

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

R-029/22

TESIS INDIVIDUAL

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de **INGENIERO MECÁNICO**, deberá desarrollar el C.:

ANGEL YEUDIEL GUARNEROS HERNÁNDEZ

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR EN MICROEMPRESA DE GERMINADOS”

Se sabe que, en México, las microempresas son las que generan más empleos y riqueza local; sin embargo, presentan problemas en la producción de calidad pues se encuentran alejadas de la ciencia y tecnología, esto genera problemas en el proceso productivo y de distribución, lo que ocasiona cantidades grandes de desperdicio y a escala mundial, alrededor de una tercera parte de los alimentos producidos se pierde o desperdicia a lo largo de la cadena alimentaria, desde la fase de producción hasta la de consumo.

Se diseña el mapa de la cadena de valor para una microempresa productora de germinados el cual posteriormente se simula para asegurar una producción eficiente, de calidad y con mínimos desperdicios, lo que se traduce como una ventaja competitiva para la microempresa.

CAPITULADO

Introducción

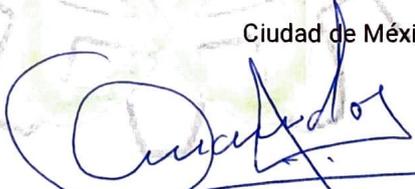
CAPITULO I. Generalidades

CAPITULO II. Marco Referencial

CAPITULO III. Diseño del Mapa de la Cadena de Valor

CAPITULO IV. Simulación del Mapa de la Cadena de Valor

Ciudad de México, a 26 de septiembre de 2022.


M. en P. Fernando Eli Ortiz Hernández
ASESOR


Ing. Araceli Leticia Peralta Maguey
JEFA DE LA CARRERA DE I. M.


Ing. José García Flores
SUBDIRECTOR ACADEMICO INTERINO





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE TITULACIÓN PROFESIONAL



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA

En la Ciudad de México, a 23 de Noviembre del 2022, el que suscribe **ANGEL YEUDIEL GUARNEROS HERNÁNDEZ** alumno de la carrera de **Ingeniería Mecánica**, con número de registro **R-029/22**, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán, manifiesto que soy el autor intelectual del presente trabajo de **TESIS INDIVIDUAL**, bajo la asesoría del **M. en P. Fernando Elí Ortiz Hernández** y que autorizo el uso del trabajo titulado **DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR EN MICROEMPRESA DE GERMINADOS**, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o asesor del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguiente dirección de correo: **yeudiel_gh@yahoo.com.mx**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ANGEL YEUDIEL GUARNEROS HERNANDEZ



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR
EN MICROEMPRESA DE GERMINADOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A
ANGEL YEUDIEL GUARNEROS HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:
MPGCT. FERNANDO ELÍ ORTIZ HERNÁNDEZ



CIUDAD DE MÉXICO

2022

Índice de contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I - GENERALIDADES	9
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2. JUSTIFICACIÓN	11
1.3. HIPÓTESIS	14
1.4. OBJETIVO GENERAL	14
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.6. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA P+L	15
1.7. MODELOS – REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA REALIDAD	17
CAPÍTULO II - MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1. LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS EN MÉXICO.....	22
2.2. CADENA DE VALOR.....	23
2.3. ALIMENTOS NUTRITIVOS	26
2.4. GERMINADOS EN MÉXICO	27
2.5. LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	28
2.6. MAPA DE LA CADENA DE VALOR	29
2.6.1. Metodología para la elaboración del mapa de cadena de valor	34
2.7. DISEÑO.....	43
2.7.1. El proceso de diseño.....	43
2.8. SIMULACIÓN	50
CAPITULO III - DISEÑO DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR	53
3.1. LA VENTAJA COMPETITIVA.....	55
3.2. RUTA CRÍTICA	57
3.2.1. Aplicación a microempresa de germinados	60
3.2.2. Delimitación del proceso productivo.....	66
3.3. MAPA DE LA CADENA DE VALOR	75
CAPÍTULO IV. SIMULACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR.....	81
4.1. KAIZEN MEJORA CONTINUA.....	82

4.2. EL MODELO DE SIMULACIÓN.....	83
4.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	86
4.4 DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO	91
4.5 ESTRUCTURA METÁLICA.....	100
4.6 CONTROLADOR ELECTRÓNICO.....	103
RESULTADOS.....	106
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	110
ANEXOS	111
ANEXO I – GLOSARIO	111
ANEXO II – GERMINADOR PARA CAPACITACIÓN RURAL (1ER MODELO)	112
ANEXO III – REPORTE DEL PROCESO “MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE GERMINADOS”	113
BIBLIOGRAFÍA.....	116

Índice de tablas

TABLA 1.1. TIPOS DE MODELO	19
TABLA 2.1. SÍMBOLOS DEL VSM	31
TABLA 2.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	45
TABLA 2.3. PRINCIPALES CATEGORÍAS DE LAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	46
TABLA 3.1. TABLA DE ACTIVIDADES PARA LA PRODUCCIÓN Y ENTREGA DE GERMINADOS.....	61
TABLA 3.2. RESULTADOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL	63
TABLA 3.3. SÍMBOLOS PARA DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	67
TABLA 3.4. FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN MICROEMPRESA DE GERMINADOS.....	69
TABLA 3.5. DELIMITACIÓN DE ÁREAS O ZONAS DE TRABAJO	70
FIGURA 3.5. RELACIÓN DE ACTIVIDADES.....	71
TABLA 3.6. TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES.....	72
TABLA 3.7. INFORMACIÓN PARA EL LAYOUT	74
TABLA 3.8. INFORMACIÓN RELEVANTE POR CONSIDERAR PARA LA ELABORACIÓN DEL VSM	76

TABLA 3.9. INFORMACIÓN RELEVANTE POR CONSIDERAR PARA LA ELABORACIÓN DEL VSM RESUELTA.....	77
TABLA 4.1 ETAPAS DEL PROCESO Y SU TIEMPO PROMEDIO	87
TABLA 4.2 ETAPAS DEL PROCESO Y SU TIEMPO PROMEDIO II	89
TABLA 4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MAQUINA GERMINADORA 1ER MODELO	91
TABLA 4.4 ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA SUMERGIBLE.....	95
TABLA 4.5 CÁLCULOS PARA LA BOMBA SUMERGIBLE.....	96

Índice de figuras

FIGURA 1.1 ESTABLECIMIENTOS, PERSONAL OCUPADO E INGRESOS SEGÚN TAMAÑO DE LOS ESTABLECIMIENTOS.....	12
FIGURA 2.1. CADENA DE VALOR GENÉRICA	25
FIGURA 2.2. LAYOUT EMPRESA PRODUCTORA DE TANQUES DE AGUA DE 1000 LITROS – ESTADO ACTUAL..	35
FIGURA 2.3. MAPA DEL FLUJO DEL VALOR - EMPRESA 1 (ESTADO ACTUAL)	36
FIGURA 2.4. LAYOUT EMPRESA PRODUCTORA DE TANQUES DE AGUA DE 1000 LITROS – ESTADO FUTURO .	38
FIGURA 2.5. MAPA DEL FLUJO DEL VALOR - EMPRESA 1 (ESTADO FUTURO).....	39
FIGURA 2.6. MAPA DEL FLUJO DEL VALOR - EMPRESA 2 (ESTADO ACTUAL)	41
FIGURA 2.7. MAPA DEL FLUJO DEL VALOR - EMPRESA 2 (ESTADO FUTURO).....	42
FIGURA 2.8. A) LAS CUATRO ETAPAS DEL DISEÑO B) LOS SEIS PASOS DEL PROCESO DE DISEÑO	49
FIGURA 2.9. EL PROCESO DE DISEÑO	50
FIGURA 3.1 CONSTITUCIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO EN UNA EMPRESA	54
FIGURA 3.2. FLUJO DE VENTAJA COMPETITIVA.....	56
FIGURA 3.3. RUTA CRÍTICA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE GERMINADOS	65
FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE PROCESO, PRODUCCIÓN DE GERMINADOS EN LA MICROEMPRESA.....	68
FIGURA 3.7. LAYOUT.....	75
FIGURA 3.8. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE LA MICROEMPRESA DE GERMINADOS	79
FIGURA 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL IMPLEMENTADOR KAIZEN	82
FIGURA 4.2. MODELO DE SIMULACIÓN DEL VSM DE MICROEMPRESA DE GERMINADOS	85
FIGURA 4.3 TIEMPO PROMEDIO POR ACTIVIDAD	88
FIGURA 4.4 TIEMPO PROMEDIO POR ACTIVIDAD (GERMINACIÓN OMITIDA)	89
FIGURA 4.5 NUEVO ACOMODO DE TUBERÍA	93
FIGURA 4.6 PARTES METÁLICAS EN FORMA DE ESCALERA	101

FIGURA 4.7 PARTES METÁLICAS - SOPORTES	102
FIGURA 4.7 ESTRUCTURA METÁLICA.....	103
FIGURA 4.7 COMPONENTES DEL CIRCUITO CONTROLADOR.....	104
FIGURA 4.8 PASOS DE USO DEL CONTROLADOR ELÉCTRICO PARA UN GERMINADOR.....	105
FIGURA R.1. GERMINADOR CON CONTROLADOR DIGITAL	107
FIGURA A.2. PÁGINA 2/36 DEL REPORTE DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE GERMINADOS.....	113
FIGURA A.3. PÁGINA 4/36 DEL REPORTE DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE GERMINADOS.....	114
FIGURA A.3. PÁGINA 9/36 DEL REPORTE DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE GERMINADOS.....	115

Resumen

En México las microempresas representan el 95% del total de empresas, son una gran fuente generadora de empleos y riqueza a nivel local; sin embargo, estas microempresas se encuentran sumamente alejadas de la innovación y tecnología, lo cual les impide sobresalir en el mercado que es muy competitivo.

Es recomendable que las microempresas del sector alimenticio, si quieren destacar y crecer en el mercado, deben de tener una visión orientada a la producción limpia y eficiente de alimentos nutritivos y de calidad, agregando valor a sus productos mediante la innovación e implementación de diversas técnicas, estrategias y herramientas como el mapeo de la cadena de valor "VSM" que permitan la producción eficiente evitando pérdidas, lo cual se traduce en una ventaja competitiva.

