si	No	Si	No	

Figura 4. 24 Formato diseñado para diagnóstico.

4.2.2 Hacer

Subsiguientemente, se indagó en el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria emitido por Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) el cual recomienda la adecuada identificación de las zonas y equipos de trabajo a través de señalamientos claramente visibles, que incluya información sobre el empleo apropiado de los equipos de seguridad personal y las medidas de seguridad necesarias para prevenir accidentes. El manual instituye que los señalamientos deberán cumplir con los requisitos señalados en la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-1998. Los tintes de seguridad establecidos en la norma se muestran en la Tabla 4. 12, mientras que en la Tabla 4. 13 se encuentran los colores contrastantes y las formas geométricas para las señales de seguridad en la Tabla 4. 14.

Tabla 4. 12 Colores de seguridad, significado e indicaciones y precisiones. Fuente: NOM-026-STPS-1998.

Color de seguridad	**Significado**	**Indicaciones y precisiones**
Rojo	Paro	Alto y dispositivos de desconexión para emergencias.
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	Material, equipo y sistemas para combate de incendios	Identificación y localización.
Amarillo	Advertencia de peligro	Atención, precaución, verificación. Identificación de fluidos peligrosos.
	Delimitación de áreas	Límites de áreas restringidas o de usos específicos.
	Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes	Señalamiento para indicar la presencia de material radioactivo.
Verde	Condición segura	Identificación de tuberías que conducen fluidos de bajo riesgo. Señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavaojos, entre otros.
Azul	Obligación	Señalamientos para realizar acciones específicas.

Tabla 4. 13 Colores contrastantes. Fuente: NOM-026-STPS-1998.

Color de seguridad	Color contrastante
Rojo	Blanco
Amarillo	Negro
	Magenta
Verde	Blanco
Azul	Blanco

Tabla 4. 14 Formas geométricas para señales de seguridad. Fuente: NOM-026-STPS-1998.

Significado	Forma geométrica	Descripción de forma geométrica	Utilización
Prohibición		Círculo con banda circular y banda diametral oblicua a 45° con la horizontal, dispuesta de la parte superior izquierda a la inferior derecha.	Prohibición de una acción susceptible de provocar un riesgo.
Obligación		Círculo	Descripción de una acción obligatoria.
Precaución		Triangulo equilátero. La base deberá ser paralela a la horizontal.	Advierte de un peligro.
Información		Cuadrado o rectángulo. La base medirá entre una a una y media veces la altura y deberá ser paralela a la horizontal.	Proporciona información para casos de emergencia.

A sí mismo, se elaboró el material de apoyo para el curso que fue impartido a los trabajadores de la empresa, en donde se les dio una charla sobre cada una de las etapas de la metodología. Esto se visualiza en la Figura 4. 25.

Figura 4. 25 Capacitación de 5´S en la empresa.

Las etapas del curso y las actividades realizadas se describen a continuación:

- *Seiri*/Seleccionar: Se visitaron las áreas de trabajo (Figura 4. 26) para reflexionar sobre los elementos que son indispensables para el proceso, y así, separar con ayuda de etiquetas adhesivas de colores los que están en buen estado (verde), los que pueden ser reparadas (blanco) y los que deben retirarse (naranja). Esta actividad se concretó con el formato de diagnóstico en donde se pudo establecer que la implementación de señalamientos en diferentes áreas era indispensable.

Figura 4. 26 Recorrido por las instalaciones de la empresa.

- *Seiton*/Ordenar: Después de la clasificación mediante colores se estableció un lugar designado para cada elemento y se colocaron etiquetas en cada espacio para facilitar su localización y acceso. Esto se ve en la Figura 4. 27.

Figura 4. 27 Ordenado de los estantes.

- *Seiso*/Limpiar: Después de ordenar, se realizó la limpieza de las áreas de trabajo para eliminar residuos que puedan afectar el proceso de producción.
- *Seiketsu*/Estandarizar: Se establecieron formatos para registrar el orden y la limpieza de cada una de las etapas, asegurándose de que sean llevadas a cabo por los trabajadores.
- *Shitsuke*/Disciplina: Se determinó que se realizaran auditorías para evaluar el desempeño y mejorar los estándares establecidos mediante capacitación y motivación del personal.

Seguidamente, de la Figura 4. 29 a la Figura 4. 34 se exponen algunos de los señalamientos diseñados para la empresa siguiendo las determinaciones de la NOM-026-STPS-1998. Es importante mencionar que adicional al proceso de producción acuícola la empresa realiza actividades relacionadas con la ganadería y agricultura, por lo que, para facilitar la identificación de elementos y evitar errores, se colocó un ícono en la esquina superior derecha a cada uno de los señalamientos mostrados en la Figura 4. 28. El ícono de pez color azul representa la producción acuícola, la vaca de color verde representa la ganadería y el maíz de color magenta representa la agricultura.

Figura 4. 28 Iconos para control visual.

Figura 4. 29 Señalamiento para estanques.

Figura 4. 30 Señalamiento para almacén de alimento.

Figura 4. 31 Señalamiento para botiquín de primeros auxilios.

Figura 4. 32 Señalamiento de estante.

Figura 4. 33 Señalamiento para área agrícola.

Figura 4. 34 Señalamiento para el área de preparaciones.

4.2.3 Verificar

Para llevar a cabo la validación semanal se diseñaron dos formatos que se utilizará en el proceso productivo del negocio. El primer formato mostrado en la Figura 4. 35 es para el seguimiento, en donde uno de los trabajadores habrá de escribir la fecha, el número de semana, el área de la granja que será evaluada y el nombre de quien realiza. En este formato se evaluará mediante una serie de criterios el cumplimiento diversos puntos de control para cada etapa de las 5´S. Los criterios corresponden a preguntas que deberán ser respondidas con “Si” y “No” en caso de cumplirse o no el criterio y una columna de comentarios en caso de haberlos.

FORMATO DE SEGUIMIENTO SEMANAL DE 5´S GENERAL

OBLIGATORIO: Escribe la fecha del día de la supervisión y el nombre de quién realizó.
Tacha con una X la casilla correspondiente de acuerdo a lo observado en el el área de trabajo.
En caso de ser necesario escribe un comentario.

Fecha= / / **Área:**

 # Semana: **Realizó:**

5s	No.	Punto de control	Criterio	Si	No	COMENTARIOS
Selección / Seiri	1	Materiales	¿Existen materiales dañados?			
			¿Puede ser reparado?			
	2	Maquinaria	¿Existe maquinaria dañada recientemente?			
			¿Puede ser reparado?			
	3	Herramientas	¿Existen herramientas dañadas?			
			¿Puede ser reparado?			
	4	Materia prima	¿El alimento aún están en buen estado?			
	5	Control visual	¿Los espacios pueden distinguirse?			
Ordenar / Seiton	1	Control visual/Etiquetado	¿Los espacios están etiquetados?			
			¿Las áreas están etiquetadas?			
	2	Materia prima	¿Están ordenadas?			
	3	Materiales	¿Las áreas y estantes se encuentran ordenados?			
	4	Herramientas	¿Las herramientas se encuentran ordenadas?			
Limpieza / Seiso	1	Áreas (incluye alimentos y herramientas)	¿Él área está limpia?			
			¿Se pueden limpiar?			
	2	Maquinaria	¿La maquinaria está limpia?			
	3	Área de trabajo	¿El lugar de trabajo está limpio?			
Seiketsu/ Estandar	1	Estandarización	¿Se está usando el formato de evaluación?			
	2		¿Se revisa con detenimiento cada área?			
Shitsuke/ Disciplina	1	Reglas	¿Se están cumpliendo todas las reglas?			
	2	Conocimiento	¿Todas las estapas de las 5s son conocidas?			
	3	Cumplimiento	¿Se están cumpliendo las 5 etapas de 5S?			