La tesis presente se deriva del proyecto de investigación "*Simulación de procesos en microempresa para identificar mejoras y ventajas tecnológicas*" SIP: 20211037, donde se aplican conocimientos ingenieriles para identificar ventajas competitivas mediante propuestas de valor para la microempresa.

El objetivo de este trabajo es diseñar el mapa de la cadena de valor para una microempresa limpia, poniendo como ejemplo una microempresa productora de germinados para consumo humano.

Aunado a ello, mediante la simulación del VSM se determinaron las etapas de mayor impacto en el proceso que aumentan la productividad en beneficio de la microempresa lo que se traduce en una ventaja competitiva.

El impacto de este trabajo es tecnológico, educativo, ecológico y económico.

Abstract

In Mexico, microenterprises represent 95% of all companies, they are a great source of employment and wealth generation at the local level; however, these microenterprises are far removed from innovation and technology, which prevents them from standing out in the very competitive market.

It is recommended that micro-enterprises in the food sector, if they want to stand out and grow in the market, must have a vision oriented towards the clean and efficient production of nutritious and quality food, adding value to their products through innovation and implementation of various techniques, strategies and tools such as the mapping of the "VSM" value chain that allow efficient production avoiding losses, which translates into a competitive advantage.

This thesis is derived from the research project "Simulation of processes in microenterprises to identify improvements and technological advantages" SIP: 20211037, where engineering knowledge is applied to identify competitive advantages through value propositions for microenterprises.

The objective of this work is to design the map of the value chain for a clean microenterprise, using as an example a microenterprise that produces sprouts for human consumption.

In addition to this, by simulating the VSM, the stages with the greatest impact in the process that increase productivity for the benefit of the microenterprise were determined, which translates into a competitive advantage.

The impact of this work is technological, educational, ecological, and economic.

Introducción

El trabajo de tesis presente se deriva del proyecto de investigación “Simulación de procesos en microempresa para identificar mejoras y ventajas tecnológicas” SIP: 20211037 en el cual se plantea en cuatro capítulos, el diseño del mapa de la cadena de valor y la simulación de este para implementar una ventaja competitiva en una microempresa de germinados para consumo humano.

El capítulo uno presenta las generalidades, se plantea la problemática y, por consiguiente, la justificación del trabajo pasando por la hipótesis y los objetivos de la tesis.

En el capítulo dos se desarrolla el marco referencial que introduce información estadística y conceptos, los cuales son necesarios para el desenvolvimiento y sustento del trabajo; se abordan temas como las microempresas en México, los alimentos nutritivos y en particular, los germinados; además, se habla de la ventaja tecnológica y la importancia de aplicar herramientas como el mapa de la cadena de valor y la simulación, las cuales proporcionan dichas ventajas a la microempresa ya que es ella la que proporciona mayor riqueza a nivel local.

El capítulo 3 expone el diseño del mapa de la cadena de valor de la microempresa de germinados donde se muestran los datos necesarios para poder implementar esta y otras herramientas de gestión, planeación y control de proyectos como es el método de la ruta crítica “CPM” la cual ayuda a determinar un correcto “*Layout*” o distribución en planta.

Para finalizar, el capítulo cuatro muestra el modelo de simulación de la aplicación del VSM de la microempresa de estudio y los resultados obtenidos de esta simulación, los cuales ayudan a determinar el impacto económico y la ventaja competitiva que la aplicación de estas herramientas trae a la microempresa.

*Que la comida sea tu
alimento y el alimento tu medicina*

Hipócrates



Capítulo I - Generalidades

Este capítulo introduce las bases de la investigación iniciando por el planteamiento del problema y siguiendo con la justificación, que son de vital importancia para el desarrollo de la hipótesis y soluciones que se proponen.

1.1. Planteamiento del problema

México es un país donde constantemente se crean microempresas, pero con una duración en promedio de 2 a 5 años en el mercado. Esto sucede por muchos factores: falta de tecnología, escaso conocimiento técnico y el más relevante, por la poca claridad que se tiene del mercado en el que ya están o al que están por ingresar. Eso conlleva a una mala organización en la cadena de valor.

En la presente tesis se analiza la situación de una microempresa de germinados, que, si bien es un producto fácil de producir por comerciantes o microempresas, éstas carecen de controles de calidad y por la vida útil del germinado terminan en merma.

Actualmente, México es uno de los países cuya mayoría de su población presenta problemas de salud derivados de una alimentación deficiente; por lo tanto, el consumo de alimentos naturales, nutritivos y de calidad son sumamente importantes para una dieta correcta y mantener una buena salud.

Cabe destacar que, los germinados son alimentos con alto valor nutricional y bajo costo de producción, los cuales, si se incluyen en la dieta cotidiana, ayudan a la correcta nutrición y aportan grandes beneficios a la salud; sin embargo, debido a que estos alimentos son relativamente sencillos de producir, con frecuencia son elaborados por comerciantes o microempresas que carecen de controles de calidad o manejo adecuado de alimentos, por ende, los germinados elaborados y distribuidos, además de no contar con los correctos estándares de salubridad e higiene, y dejando de lado las malas prácticas productivas, estos generan una gran cantidad de pérdidas tanto de la materia prima como de los recursos hídricos disponibles ya que no existe una correcta planeación de la producción y el proceso productivo general es desorganizado e ineficiente.

También, las microempresas dedicadas a la venta de germinados no producen de manera limpia y regularmente se encuentran alejadas de buenas técnicas de

producción lo cual recae en prácticas de producción ineficientes y problemas para el correcto posicionamiento de los productos en el mercado.

Por dicho motivo, se implementarán herramientas *lean manufacturing* realizando el diseño y la simulación del mapa de la cadena de valor de los germinados en una microempresa para ayudar a la correcta producción de estos alimentos procurando un proceso eficiente con el mayor aprovechamiento de los recursos.

Problema: Serias dificultades de programación y control de la producción, distribución y desabastecimiento de los recursos; así como, una producción ineficiente de los germinados para consumo humano en las microempresas.

Solución: Implementar herramientas *lean manufacturing* realizando el diseño y la simulación del mapa de la cadena de valor de los germinados en una microempresa para ayudar a la correcta producción de estos alimentos, procurando un proceso eficiente con el mayor aprovechamiento de los recursos.

1.2. Justificación

Se sabe que las microempresas son las que generan más empleos y riqueza local; sin embargo, presentan problemas en la producción de calidad.

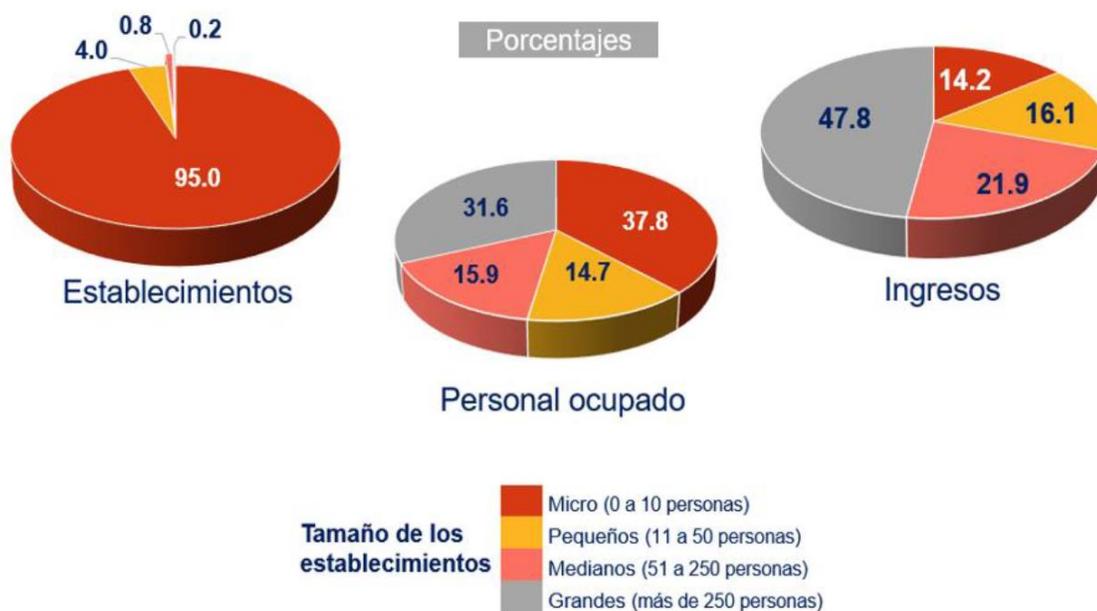
El INEGI, a través de su Comunicado de Prensa Núm. 285/20, presentado el 25 de junio de 2020 menciona que:

- El 95% del total de establecimientos en el país son **micro** (0 a 10 personas ocupadas); 4.0% son **pequeños** (11 a 50 personas) y solo el 0.8% son **medianos** (51 a 250 personas).

- El 99.8% del total nacional está representado por los tres grupos anteriores **(MIPyME)**
- En las micro, pequeñas y medianas empresas laboran el 68.4% del personal total ocupado y estos generan el 52.2% de los ingresos.

Por estas razones son muy importantes para la economía familiar y nacional; es decir, solo el 0.2% de las empresas a nivel nacional son grandes (251 o más ocupantes); y hablando de los ingresos totales generados en México, el 14.2% de ellos fueron producidos por micronegocios, 16.1% por los pequeños, el 21.9% fue producido por los negocios medianos y 47.8% por los grandes. En la *Figura 1.1* se presentan los resultados obtenidos en los censos del 2019.

Figura 1.1 Establecimientos, personal ocupado e ingresos según tamaño de los establecimientos



Fuente: Resultados oportunos de los Censos Económicos, INEGI, 2020.

Por otra parte, Munir, K Lim, & Knight (2011) afirman que las pequeñas y medianas

empresas tienen recursos limitados y no tienen un enlace con las instituciones académicas, a su vez, los autores Nuryakin, Wiet Aryanto, & Budi Setiawan (2018), señalan que las MIPyME requieren mejorar su acceso a los mercados internacionales y crear valor agregado a sus productos, hacer eficiente su proceso de adaptabilidad y la creación de alianzas estratégicas para crear valor mutuo.

Por consiguiente, las microempresas que estén más alejadas de la ciencia y tecnología tendrán más problemas en el proceso productivo y de distribución, lo que ocasiona cantidades grandes de desperdicio, lo cual, hablando de empresas dedicadas a la producción de alimentos, es un problema aún mayor ya que como lo menciona Correa García (2019), a escala mundial, alrededor de una tercera parte de los alimentos producidos se pierde o desperdicia a lo largo de la cadena alimentaria, desde la fase de producción hasta la de consumo.

En complemento, la visión de las empresas no debe centrarse solo en la calidad del producto sino en el proceso productivo refiriéndose a los desperdicios y agentes contaminantes que este genera ya que si bien existen empresas que realizan diferentes propuestas para el tratamiento de los residuos que generan (ya sea tratamiento de aguas, rellenos sanitarios, etc.), estos métodos no incentivan la prevención de la contaminación, solo la controlan de cierta forma.

Por eso, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), introdujo el concepto de producción más limpia (P+L).

La producción más limpia busca no solo minimizar sino evitar contaminantes y desechos incluso antes de que estos sean generados, obteniéndose como efecto inmediato una reducción en el consumo de materias primas, agua y energía, por lo tanto, las empresas que adopten estas estrategias de producción limpia pueden denominarse empresas limpias.

Podemos así visualizar que existen empresas limpias dedicadas a la producción no solo de artículos de uso diverso sino también de alimentos y en particular, alimentos nutritivos. Estas empresas están comprometidas con la correcta producción de

alimentos benéficos para la salud de la población; un ejemplo claro serían las empresas dedicadas a la producción de germinados.

En definitiva, la implementación de tecnología y el uso de herramientas *Lean Manufacturing* marcan el punto decisivo tanto en los niveles de producción como comercialización de los productos o servicios de las micro y pequeñas empresas, son esenciales para alcanzar su desarrollo y crecimiento, lo que se convierte en mayor facilidad de venta y eficiencia en el manejo de precios, que repercuten en más y mejores ingresos. Por eso se sugiere que la MIPyME debe implementar la tecnología que esté a su alcance, sobre todo en infraestructura y manejo de herramientas de producción que le permitan mantenerse en el mercado competitivo.

Solución: La implementación de herramientas de *lean manufacturing* (manufactura esbelta) como el mapa de la cadena de valor y la simulación de este, proporcionarán una notable ventaja competitiva a la microempresa limpia productora de germinados para consumo humano.

1.3. Hipótesis

La simulación del diseño del mapa de la cadena de valor para la microempresa productora de germinados conlleva a una producción eficiente, de calidad y con mínimos desperdicios, lo que se traduce como una ventaja competitiva para la microempresa.

1.4. Objetivo General

Diseñar el mapa de la cadena de valor para la producción de germinados en una microempresa.

1.5. Objetivos Específicos

- Simular el mapa de la cadena de valor diseñada
- Proponer ventajas competitivas para la microempresa

1.6. Producción más limpia P+L

Se sabe que, en muchas ocasiones las empresas han buscado soluciones curativas a problemas generados por los diversos sistemas productivos; plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, incineración o neutralización de desechos y tratamiento de aguas son solo algunas de las soluciones propuestas para controlar la contaminación producida por estas empresas. Sin embargo, estos métodos no promueven la prevención de la contaminación, solo la controlan de cierta forma. Por eso, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en 1989 introdujo el concepto de producción más limpia (P+L).

Como menciona Varela Rojas (2003), la P+L se define como una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, dando lugar a un mejoramiento en el desempeño ambiental, minimizando los desechos y los riesgos a la salud y al medio ambiente.

Por lo tanto, el concepto relativamente novedoso de producción más limpia evita o minimiza los desechos y contaminantes aún antes de que estos sean generados, lo cual genera como efecto inmediato una reducción en el consumo de materias primas, agua y energía. Esto ayuda a que la protección de los ecosistemas naturales se reconcilie con el desarrollo económico y no se contraponga a la meta de los negocios, sino que más bien los potencia.

Las empresas que adopten estas estrategias de producción limpias pueden denominarse empresas limpias.

En México, el organismo que se encarga de otorgar certificaciones por auditorías ambientales es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), organismo el cual, mediante el Programa Nacional de Auditoría Ambiental otorga certificaciones a empresas, entregando el título de “industria limpia”.

Por consiguiente, la industria limpia es un programa gubernamental de auditoría ambiental voluntario dirigido a empresas que deseen mejorar la eficiencia de sus procesos de producción, cumplimiento de la normatividad bajo parámetros nacionales e internacionales, y de buenas prácticas de operación e ingeniería.

Si hablamos de certificaciones, no podemos dejar de lado las Normas ISO serie 14000, que hablan de sistemas de gestión medioambiental. La certificación conforme a la norma ISO 14001:2004 prueba que un Sistema de Gestión Medioambiental ha sido evaluado de acuerdo con la norma de buenas prácticas y que cumple con sus requerimientos.

Pérez Uribe & Bejarano, (2008) aseguran que la implementación de la Norma ISO 14000 en las organizaciones, implica la toma de conciencia por parte de estas en el tema ambiental. Las empresas deben empezar a entender que la implementación de esta norma está directamente ligada con aspectos económicos, tales como, el máximo aprovechamiento de los recursos, el acceso a nuevos mercados y el posicionamiento de nuevos productos.

Complementando lo anterior, se sabe que la industria alimenticia es la que más recursos naturales utiliza, por eso la importancia de las diversas certificaciones que ayuden a realizar un proceso productivo eficiente. Moreno de Niño & Vargas Cusatti (2015), mencionan que la industria alimenticia, genera una gran cantidad de residuos, así como consume una gran cantidad de agua. Por lo que los principios de producción más limpia tienen muchas aplicaciones en la industria de alimentos

y, estos principios son necesarios para asegurar la calidad de producción evitando el desmejoramiento continuo del ambiente.

1.7. Modelos – Representación gráfica de la realidad

Hablar de modelos conlleva a hablar de teorías, pues es indudable que, gracias a estas, podemos plasmar el conocimiento y proponer una representación muchas veces gráfica de la realidad, como menciona Carvajal Villaplana (2013) “las teorías y los modelos son los instrumentos o esquemas conceptuales por los cuales los seres humanos intentan articular de manera sistemática el conocimiento que se obtiene de la experiencia mediante el proceso de investigación.”

En primer instancia, hablando del término “**modelo**” se sabe que, como explica Carvajal Villaplana (2013), es polisémico, por lo que puede dar lugar a ambigüedades ya que constantemente se puede hablar de modelo como un objeto que se reproduce al imitarlo, aunque también hace referencia a la muestra de un producto que se expone para su venta. Ahora bien, para el plano ético significa búsqueda de una “perfección ideal” e incluso otro sentido de la misma palabra se encuentra en el campo artístico, ya que, en este caso, modelo se refiere a las personas, objetos o animales que intentan reproducirse, es decir, designa lo pintado, lo fotografiado, lo esculpido, entre otros.

En específico, Wartofsky W. (1968) considera que el modelo es una versión derivada o representada de algo tomado del original; la nueva entidad se produce al imitar el original. Además este intento de representación puede ser abstracto (una fórmula matemática, un paradigma lingüístico de conjugación de un verbo) o concreto (un mapa, un modelo a escala de un barco, la representación física de la estructura del ADN).

Entonces bien, el modelo es una idealización y una aproximación esquematizada puesto que no precisamente intenta representar la realidad como tal, sino solo aquellos aspectos o variantes más importantes y significativos, debido a que, intentar aprender la realidad de forma cabal puede resultar difícil pues siempre habrá aspectos que no se han tomado en cuenta y pueden modificar el modelo ya que la realidad está en un proceso de cambio constante. Por lo tanto, el modelo es incompleto y nunca es el mundo real, aunque a veces se asume el modelo como lo real, por ejemplo, cuando se considera que el modelo es exactamente igual al modelo atómico de Bohr, suposición que no es cierta, pues se sabe que dicho modelo ha sufrido variantes conforme la investigación científica en física avanza. (Carvajal Villaplana, 2013).

Los modelos pueden representarse de manera física, lingüística, simbólica, o matemática como se explica en la *tabla 1.1*.

Tabla 1.1. Tipos de modelo

Tipo	Descripción	Ejemplo
Icónico	<p>Este tipo de modelo se asemeja "directamente" a una propiedad o conjunto de propiedades de un hecho, proceso, sistema, entre otros. Puede ser de dos tipos:</p> <p>(a) una representación pictórica bidimensional y a escala.</p> <p>(b) una representación física total o parcial y a escala de lo que se quiere representar</p>	<p>(a) Dibujos, planos, mapas, imágenes, entre otros.</p> <p>(b) La maqueta de un edificio, la representación física del átomo o del ADN.</p>
Analógico	<p>Estos modelos pretenden una abstracción mayor que la anterior, y se construyen a partir de la representación por analogía:</p> <p>(a) un conjunto de cualidades o elementos</p> <p>(b) una estructura</p> <p>(c) un proceso, un fenómeno o sistema que se estudia</p> <p>También cuando se toma un modelo de una disciplina para aplicarlo a otra.</p>	<p>Se expresa lingüísticamente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El modelo del sistema planetario 2. El modelo del sistema planetario aplicado a la representación del átomo 3. El proceso de desarrollo de una planta desde que nace hasta que muere aplicado a la historia de las culturas
Topológico	<p>La colocación de elementos en un plano de tal forma que se ordenen los elementos del sistema que se intenta representar, puede indicar las direcciones en un sistema de flujo</p>	<p>Diagramas, cuadros, esquemas, mapas conceptuales, entre otros.</p>
Simbólico	<p>Este tipo de modelos, según Bisquera, tienen que ver con la fórmula o representación, por medio de símbolos del sistema, proceso o fenómeno que se estudia (Bisquera: 1989: 44), lo cual difiere de manera radical con la idea de "interconexión significativa de los conceptos" de Sierra (1984: 134), en la cual se pierde la noción de isomorfismo, pues el modelo se construye a partir de otros conceptos.</p>	<p>El símbolo H₂O para representar el agua</p>
Matemático	<p>Son representaciones aritméticas, esto es, un conjunto de proposiciones matemáticas; por tanto, utiliza los símbolos y reglas de dicha disciplina. Este modelo permite inferir teoremas a partir de unas suposiciones o postulados.</p>	<p>Una ecuación o algoritmo</p>