Figura 4. 35 Formato de seguimiento para 5´S.

El segundo formato en la Figura 4. 36, será utilizado para realizar el chequeo semanal de las herramientas y materiales de la granja para evaluar su estado. El trabajador deberá escribir la fecha, el número de semana y el nombre de quien realizó, para posteriormente escribir el área supervisada, nombre del elemento, cantidad. Consecuentemente deberá responder una pregunta por cada etapa de las 5´S clasificando con respecto a la escala de color, donde verde representa que ese elemento se encuentra en buen estado, amarillo representa que puede mejorarse y/o repararse y rojo que está en mal estado. Este formato permitirá encontrar áreas de mejora en cada departamento de la empresa.

LA EMPRESA

FORMATO DE 5´S PARA CHEQUEO

OBLIGATORIO: Escribe la fecha del día de la supervisión y el nombre de quién realizó.
Selecciona entre Verde - Buen estado, Amarillo - Puede mejorarse, Rojo - Mal estado

Fecha= / /

 # Semana **Realizó:**

			Seiri/Seleccionar				Seiton/Ordenar			Seiso/Limpiar			Seiketsu/Estandarizar	
Área	Nombre del elemento	¿Cuántos hay?	¿Es necesaria?	Estado y cantidad			¿El lugar donde cuenta con señalamientos?	Señalado como:	¿Las herramientas están ordenadas?	¿El lugar donde se encuentra está limpio?	¿La herramienta está limpia?	¿El área donde se encuentra tiene contenedor de basura?	¿Esta herramienta se revisó la semana anterior?	Solo si aplica, ¿Se solucionó el problema de la semana anterior?
				Verde	Amarillo	Rojo								
			Si/No	2		1	Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No	3	1		Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No
			Si/No				Si/No		Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si//No	Si/No

Figura 4. 36 Formato de chequeo de 5´S.

4.2.4 Actuar

Se entregó a la empresa los dos formatos para el seguimiento de la metodología 5´S que los trabajadores deben llenar para conservar la organización e higiene en las instalaciones, y un vídeo de capacitación para que, en caso de ser necesario, los trabajadores puedan recordar cada una de las etapas de la metodología en la granja acuícola y cómo se deben llenar los formatos. Se realizaron los ajustes a los señalamientos y formatos para áreas y estantes se colocaron en su respectivo espacio, mostrados de la Figura 4. 37 a la Figura 4. 39.

Figura 4. 37 Señalamientos de áreas colocados.

Figura 4. 38 Señalamientos en estanques.

Figura 4. 39 Información de estanques.

4.3 Ciclo de Deming para determinar OEE

A petición de la empresa de obtener indicadores diferentes de los tradicionales para granjas acuícolas, se determinó que la métrica OEE mide el rendimiento de un equipo o un proceso de producción y es factible su adaptación a la producción acuícola.

4.3.1 Planificar

Se buscaron trabajos de aplicación de OEE en granjas acuícolas y al no encontrar información similar se realizó la analogía de las variables utilizadas en la producción industrial adecuándolas a la producción acuícola.

4.3.2 Hacer

Antes de realizar la analogía es necesario recordar las fórmulas utilizadas en el OEE las cuales se encuentran en el marco teórico como Ecuación 2.3, Ecuación 2.4 y Ecuación 2.5, respectivamente.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ de\ producción\ efectivo}{Tiempo\ programado} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 2. 3)}$$

$$Rendimiento = \frac{Tiempo\ teórico\ para\ producir\ la\ cantidad\ real}{Tiempo\ disponible\ para\ producir} \ldots\ldots\ldots \textit{(Ecuación 2. 4)}$$

$$Calidad = \frac{Cantidad\ producida - Cantidad\ dañada}{Cantidad\ producida} \ldots\ldots \textit{(Ecuación 2.5)}$$

Cada uno de los términos deben ser comparados de la producción industrial a la producción acuícola, ilustrado en la Tabla 4. 15.

Tabla 4. 15 Analogía de producción industrial a producción acuícola para OEE.

Producción industrial		**Producción acuícola**	
Nombre de variable	**Definición**	**Nombre de variable**	**Definición**
Tiempo de producción efectivo	Período de tiempo en el que se produce un producto determinado.	Tiempo teórico de producción.	Número de días teóricos de producción.
Tiempo programado	Suma del tiempo estimado para cada etapa del proceso.	Tiempo real de producción.	Número de días reales de producción.
Tiempo teórico para producir la cantidad real	El intervalo entre el comienzo de una unidad de producción y el comienzo de la siguiente unidad	Biomasa cosechada	Kg de biomasa cosechada al final del cultivo
Tiempo disponible para producir	Tiempo requerido para producir	Biomasa máxima esperada	Kg de biomasa máxima esperada al iniciar el cultivo
Cantidad dañada	Número de unidades de un producto fabricado que no cumplen con los estándares de calidad requeridos.	Biomasa desperdiciada	Kg de biomasa de los organismos que murieron o no alcanzaron el peso objetivo.
Cantidad producida	Número total de unidades de un bien fabricado durante un período de tiempo específico.	Biomasa esperada	Kg de biomasa esperada considerando los organismos que no alcanzaron el peso y/o murieron.

4.3.3 Verificar

Por lo tanto, las nuevas fórmulas del indicador OEE para la producción acuícola se muestran en la *Ecuación 2.2, Ecuación 4.5, Ecuación 4.6 y Ecuación 4.7.*

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \ldots\ldots \text{ (Ecuación 2.2)}$$

Donde:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ disponible\ de\ producción}{Tiempo\ total\ en\ el\ que\ se\ están\ cultivando\ los\ organismos} x100 \ldots\ldots\ldots \text{ (Ecuación 4. 5)}$$

$$Rendimiento = \frac{Kilogramos\ de\ biomasa\ cosechada}{Kilogramos\ de\ biomasa\ máxima\ esperada\ por\ lote} x100 \ldots\ldots\ldots \text{(Ecuación 4. 6)}$$

$$Calidad = \frac{Kg\ de\ biomasa\ cosechada}{Kg\ de\ biomasa\ a\ producir\ incluyendo\ los\ organismos\ que\ no\ sobrevivieron} x100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(Ecuación 4. 7)}$$

Para realizar de manera más rápida el cálculo del OEE se diseñó una aplicación tecnológica en el software *Microsoft Excel*. Cuyo manual de usuario se describe a continuación:

1) Escribe únicamente en las celdas marcadas con amarillo claro .
2) Nunca se debe modificar las celdas con los colores siguientes, tengan texto o no:

Verde claro.

Verde medio.

Verde *aqua*.

Naranja medio.

Azul oscuro.