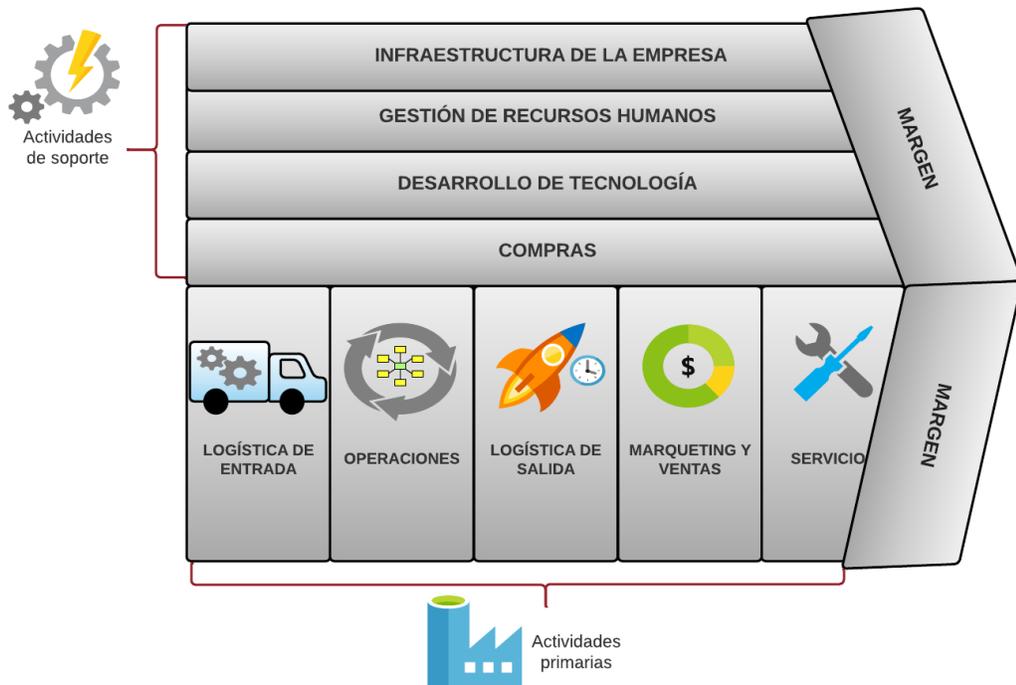
Tomado de: (Carvajal Villaplana, 2013)

En la tabla anterior se ordenan los modelos de los más físicos y gráficos a los más abstractos y matematizados.

Como se observa, el modelo se construye como un medio de ayuda para estudiar la realidad, (Bisquerra , 1989). Por otra parte, contribuye a comprender las teorías y leyes.

“Cadena de valor es la colaboración estratégica de empresas con el propósito de satisfacer objetivos específicos de mercado en el largo plazo.”

Daniel Humberto



Elaboración propia con base en: (Porter, 1991)

Capítulo II - Marco Referencial

Este capítulo ayuda a poner en contexto la importancia de las microempresas en México, pasando por los alimentos nutritivos y las empresas dedicadas a la producción de germinados, también explica diversos conceptos de la manufactura esbelta que son necesarios para el desarrollo de los siguientes capítulos.

2.1. Las micro, pequeñas y medianas empresas en México

La Ley Federal del Trabajo define a la empresa como “la unidad económica de producción o distribución de bienes o servicios” y por establecimiento: “la unidad técnica que como sucursal, agencia u otra forma semejante, sea parte integrante y contribuya a la realización de los fines de la empresa.”

Ahora bien, sabemos que existen otras categorías que hacen distinción al tipo de empresa que existe, como menciona Gonzáles Alvarado (2005), las empresas han sido clasificadas en términos cuantitativos con base en el número de empleados, volumen de ventas y volumen de ingresos y, en algunos casos, como el de México, según el sector económico donde se encuentran. Al clasificarlas cuantitativamente se les agrupa en micro, pequeña y mediana empresa.

Para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (véase Figura 1), el número de ocupantes que debe tener una microempresa es de 0 a 10, una pequeña empresa cuenta con entre 11 a 50 ocupantes y las medianas empresas tienen de 51 a 250 ocupantes y del total de ingresos que generan las empresas y los establecimientos en el país, 14.2% fueron generados por los micronegocios (0 a 10 personas ocupadas), 16.1% por los pequeños (11 a 50 personas), 21.9% los negocios medianos y 47.8% por los grandes (251 y más personas) (INEGI, 2020).

Como se ha visto, las MIPyME han sido un importante impulsor del crecimiento del empleo en los últimos años, principalmente a través de la creación de nuevas empresas, incluso en sectores de alto crecimiento como las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Sin embargo, las nuevas Perspectivas de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) para las PYME y el emprendimiento destaca que la mayoría de la creación de empleos de las PYME se ha realizado en sectores con niveles de productividad por debajo del promedio (OCDE, 2019).

Como mencionan Ortiz Hernández, Ortiz Alfaro, & Ortiz Hernández (2012), en la actualidad el conocimiento se está convirtiendo en el principal activo de una empresa y/o de un conjunto de empresas. En México, las micros y pequeñas empresas generan el mayor número de empleos, pero su contribución en la producción es mínima. Por otra parte, presentan baja productividad, limitaciones en la calidad de sus productos, dificultades para incorporar tecnologías, escaso capital intelectual e incipiente cultura empresarial y de innovación.

2.2. Cadena de Valor

Para un producto o servicio, sabemos que el valor se incrementa si el desempeño mejora o si el costo se reduce. En ese sentido, se analiza la cadena de valor para obtener una ventaja competitiva. Para ello, podemos definir, en términos competitivos, al “**valor**” como la cantidad que los compradores están dispuestos a pagar por lo que la empresa les proporciona. Este valor puede medirse mediante el ingreso total.

El valor total consta de las actividades de valor y del margen, las actividades de valor que realiza una empresa generalmente son físicas, y tecnológicas. (Díaz Vázquez, Pérez Hernández, Hernández Ávila , & Castro García, 2017).

También, se sabe que el concepto de “Cadena de Valor” es relativamente nuevo en el sector agroalimentario mundial. El surgimiento de las “Cadenas de Valor” como una estructura organizacional refleja la continua evolución de la economía de mercado, representan un cambio marcado en el comportamiento del “*management*” y estrategias organizacionales.

Daniel Humberto (2002) define a la “Cadena de Valor” como la colaboración estratégica de empresas con el propósito de satisfacer objetivos específicos de mercado en el largo plazo, y lograr beneficios mutuos para todos los “eslabones” de la cadena. El término “cadena del valor” se refiere a una red de alianzas verticales

o estratégicas entre varias empresas de negocios independientes dentro de una cadena agroalimentaria.

A su vez, la cadena de valor es el uso explícito, formal y consciente de la información de costos para el desarrollo de estrategias encaminadas al logro de una ventaja competitiva sostenible para la empresa.

Entonces, la cadena de valor de una organización identifica, las principales actividades que crean un valor para los clientes y las actividades de apoyo relacionadas.

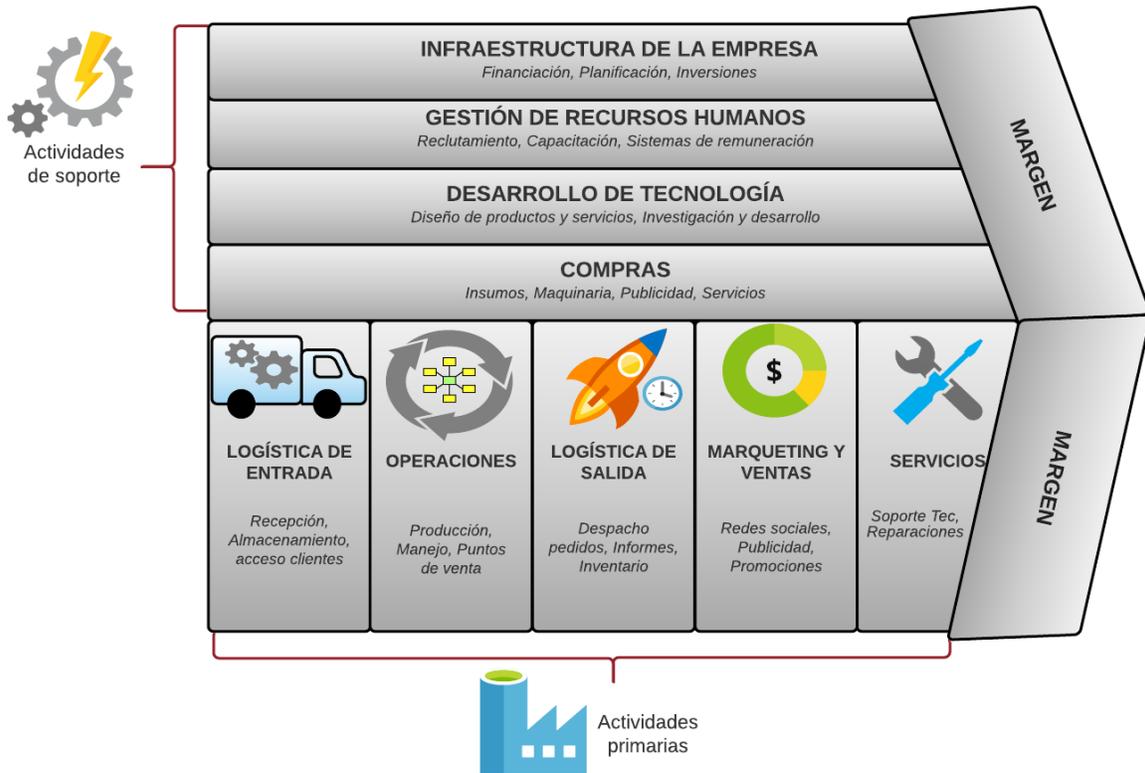
Esta cadena permite identificar los distintos costos en que incurre una organización a través de las diversas actividades que conforman su proceso productivo, por lo que constituye un elemento indispensable para determinar la estructura de costos de una compañía. Cada actividad en la cadena de valor incurre en costos y limita activos, para lograr su debido análisis y consideración permiten mejorar la eficiencia tecno-económica de una empresa, un grupo de empresas o de un determinado sector industrial (Quintero & Sánchez , 2006).

A grandes rasgos, la cadena de valor proporciona:

- Un esquema coherente para diagnosticar la posición de la empresa respecto de sus competidores.
- Un procedimiento para definir las acciones tendentes a desarrollar una ventaja competitiva sostenible.

Se muestra a continuación la cadena de valor genérica según Michael Porter (ver *Figura 2.1*).

Figura 2.1. Cadena de Valor Genérica



Elaboración propia con base en: (Porter, 1991)

Como se puede ver en la figura anterior, las actividades de valor en una empresa son las actividades distintas física y tecnológicamente, estos son los cimientos por medio de los cuales la empresa crea un producto valioso para sus compradores.

Las actividades de valor se pueden separar en:

- **Actividades primarias:** Son las actividades implicadas en la creación física del producto y su venta y transferencia al comprador, así como asistencia posterior a la venta.
- **Actividades de apoyo:** Las actividades de apoyo, también llamadas actividades de soporte sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa.

Por tanto, las actividades de valor son los tabiques discretos de la ventaja competitiva (Porter, 1991).

2.3. Alimentos Nutritivos

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la transformación en la alimentación ha acentuado el problema de malnutrición que favorece la coexistencia de la desnutrición, el sobrepeso y la obesidad. Dietas ricas en azúcares, productos animales y grasas (provenientes de productos altamente procesados) son factores de riesgo para enfermedades crónico-degenerativas como enfermedades cardiovasculares, diabetes, y distintos tipos de cáncer. México se encuentra en primer lugar de los países de América Latina de venta de productos altamente procesados. (FAO, 2019)

Es por esto por lo que las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un gran interés de los consumidores hacia ciertos alimentos, es decir, alimentos que además de su valor nutricional aporte beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano.

Como mencionan Alvídrez Morales, Gonzáles Martínez & Jiménez Salaz (2002), en la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como beneficios para la salud.

En consecuencia, como dice Chavarría Cabello (2020), es de vital importancia tener en cuenta las consecuencias que puede traer una mala alimentación y como solución a esto es indispensable incluir en nuestra dieta alimentos saludables que además tenga un costo accesible a la comunidad.

Un ejemplo valioso de alimento nutritivo son los germinados, también conocidos como brotes, son alimentos vivos resultantes de la germinación de semillas de leguminosas y cereales. Pérez Vega, Feregrino Pérez, & Jiménez García (2018) mencionan que “los germinados presentan un alto contenido de nutrientes, considerándose un alimento saludable para los seres humanos, ya que contienen un alto contenido de nutrientes y antioxidantes”

Al considerarse un alimento saludable por su calidad nutricional, el consumo de germinados ha incrementado en los últimos años. Al consumirse crudos en ensaladas o para extraer jugos sin ningún tipo de proceso de cocción, lo que preserva la integridad de los fitoquímicos que tienen un alto valor nutricional (Pérez Galeano & Zapata Valencia, 2015).

2.4. Germinados en México

Aún son pocas las grandes empresas dedicadas a la producción de germinados para consumo humano en México, sin embargo, estas empresas tienen la mayoría de las cadenas comerciales abastecidas; marcas como *Germimax*, *Germisalat*, y *Cultivos Naturales San Francisco* son algunas de las empresas con mayor reconocimiento, en particular y esta última cuenta con diversas certificaciones en el manejo de las semillas para verificar la ausencia de patógenos como Salmonella y E.coli O157:H7. Además, realiza diversos análisis mediante tecnología de biología molecular avalada por la *Association of Analytical Communities (AOAC)*, la cual es una asociación sin ánimo de lucro reconocida a nivel mundial que se encarga de desarrollar normas de consenso tanto químicas como microbiológicas que aporten soluciones analíticas reconocidas por la comunidad científica. (Cultivos Naturales San Francisco, 2018). Aunado a ello, Cultivos Naturales San Francisco cuentan con una certificación por Primus GFS en Buenas Prácticas de Manufactura y Seguridad Alimentaria, siendo una certificación internacional.

En contraste, optar por alguna de las grandes marcas no es la única manera en la que se pueden adquirir los germinados, en México podemos conseguirlos en los mercados sobre ruedas (tianguis), centrales de abastos, mercados o huertos independientes, no obstante, las MIPyME dedicadas a la distribución de germinados tienen poco control sobre sus inventarios e insumos y faltan de una producción eficiente y controlada, asimismo con frecuencia carecen de una identidad empresarial lo cual aumenta la dificultad para competir con las grandes empresas.

2.5. La Distribución en Planta

Según Richard Muther (1970) “La distribución en planta es el proceso de ordenamiento físico de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”

Algunos consideran a la distribución en planta (*layout* en inglés) como una de la mejora más importante que se puede hacer en una fábrica, esto mediante el cambio físico de la planta, ya sea para una fábrica existente o todavía en planos, y se refiere a la óptima disposición de las máquinas, los equipos y los departamentos de servicio, para lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una planta.

Además, la distribución de planta es un importante prerrequisito para una operación eficiente ya que resuelve cantidad de problemas comunes en todas las empresas. Entonces, una vez que se ha decidido la localización de la planta, la siguiente tarea importante antes de la gestión de la empresa, es planificar el diseño de las instalaciones industriales de la planta.

Este *layout* consiste en ubicar en su justo sitio maquinas, herramientas y accesorios; el dar entrada y salida racionales a las materias y productos antes, durante y después de su proceso en planta, pasando desde los almacenes de materias a los departamentos de depósito, embalaje y expedición, y el lograr, en definitiva, que las

operaciones propias de la actividad industrial se produzcan con mínimos movimientos de materiales y de hombres, además, esta actividad exige de conocimientos técnicos y una preparación de vital importancia para la empresa. (Kuzu S.L, 2009).

Como mencionan Abdollahi, Aslam, & Yazdi (2019), una distribución eficiente puede reducir el ciclo de producción, tiempo muerto, cuellos de botella y tiempo de transporte de materiales, por medio de un desempeño pulcro que reduce el costo del material y tiempo de proceso, aumentando el porcentaje de tiempo de producción efectiva y la productividad; en cambio, una producción no favorable lleva a un manejo ineficiente de material con una excesiva cantidad de trabajo en proceso o WIP (*Work in Process*) (Sagnak, Ada, & Kazancoglu, 2019).

2.6. Mapa de la Cadena de Valor

Debido a la gran competencia actual entre mercados, las MIPyME orientadas a la manufactura necesitan mejorar su fuerza y deben concentrarse en sus flujos de proceso asignando los recursos con cuidado para mejorar la productividad. También deben centrarse en mejoras continuas con la participación total de todos los empleados con una utilización óptima de la mano de obra y la maquinaria reduciendo el tiempo de inactividad y el tiempo de entrega.

La aplicación de diversas herramientas y estrategias pueden ayudar a la reducción o eliminación de desperdicios, bajando el costo del producto, reduciendo el esfuerzo humano y minimizando el tiempo de fabricación (P. Dhiravidamani, 2018), una de estas herramientas es el mapa de la cadena de valor.

El mapa de cadena de valor o **Value Stream Mapping (VSM)** es una herramienta de análisis continuo que sirve para representar gráficamente y mejorar los procesos productivos de una empresa.

La implementación del **mapa de cadena de valor** hace énfasis en el flujo de valor, lo cual no es más que el **mapeo de todas las actividades que se requieren para llevar el producto desde la materia prima hasta el cliente final**. VSM está desempeñando un papel muy productivo en todo el proceso *Lean*, ya que establece las condiciones actuales y futuras cuando desarrollan planes para instalar sistemas *Lean*. (P. Dhiravidamani, 2018)

Entonces, *el VSM muestra el estado actual y futuro de los procesos de una manera que resalta las oportunidades de mejora y también expone el desperdicio en los procesos actuales y proporciona una hoja de ruta para la mejora a través del estado futuro*. Este mapa muestra el flujo de materiales e información y clasifica las actividades en tres segmentos: habilitación de valor, valor agregado y valor no agregado. El mapa de flujo de valor se enfoca en identificar y eliminar las actividades sin valor agregado en cada paso del proceso y reducir el tiempo de espera entre pasos consecutivos siempre que sea posible. (P. Dhiravidamani, 2018).

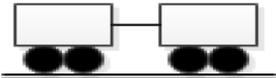
De acuerdo con (Silva S, 2012), las etapas para implementar la técnica VSM son las siguientes:

1. Identifique qué producto o familia de productos se mapeará.
2. Dibujar la etapa actual de los procesos (VSM actual).
3. Identificar dónde se pueden realizar las mejoras para eliminar el desperdicio.
4. Dibujar e implementar el futuro VSM.

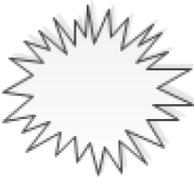
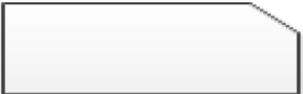
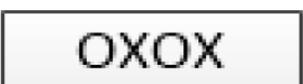
Asimismo, existe un conjunto de símbolos comunes que se usan en los mapas de flujo de valor. Algunos se introdujeron en el innovador escrito "Aprender a ver", publicado en 2009 por el *Lean Enterprise Institute*. Sin embargo, los símbolos de VSM no están estandarizados, es decir, es posible modificar o crear símbolos que se adapten a las necesidades de la organización. Siempre que el equipo que esté trabajando en mejorar el sistema entienda los símbolos usados, el mapa será una

herramienta efectiva. (Lucid Software Inc., 2021); a continuación, la *tabla 2.1* muestra algunos de los símbolos generales para la representación gráfica del VSM.