1) Debe escribir el nombre de la empresa.
2) Posteriormente, debe escribir los datos del lote como son:
    - Tamaño del lote: La cantidad de organismos a producir.
    - Peso esperado: Peso objetivo en gr que espera alcanzar.
    - % Supervivencia: Porcentaje de organismos esperado que logren sobrevivir.
    - Peso promedio: Peso final promedio por organismo.
    - Días teóricos de producción: Número de días teóricos de producción. Por ejemplo, se espera que el cultivo dure 6 meses, 180 días en total.
    - Días reales de producción: Número de días reales en que se efectuó la producción.
3) La aplicación tecnológica brinda como resultado el porcentaje de eficiencia de proceso de producción acuícola. La interfaz de la aplicación tecnológica se muestra en la Figura 4. 40.

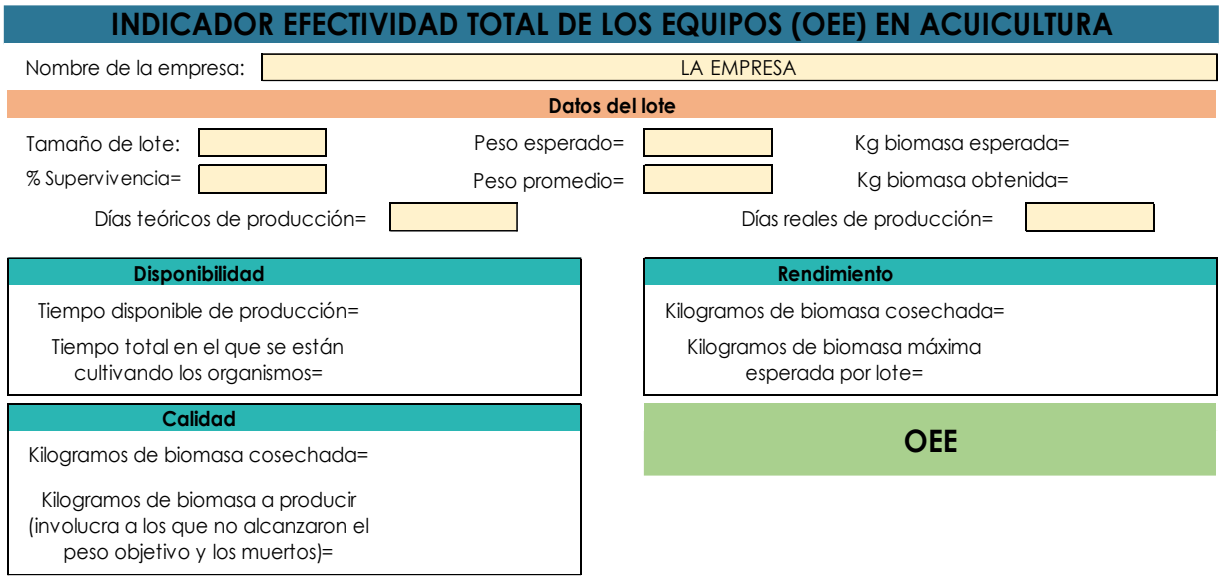


Figura 4. 40 Interfaz de aplicación tecnológica para cálculo de OEE.

4.3.4 Actuar

Los ocho lotes estudiados se sometieron a la aplicación tecnológica, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 4. 16.

Tabla 4. 16 OEE de los lotes estudiados.

Lote	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1	102%	125%	91%	116%
2	115%	123%	91%	129%
3	104%	36%	91%	34%
4	108%	108%	91%	106%
5	103%	48%	91%	45%
6	101%	44%	91%	41%
7	106%	76%	91%	73%
8	101%	128%	91%	117%
OEE global	105%	86%	91%	**83%**

A pesar de que la bibliografía del indicador OEE establece que no es posible que haya un valor por encima del 100% tanto en rendimiento, disponibilidad y calidad, se debe recordar que esta aplicación es una analogía a la producción acuícola. Tomando como referencia la disponibilidad, los valores por encima del 100% significan que los lotes de producción de Tilapia superaron los días esperados de producción. Por ejemplo, en el lote 7 llamado ADELAIDA, se esperaba que la producción no durara más de 240 días, sin embargo, tuvo una duración de 254 días. Caso similar en la columna de rendimiento, la cual se vio afectada por dos factores; el primero, la biomasa cosechada al final del ciclo, ya que en algunos casos se presentaron fallas eléctricas que incrementaron la mortalidad de los organismos; el segundo, la biomasa máxima esperada por lote, esto se determina a partir del tamaño de lote y el peso esperado de cosecha.

Tal como se puede observar, en la columna calidad todos los lotes tienen el mismo porcentaje, esto sucede debido a que la empresa, pese a no tener registros de la cantidad de organismos

muertos o que no alcanzaron el peso esperado, siempre busca tener un 90% de probabilidad de supervivencia por lote.

El OEE global indica que el proceso de producción de Tilapia fue eficiente en un 83% en los lotes analizados, lo cual implica que existen áreas de mejora para incrementar la eficiencia.

Capítulo 5
Resultados

En este capítulo se muestra el resumen de los resultados alcanzados para los ciclos de Deming realizados en la empresa.

5.1 Análisis de los resultados

Para analizar la producción de Tilapia se revisaron datos históricos correspondientes a ocho lotes que van desde el año 2016 al 2019. De estos lotes se determinó que en el 50% no se alcanzó la meta de producción esperada debido a fallas eléctricas que propiciaron el incremento de la mortalidad de los organismos. Con el fin de evaluar el estado actual de los datos se utilizó la herramienta VSM en cada lote, al ser una herramienta aplicada en la producción industrial se realizó la analogía de términos para la producción acuícola. Derivado de los resultados de los VSM se encontraron seis áreas de oportunidad:

- Estandarización del tamaño de lote.
- Capacidad de instalaciones desperdiciada.
- Disminución de tiempo de preparación.
- Duración del proceso.
- Falta de optimización de alimento.
- Falta de indicadores de eficiencia en cada etapa.

Para seleccionar el área de oportunidad prioritaria se empleó matriz de priorización, determinando que la que obtuvo un mayor porcentaje fue la capacidad de instalaciones desperdiciada (41%). En este proceso se tienen dos capacidades de proceso diferentes, para determinar la diferencia de las capacidades de proceso se desarrollaron dos aplicaciones

tecnológicas, con las cuales se determinó que la capacidad volumétrica teórica desperdiciada fluctúa entre 17.6% y 19.4%, y la capacidad volumétrica real desperdiciada, que es igual a 69.35%. Por otra parte, bajo los parámetros reales la capacidad volumétrica desperdiciada del proceso es 63.95% en promedio.

Respecto a las fases del método 5´S se encontró:

- En la etapa "Seleccionar", se determinó que de los aspectos evaluados el 12.5% no se encuentra en mal estado o no hay, el 37.5% se puede mejorar y el 50% se encuentra en buen estado o existe.
- En la segunda etapa, "Ordenar", se designó el lugar adecuado para cada elemento colocaron 35 señalamientos en las áreas de producción y almacenamiento, así como 26 para estanques de producción de Tilapia.
- En la etapa tres "Limpiar", se realizó la limpieza de las áreas de trabajo eliminando residuos y retirando herramientas que ya no pueden ser reparadas.
- En la etapa "Estandarizar", se establecieron dos formatos más con la finalidad de registrar el cumplimiento de cada etapa.
- En la última etapa "Disciplina", se recomendó que la empresa incremente las auditorías internas para evaluar el desempeño y mejorar los estándares establecidos.

La empresa solicitó un indicador no tradicional de la producción acuícola, por lo que, se determinó que la métrica OEE se podría adecuar. Se establecieron las analogías para poder ocupar las fórmulas y se determinó que existe un valor del 83%, lo que revela la existencia de áreas de mejora en la disponibilidad y rendimiento de la producción.