Tabla 2.1. Símbolos del VSM

Símbolo	Descripción
	Fuente externa: este símbolo representa clientes y proveedores
	Flecha de traslado: representa el traslado de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente
	Transporte terrestre: transporte mediante camión de carga
	Transporte terrestre: transporte mediante tren
	Transporte aéreo: transporte mediante avión
	Operación del proceso

	Información: pronóstico, plan de producción, programación
	Casillero de datos con indicadores del proceso
	Flecha de empuje: para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante un sistema <i>push</i>
	Flecha de arrastre: para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante un sistema <i>pull</i>
	Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante una secuencia "primeras entradas, primeras salidas"
	Inventario: de materia prima, producto en proceso, producto terminado
	Información transmitida de forma manual
	Información transmitida de forma electrónica

	Relámpago Kaizen: este símbolo representa los puntos donde deben realizarse eventos de mejora enfocados en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada
	Kanban de producción
	Kanban de transporte
	Nivelación de la carga: herramienta que se emplea para interceptar los lotes de Kanban y nivelar el volumen de la producción
	Línea de tiempo: muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor y los tiempos de las actividades que no agregan valor <ol style="list-style-type: none">1. Plazo de entrega del proceso2. Tiempo de valor agregado del proceso

Fuente: modificado de: (García Cantó & Amador Gandía, 2019)

Con la ayuda de estos símbolos se puede representar el mapa de la cadena de valor el cual muestra el flujo de materiales, información y actividades u operaciones categorizándolos en 3 rubros: Valor habilitado, Valor agregado (VA) y Valor no agregado (NVA)

2.6.1. Metodología para la elaboración del mapa de cadena de valor

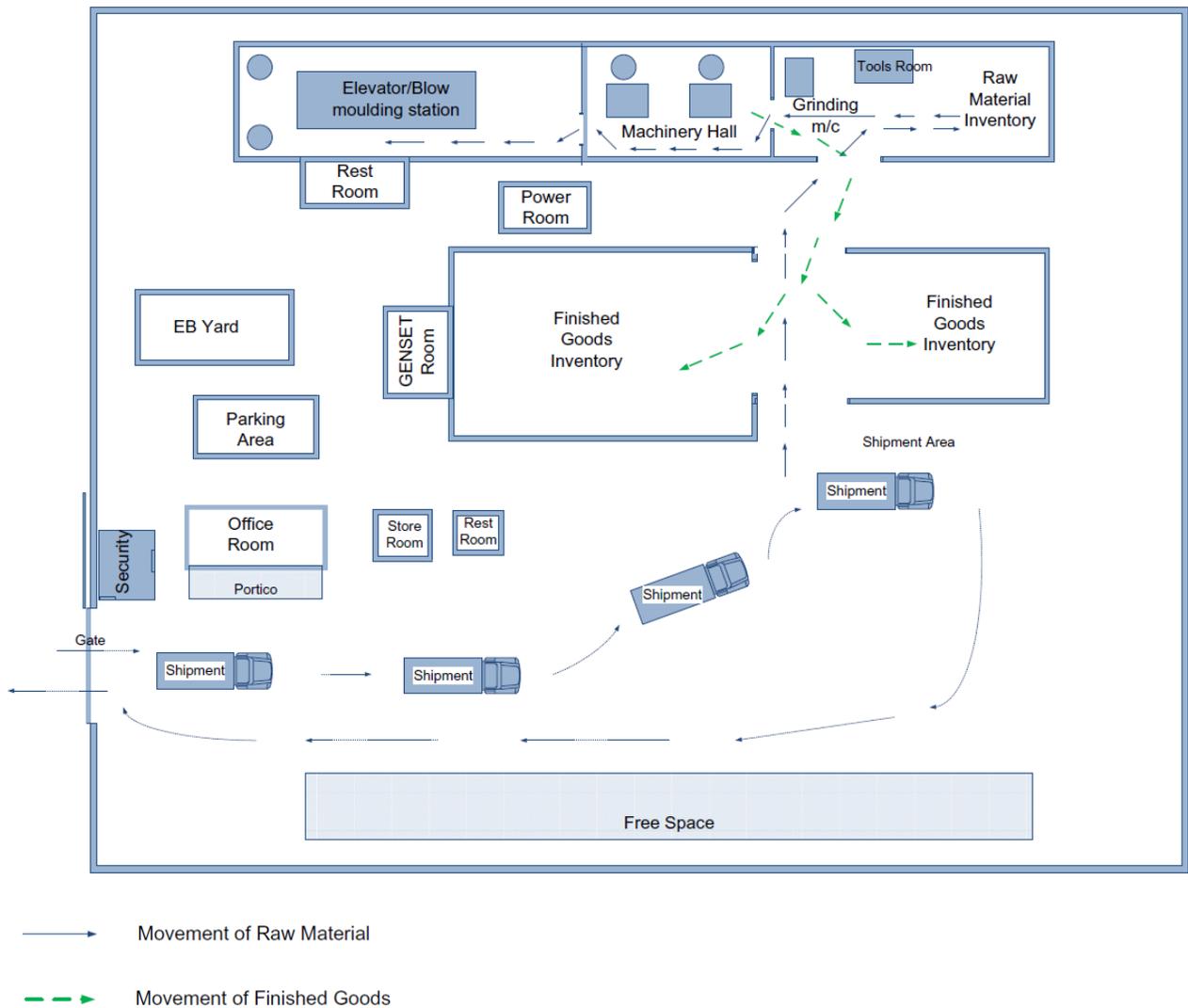
Como se ha visto, la herramienta VSM sugiere realizar primero el mapa de valor del estado actual del proceso productivo en la empresa y posteriormente diseñar el mapa futuro implementando las mejoras que corrijan los desperdicios o errores encontrados, entonces, el desarrollo del estado actual de distribución de la planta y mapa de cadena de valor es el primer paso del modelo, ya que, al examinar las actividades de cerca, se puede trazar la información y el flujo de materiales.

Cabe mencionar que, como cada empresa es distinta entre sí, el esquema resultante será único para cada caso, sin embargo, lo importante es asegurarse de registrar a detalle cada una de las actividades realizadas en el proceso productivo.

De acuerdo con los párrafos anteriores, tenemos que mapear a detalle el proceso productivo, por lo cual, un aspecto muy importante a considerar siempre será la distribución en planta, por lo cual es una excelente idea comenzar por el plano del *layout*.

A continuación, se presenta un breve ejemplo de una empresa cuyo principal proceso productivo es fabricar tanques de agua de 1000 litros. La *figura 2.2* muestra la distribución de planta del estado actual de la empresa en cuestión, donde también se especifican los flujos de materia prima y de los productos terminados.

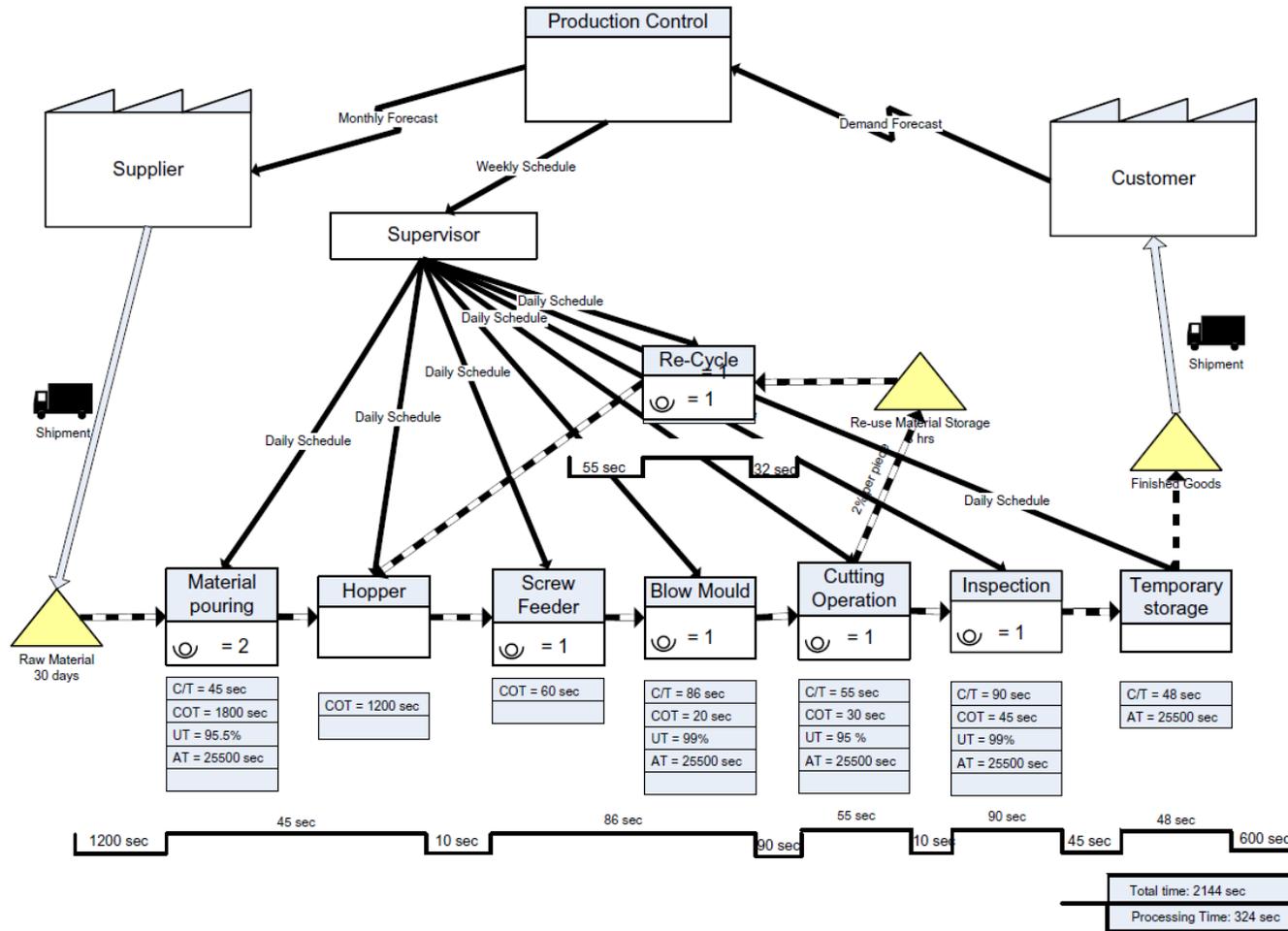
Figura 2.2. Layout empresa productora de tanques de agua de 1000 litros – Estado actual



Fuente: Extraído de (Bhuvanesh Kumar & Parameshwaran, 2018)

Una vez establecido el *layout* resulta más sencillo continuar con el mapeo de la cadena de valor. En la *figura 2.3* se muestra el mapa de la cadena de valor (estado actual) de la empresa productora de tanques de agua.