Como parte del material desarrollado se le entregó a la empresa, tres aplicaciones tecnológicas cada una con su correspondiente manual de usuario y vídeo de uso, material de capacitación para la metodología 5´S, junto con su vídeo y formatos y señalamientos impresos.

Conclusiones y recomendaciones

Mejorar un proceso es fundamental para aumentar la eficiencia y la productividad. Al analizar cada etapa del proceso, se identificaron posibles inconvenientes y áreas de mejora. En los procesos industriales, la implementación de herramientas de ingeniería industrial puede contribuir a optimizar el proceso, reducir los tiempos de espera y minimizar los errores, lo que permite ahorrar tiempo y recursos, así como mejorar la satisfacción del cliente al ofrecer un producto de mayor calidad. Bajo esta premisa, y considerando que la producción industrial no es muy diferente a la producción acuícola, fue posible aplicar herramientas de ingeniería industrial para mejorar el proceso de producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en una granja acuícola del estado de Veracruz, México.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos específicos se requirió de la aplicación de tres ciclos de Deming, el primero; para el análisis del proceso. Para conocer el estado de la situación actual del proceso de producción de tilapia se requirió la aplicación de la herramienta VSM considerando la información histórica de ocho lotes de producción, logrando identificar seis áreas de mejora en la unidad productora acuícola. A partir de estas áreas de oportunidad, se aplicó una matriz de priorización de la cual se determinó que el área de oportunidad a ser atendida primero es incrementar la capacidad utilizada de las instalaciones. Subsecuentemente, para determinar el porcentaje de desperdicio se diseñaron dos aplicaciones tecnológicas, una para determinar la capacidad volumétrica teórica desperdiciada (18.5%) y la otra para determinar la capacidad volumétrica real desperdiciada (63.95%).

Durante el diagnóstico de la situación en el segundo ciclo de Deming se determinó que el 50% de los aspectos evaluados se encuentran en buen estado, por lo qué, se identificó otra área de mejora, la implementación de la metodología 5'S en granjas acuícolas, para lo cual se desarrolló el curso de capacitación de la metodología, así como el diseño de los señalamientos faltantes en las instalaciones, esto logró que la empresa mejorara en la organización, la limpieza y la

reducción de tiempos de búsqueda, incrementando la eficiencia y productividad de la misma, así como, la mejora de la calidad de los organismos al disminuir la posibilidad de contaminación.

Así también, con la aplicación del tercer ciclo de Deming para el cálculo del indicador OEE, una vez más se pudo confirmar que la aplicación de herramientas de ingeniería industrial es posible, mediante términos adaptados a los conceptos de la producción acuícola. Para el cálculo de esta métrica se requirió del desarrollo de otra aplicación tecnológica que determinó que la empresa se encuentra en un 83% de eficiencia en su producción.

Este trabajo de investigación ha demostrado que la implementación de herramientas de ingeniería industrial, como *Lean Manufacturing* y OEE, es perfectamente viable en la industria acuícola. En base a los resultados obtenidos, se recomienda realizar proyectos para programar la producción, estableciendo cronogramas que consideren factores clave como biomasa, temperatura, oxigenación, alimentación y densidad de siembra. También es importante utilizar la secuenciación de producción para maximizar la eficiencia de la capacidad instalada, estandarizar los tamaños de lote y reducir el tiempo real de producción. Además, es crucial tener educación financiera para evitar estancamientos de dinero y dependencia de créditos. En general, se recomienda aplicar la filosofía de mejora continua para optimizar el rendimiento y garantizar el crecimiento tanto de los organismos acuáticos como de la empresa, así como el desarrollo de una futura línea de investigación enfocada en la calidad y gestión inteligente en el sector acuícola y agropecuario.

Fuentes de información

Alcalde, P. (2009). *Calidad* (1st ed.). Ediciones Paraninfo, S.A.

Alfaro, F., & Alfaro, M. (1999). *Diagnósticos de productividad por multimomentos*. Marcombo, S.A.

Angeles, M. I. (2018). *Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de Cross Docking de un cliente Retail*. Universidad Ricardo Palma.

Aretaga, W. J., Villamil, D. C., & Jesús, A. (2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textileras de Cundinamarca. *Logos Ciencia & Tecnología*, *11*(2). https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.839

Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo*. https://books.google.com.mx/books?id=ewbU_AVlbn8C&printsec=frontcover&dq=justo+a+tiempo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=justo%20a%20tiempo&f=true

Arrieta, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*, *10*(20), 139–148.

Belohlavek, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness* (1ra Edición). Blue Eagle Group.

Blackstone, J. H. (2013). *APICS Dictionary*. APICS.

Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas* (Pearson Prentice Hall).

Carro, R., & González, D. (2012). *El sistema de producción y operaciones*.

Chan, S. W., Ismail, F., Ahmad, M. F., Zaman, I., & Lim, H. Q. (2019). Factors and Barriers Influencing Lean Production System Adoption in Manufacturing Industries. *International Journal of Supply Chain Management*, *8*(2), 939–946.

Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2014). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro* (13th ed.). McGraw-Hill.

CONAHCYT. (n.d.). *Soberanía Alimentaria*. Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías. Retrieved October 21, 2023, from https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-soberania-alimentaria/.

Conant, M., Fornés, R., Cano, A., & Sánchez, A. (2019). Propuestas para la mejora continua del área de producción de una empresa productora de carne de cerdo, mediante herramientas de manufactura esbelta. *Artículo Revista de Operaciones Tecnológicas Marzo*, *3*(9), 1–14. https://doi.org/10.35429/JTO.2019.9.3.1.14

CONAPESCA. (2017, April 15). *Avanza México como una potencia en producción acuícola*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conapesca/prensa/avanza-mexico-como-una-potencia-en-produccion-acuicola-103607?idiom=es

Cuggia-Jiménez, C., Orozco-Acosta, E., & Mendoza-Galvis, D. (2020). Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos. *Información Tecnológica*, *31*(5), 163–172. https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500163

Delfín, E., Sandoval, L. C., Reyes, D., Mata, H., López, M. C., Fernández, G., & Betanzo, E. A. (2022). Grid-Connected Solar Photovoltaic System for Nile Tilapia Farms in Southern Mexico: Techno-Economic and Environmental Evaluation. *Applied Sciences*, *13*(1), 570. https://doi.org/10.3390/app13010570

Díaz de León, A. R. (2004). *Identificación del concepto esbelto: siete desperdicios, utilizando la herramienta administración de la cadena de valor, en el área de servicios hoteleros. Caso de estudio.* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Dinas, J. A., Franco, P., & Rivera, L. (2009). Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. *Sistemas & Telemática*, *7*(4), 109–144.

Dorbessan, J. R. (2006). *Las 5S, herramientas de cambio*. Universidad Tecnológica Nacional.

Escárate, F. L. (2017). *Aplicación de las 5S en el área de producción de huevos para incrementar la productividad en la granja avícola San Antonio,2017*. Universidad César Vallejo.

FAO. (2004). Informe de la Consulta de Expertos sobre la Aplicación de Cuestiones Asociadas con la Inclusión de Especies Acuáticas Explotadas Comercialmente en los Apéndices de la CITES: Roma, 25-28 de mayo de 2004. *FAO Informe de Pesca*, *No. 741*. http://www.fao.org/3/y5751s/y5751s08.htm

FAO. (2012). Diagnóstico de la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y de la Acuicultura de la Micro y Pequeña Empresa (AMYPE) en América Latina. *Serie Acuicultura En Latinoamérica*, *No. 7*.