Figura 2.3. Mapa del flujo del valor - empresa 1 (estado actual)



Fuente: Extraído de (Bhuvanesh Kumar & Parameshwaran, 2018)

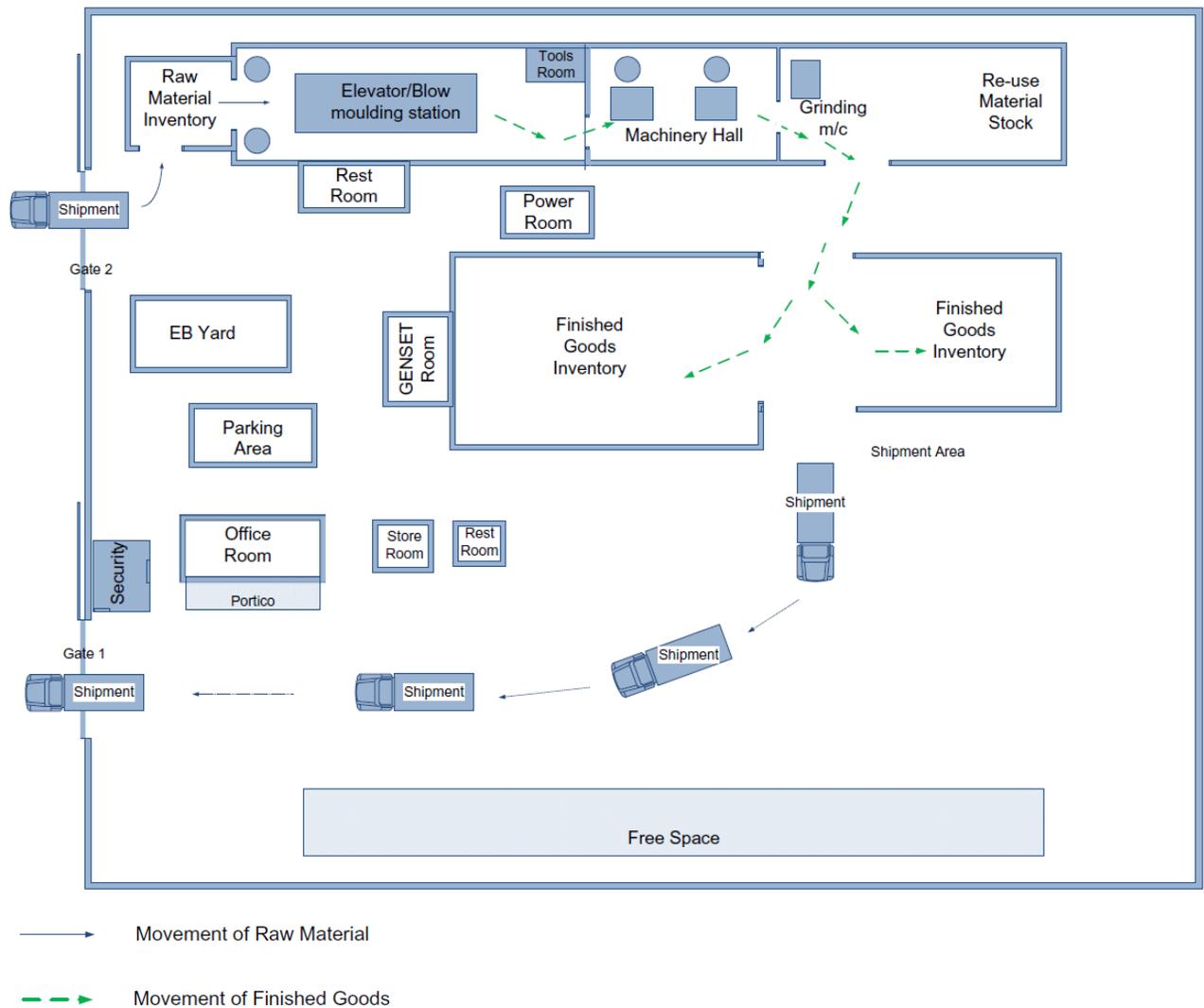
Una vez representado el gráfico del flujo de valor podemos observar con mayor facilidad las áreas de oportunidad que existen durante el proceso productivo. Entonces, el siguiente paso es la identificación de los desechos a través del estado actual de distribución de la planta y del mapa de cadena de valor que deben minimizarse. Los recursos que generan desperdicios se identifican con la ayuda de observaciones y discusiones con gerentes y supervisores. (Parameshwaran, 2018).

Podemos entonces anotar cada una de las partes del proceso donde conviene intervenir con la aplicación de alguna herramienta de mejora según corresponda, en estos casos, debemos expresarlas utilizando la simbología puesto que en la mayoría de los casos el objetivo no se puede establecer con precisión porque la implementación ajustada requiere tiempo para mostrar los resultados.

A su vez, las mejoras en las medidas de desempeño se pueden ver desarrollando el mapa de cadena de valor del futuro. Entonces, se realiza la nueva distribución en planta y el estado futuro del mapa de la cadena de valor. De esta manera, el modelo está validado comparando los escenarios de antes y después. (Parameshwaran, 2018).

Se muestra a continuación la nueva distribución en planta de la empresa ejemplo (Véase *figura 2.4*)

Figura 2.4. Layout empresa productora de tanques de agua de 1000 litros – Estado futuro

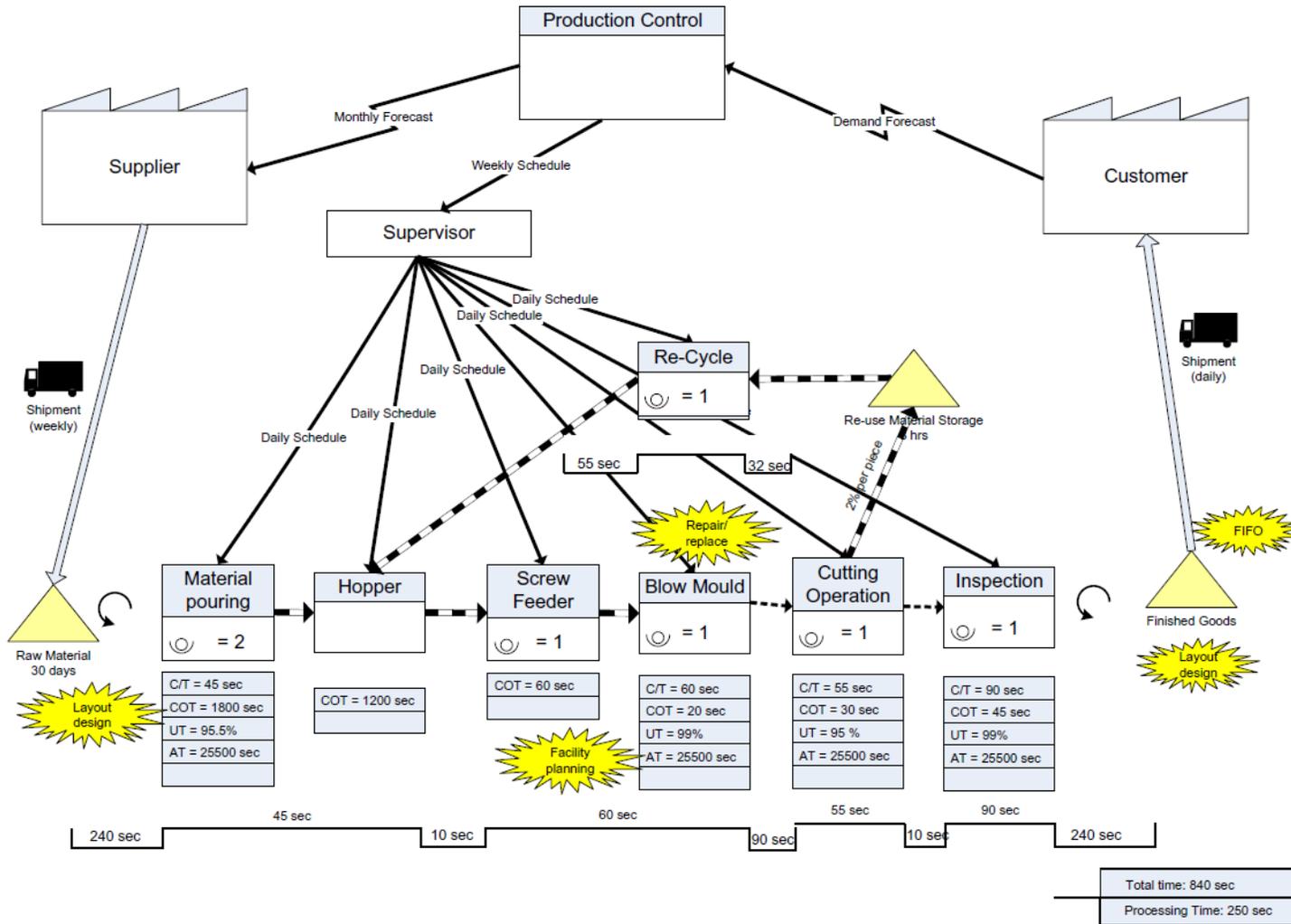


Fuente: Extraído de (Bhuvanesh Kumar & Parameshwaran, 2018)

Podemos observar que el nuevo *Layout* resulta más conveniente pues los movimientos de materia prima y productos terminados fluyen de una manera más lógica y armoniosa lo que se traduce en una mayor eficiencia del proceso ya que evita recorridos innecesarios e incluso ayuda a prevenir accidentes.