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. *El Estado Mundial de La Pesca y La Acuicultura 2022. Hacia La Transformación Azul.* https://doi.org/10.4060/CC0461ES

Favela, M. K. I., Escobedo, M. T., Romero, R., & Hernández, J. A. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización. *Revista Lasallista de Investigación*. https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6

Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017, March 1). *Producción de Tilapia a través de la Acuacultura*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/firco/articulos/produccion-de-tilapia-a-traves-de-la-acuacultura?idiom=es

Garetti, M. (2015). *Design of Production Systems* (Vol. 1). Franco Angeli s.r.l.

Gómez, F., Tejero, M., & Vilar, J. F. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad.*: Fundación CONFEMETAL.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición). McGraw Hill Education.

Ibarra, V. M., & Ballesteros, L. L. (2017). Manufactura Esbelta. *Conciencia Tecnológica*, *55*. https://www.redalyc.org/articulo.oa?

INEGI. (2021). *Pesca y acuicultura: Censos Económicos 2019*. www.inegi.org.mx

Javadian, A., Babu, K. N., & Talari, H. F. (2013). Just-In-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement. *International Journal of Economics, Business and Finance, 1*(2), 7–25. https://doi.org/10.2139/ssrn.2253243

Lee, Q., & Snyder, B. (2006). *The strategos guide to Value Stream & process mapping. Genesis of manufacturing strategy*. Enna Products Corporation.

Luna, A. H., & Quezada, I. L. (2020). *Aplicación de herramientas Lean en el sector agroalimentario: Una investigación empírica del zapallo en Perú*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Marín, J. (2019, May 23). *Título: Descripción matriz de priorización*. Universitat Politècnica de València. https://polimedia.upv.es/visor/?id=8631ac40-7177-11e9-b1db-e795b40ece52

Martínez, J. A. (2021). *Estandarización de pesos vehiculares usando diseño para seis sigma en la industria automotriz* [Universidad Panamericana]. https://scripta.up.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12552/6405/Estandarizaci%c3%b3n%20de%20pesos%20vehiculares%20usando%20dise%c3%b1o%20para%20seis%20sigma%20en%20la%20industria%20automotriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Monge, C. (2015). Nivel de desempeño en manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en plantas de manufactura medianas y grandes de México: un análisis comparativo. *Mercados y Negocios1*, *16*, 41–65. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571863943004

Mora Martínez, J. R. (2003). *Guía metodológica para la gestión clínica por procesos: aplicación en las organizaciones de enfermería* (Díaz de Santos).

Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & de Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, *17*, 623–630. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107

Mosquera, P. G. (2020). *Manufactura esbelta para el mejoramiento en la planta de producción de la empresa Bioalimentar Compañía Limitada* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31793

Namuche, V. E., & Zare, R. A. (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad de la materia prima en el área de producción de una empresa esparraguera para el año 2016* [Universidad Nacional de Trujillo]. http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9990

ONU. (n.d.). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Organización de Las Naciones Unidas: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Retrieved Octubre 21, 2023, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Platas, D., Hernández, J. C., & González, L. (2017). Importancia económica y social del sector acuícola en México. *Agroproductuctividad*, *10*(2), 19–24.

Platas, D., & Vilaboa, J. (2014). La acuacultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *35*, 1065–1071. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131676015

Rajadell, M. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor* (2nd ed.). Díaz de Santos.

Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.

Rivera, L. (2008). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. *Heurística, Revista de Ingeniería Industrial de La Universidad Del Valle, Cali, Colombia*.

Rueda, F. M. (2011). Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura. *Eubacteria*, *26*, 9–10.

Sánchez, S. G. (2013). *Diagnóstico y propuestas de mejora al proceso operativo de Ecomphisa*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Santana, W. (2023). *Implementación de metodología Six Sigma en una granja acuícola para la mejora de calidad de agua en estanques de producción* [Tesis]. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba.

Schroeder, R. G., Meyer Goldstein, S., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos* (5ta ed.). McGraw-Hill.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021, April 15). *ACUERDO mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola.* Diario Oficial de La Federación.

Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, *21*(2), 129–149. https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0

Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing, Paso a paso* (1ra Edición). Marge Books.

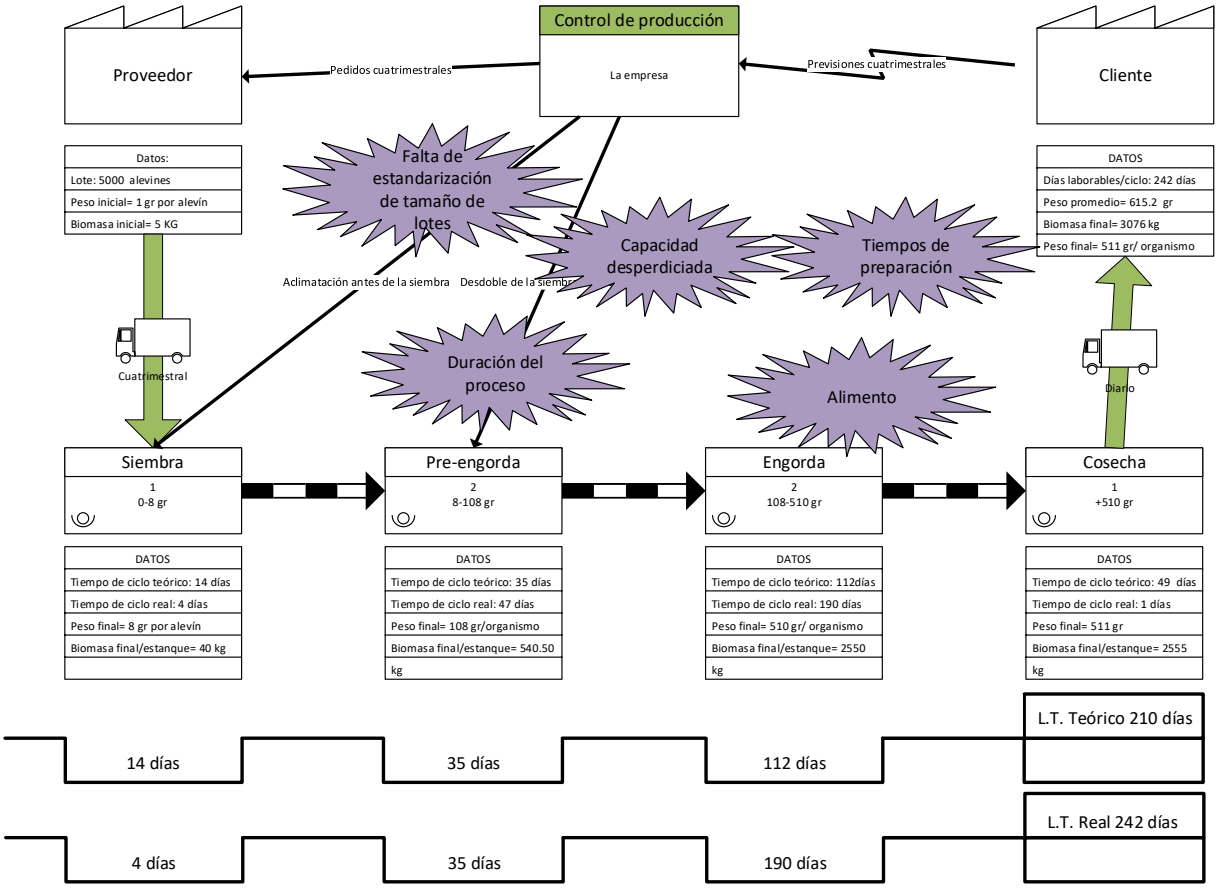
SPC Consulting Group. (2022). *Control visual*. Https://Spcgroup.Com.Mx/Control-Visual/#1655502913673-4ffd925a-2c03.

Velázquez, G. (2008). *Administración de los Sistemas de Producción* (Vol. 6). LIMUSA.

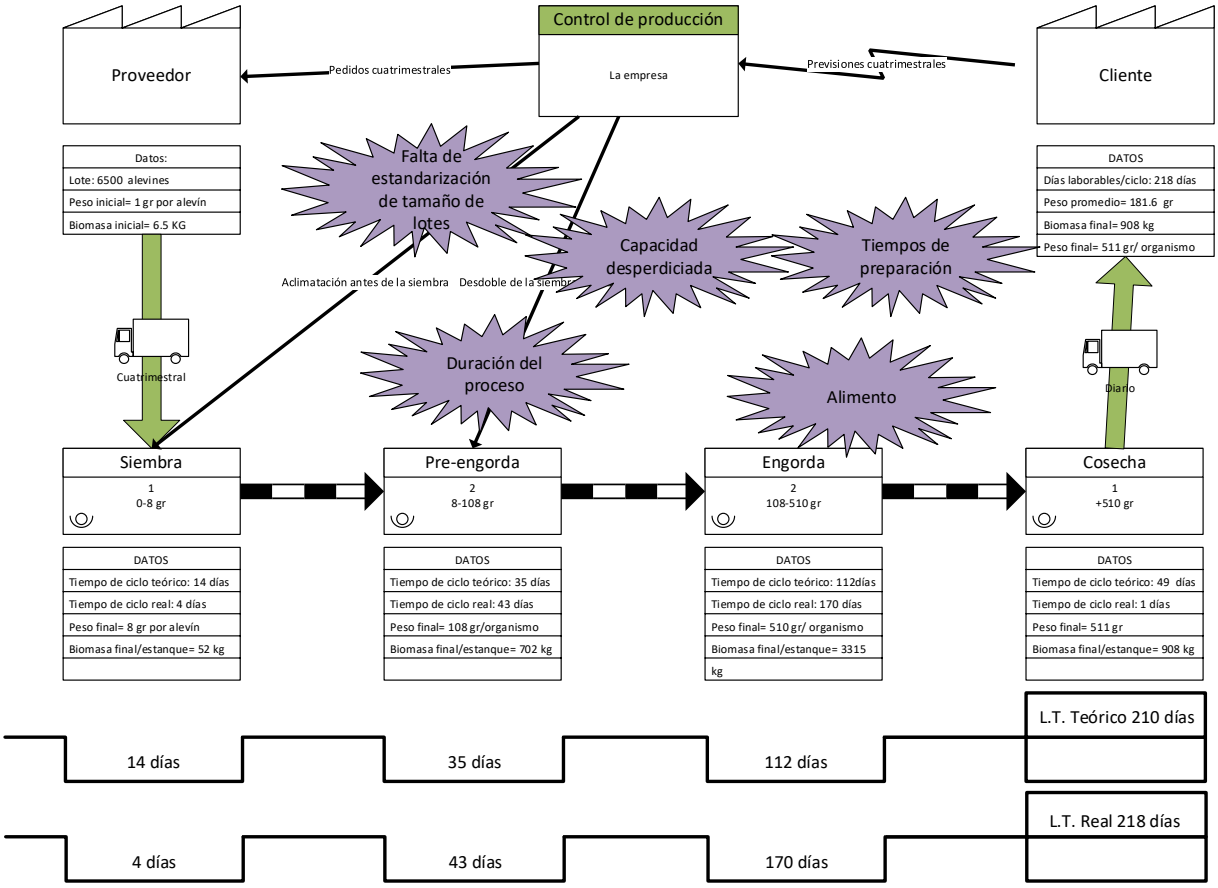
Zapata, A. (2016). *Ciclo de la calidad PHVA*. Universidad Nacional de Colombia.

Anexos

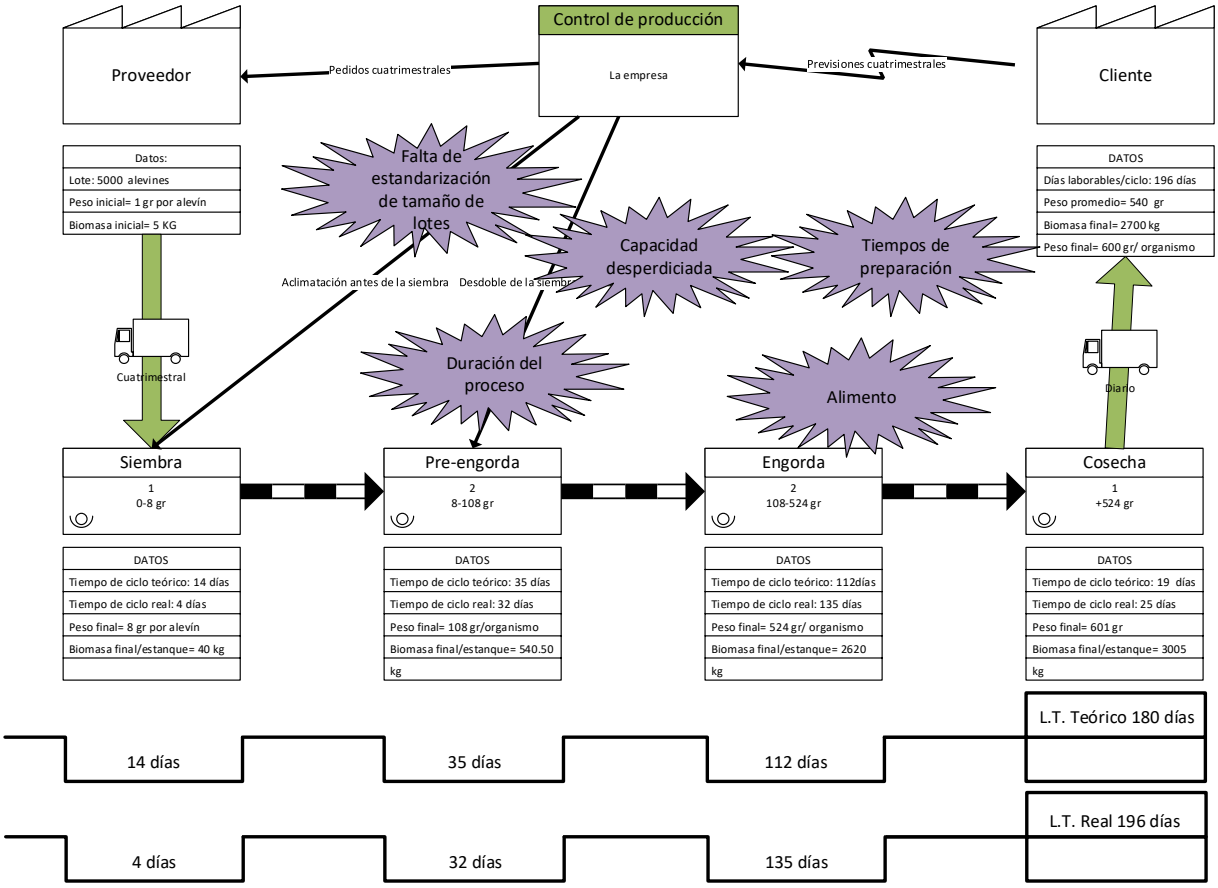
Anexo 1. VSM para lote EA.



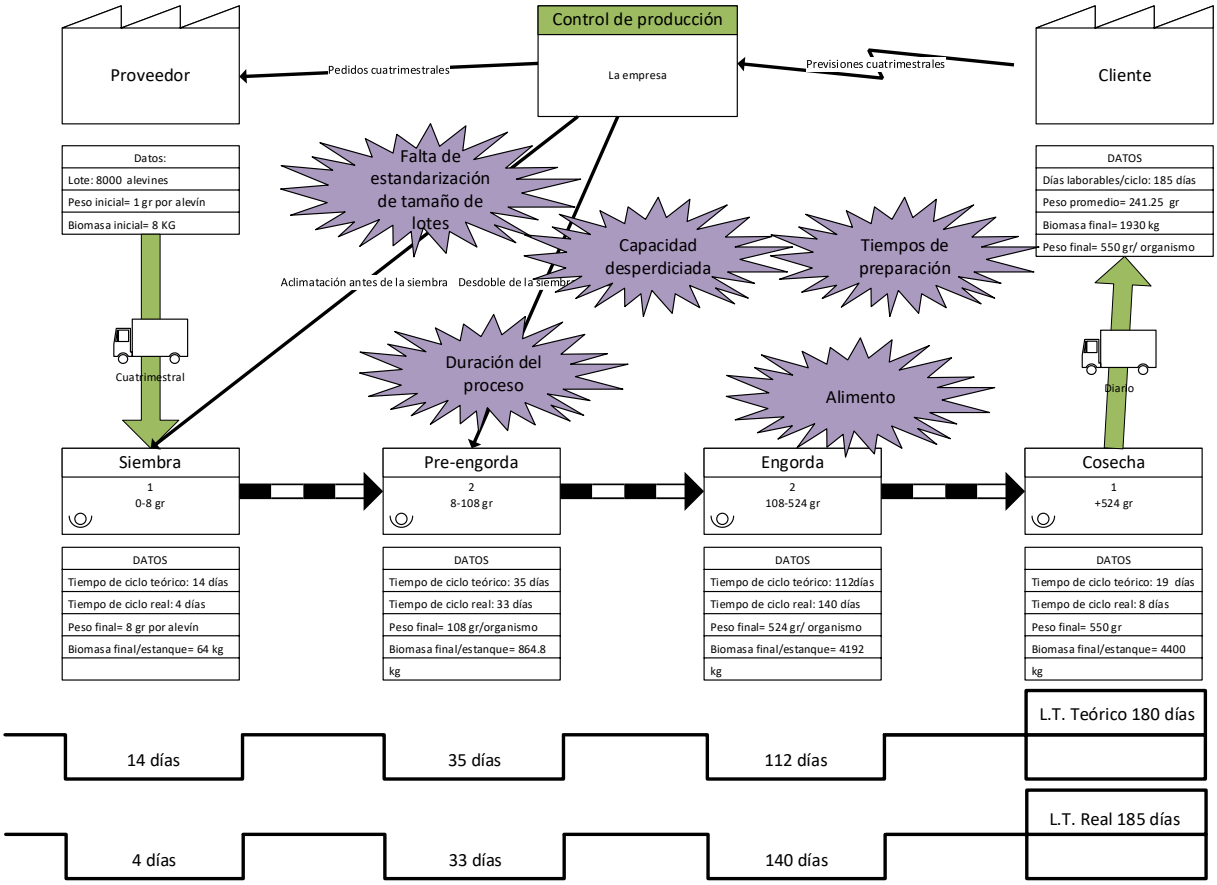
Anexo 2. VSM para lote ED.



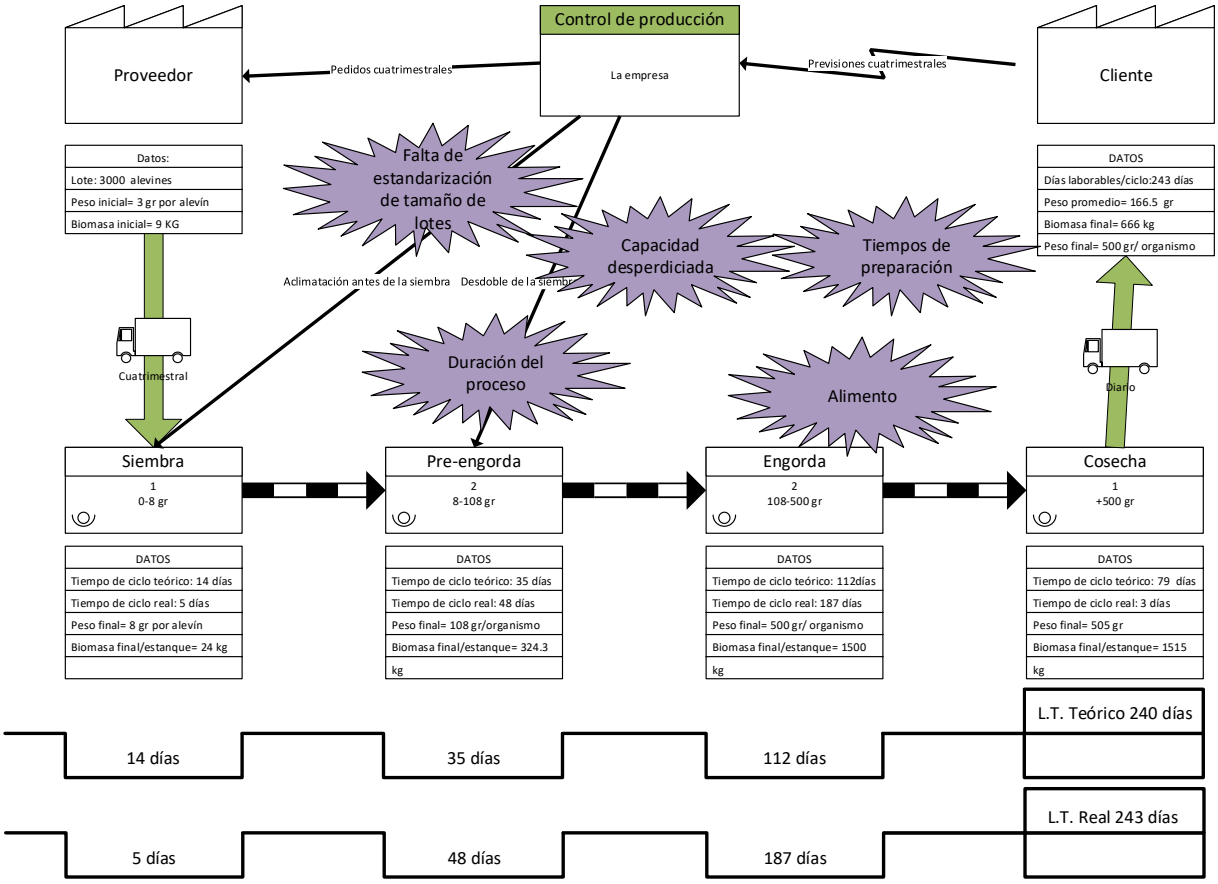
Anexo 3. VSM para lote ALICIA.



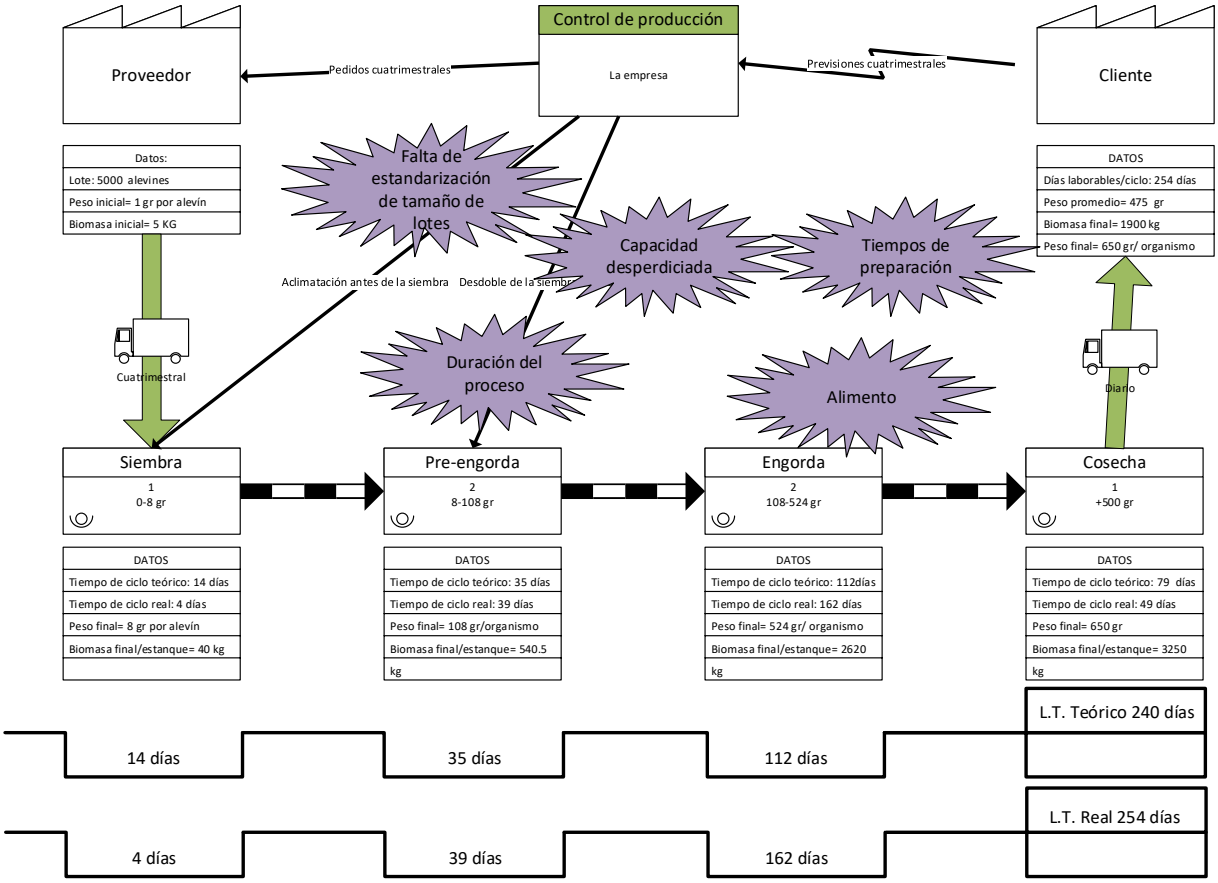
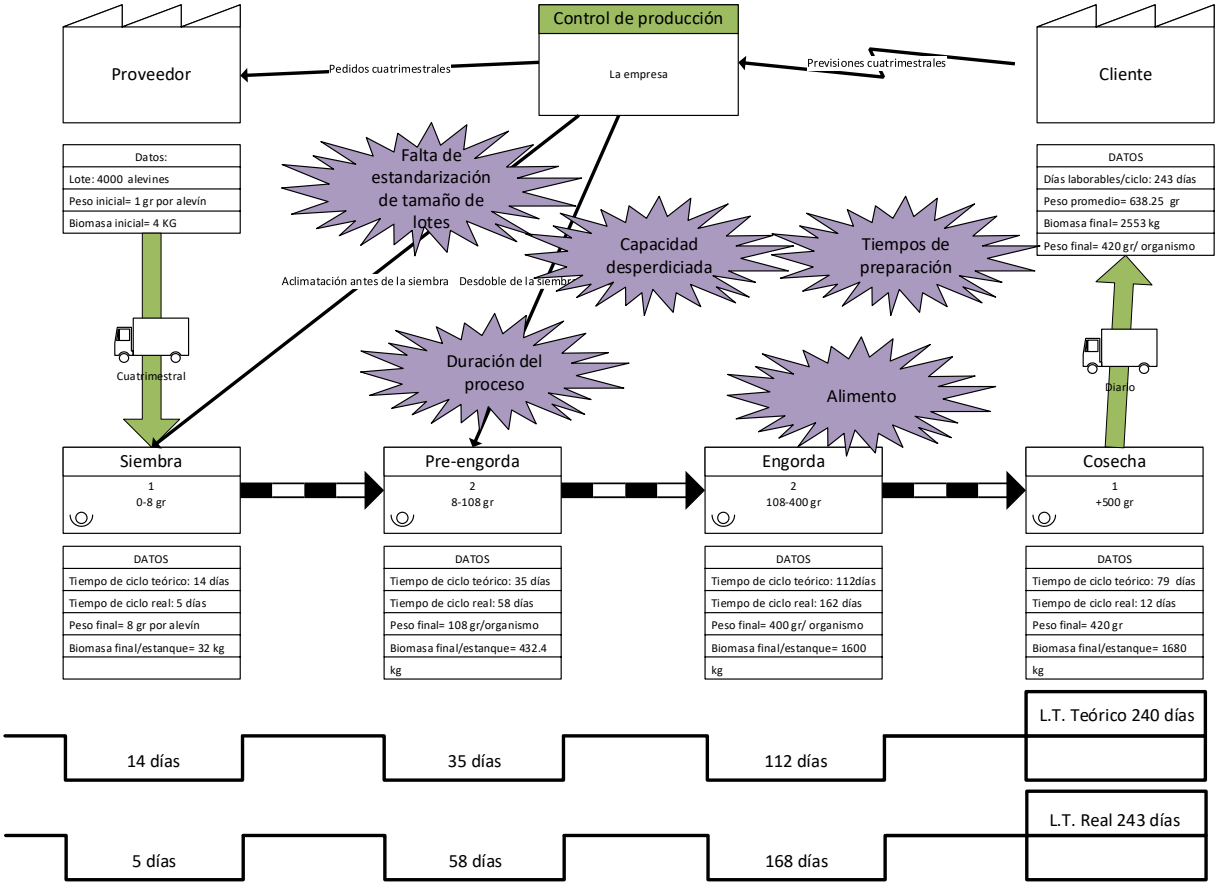
Anexo 4. VSM para lote ELENA.



Anexo 5. VSM para lote NICA.



Anexo 6. VSM para lote ADELAIDA.



Anexo 7. VSM para lote JA.