Ahora, la *figura 2.5* muestra el esquema del mapa de la cadena de valor con las propuestas de mejora establecidas.

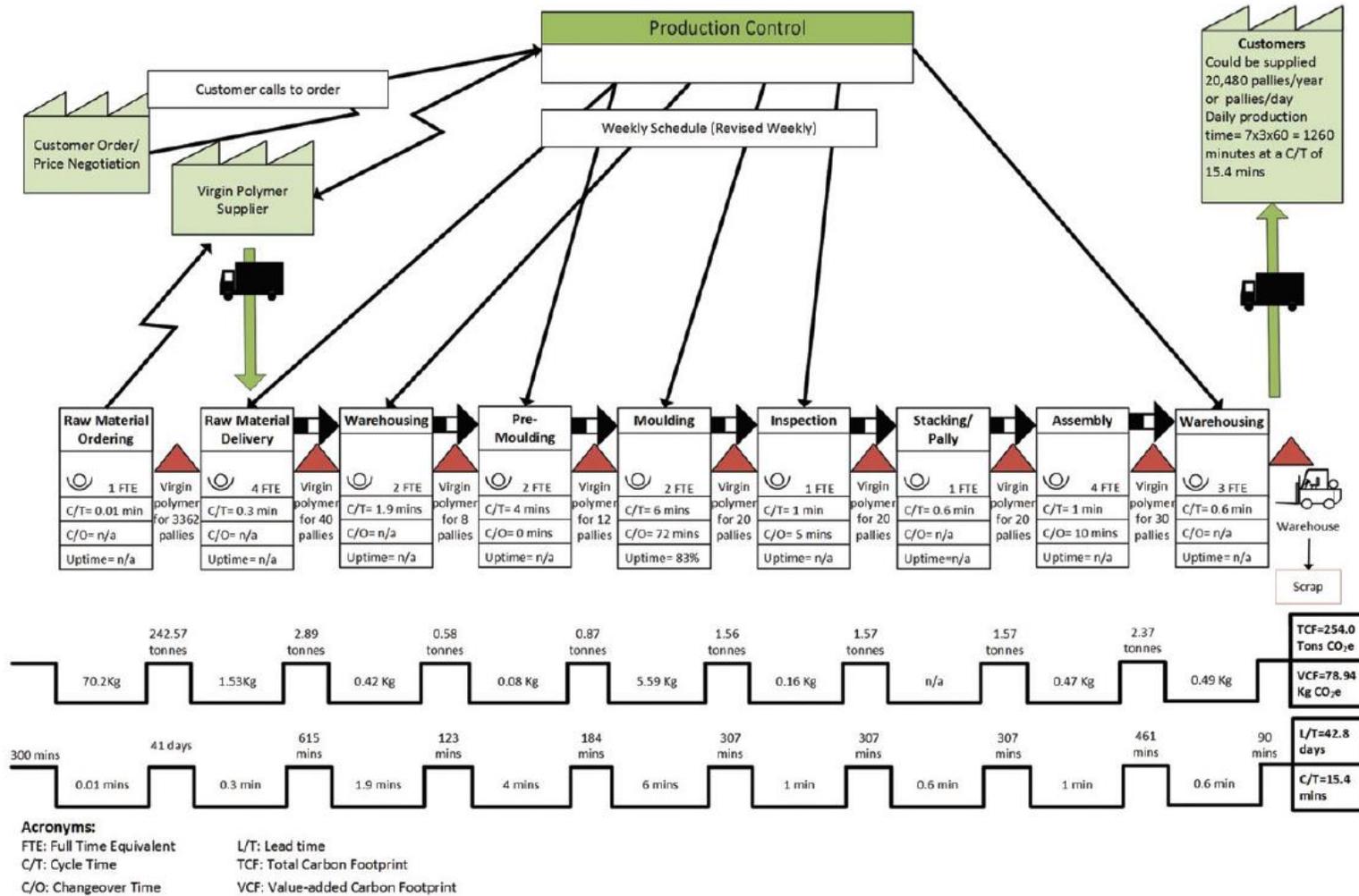
Figura 2.5. Mapa del flujo del valor - Empresa 1 (estado futuro)



Fuente: Extraído de (Bhuvanesh Kumar & Parameshwaran, 2018)

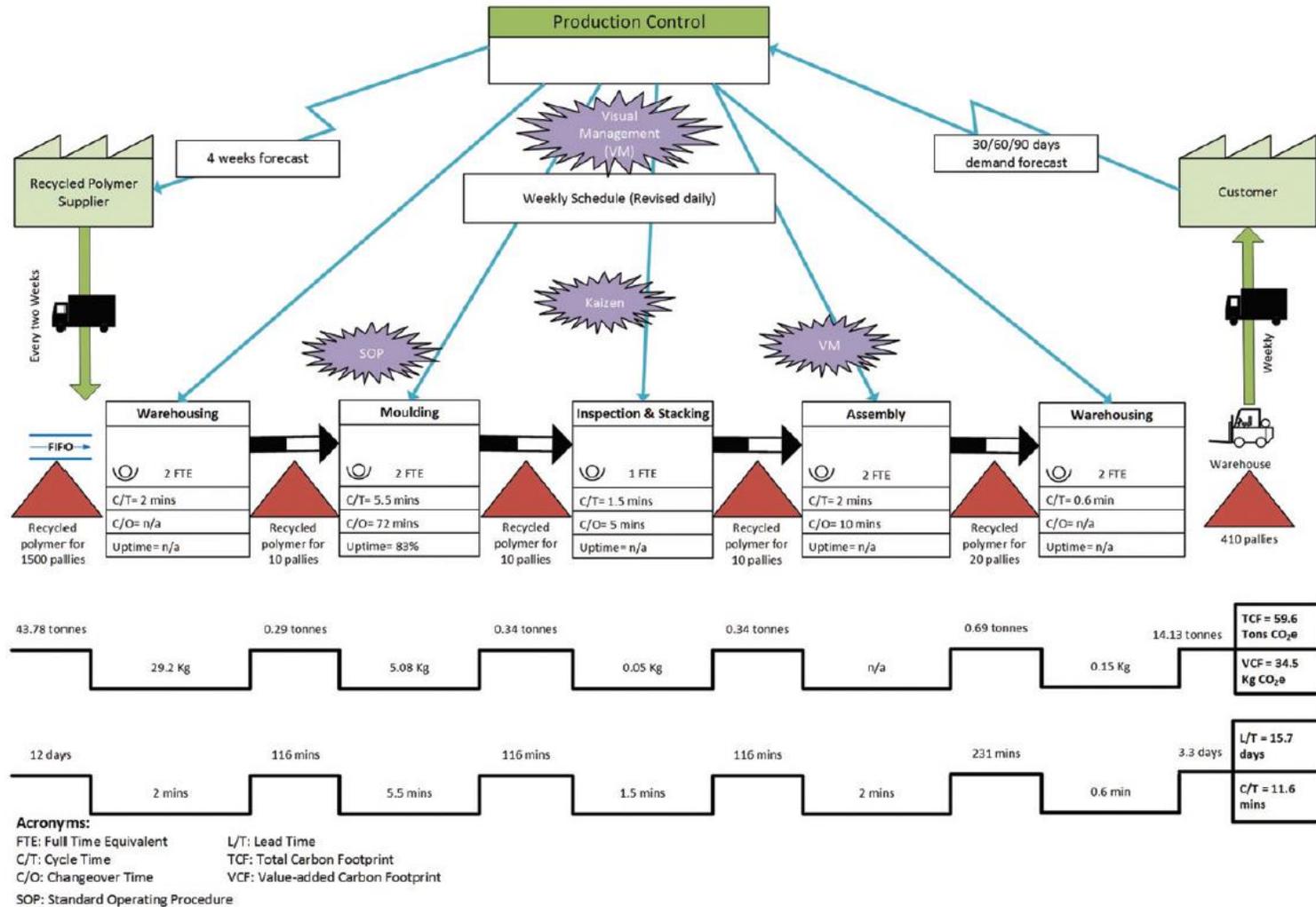
En las dos figuras siguientes (*figura 2.6* y *figura 2.7*) se muestra otro ejemplo, el mapa de la cadena de valor en el estado actual de la producción de otra empresas completamente diferente a la del ejemplo anterior; podemos apreciar que, dependiendo el proceso productivo, el gráfico será distinto para cada aplicación, sin embargo, usando los símbolos pertenecientes al VSM podemos entender el flujo de la producción y sabe cómo es que funciona cada modelo productivo.

Figura 2.6. Mapa del flujo del valor - empresa 2 (estado actual)



Fuente: Extraído de (Production, Planning & Control. The Management of Operations, 2019)

Figura 2.7. Mapa del flujo del valor - Empresa 2 (estado futuro)



Fuente: Extraído de (Production, Planning & Control. The Management of Operations, 2019)

El ejemplo anterior no especifica el *layout* del antes y el después, posiblemente no se realizó ese análisis o quizá determinaron que influir en la distribución en planta traería una mejora casi nula y decidieron omitirlo; podemos además concluir que cada empresa adapta y usa el mapeo de la cadena de valor como más le conviene para determinar las mejoras necesarias a implementar.

2.7. Diseño

El diseño es un proceso retroalimentativo de mejora que busca dar una solución idónea a un problema real, por lo tanto, el ingeniero como solucionador de problemas utiliza constantemente el diseño pues forma parte fundamental del quehacer del ingenieril.

2.7.1. El proceso de diseño

Es sabido que el ingeniero como persona que emplea el uso del ingenio para la resolución de problemas o necesidades, así como el diseño de productos, procesos y más, basa su criterio en el conocimiento científico y un tanto en la imaginación, no obstante, a veces resulta difícil plasmar las ideas y pensamientos en lo tangible, por ello es importante seguir el proceso de diseño, que según Deutchman, Michels, & Wilson (1987) es “el mecanismo mediante el cual una necesidad es convertida en un plan funcional y significativo. Es la formulación de un plan, esquema o método para trasladar una necesidad a un dispositivo que funcionando satisfactoriamente cubra la necesidad original”, para Spotts & Shoup (1999) “El diseño en ingeniería es el proceso de idear un sistema, componente o proceso para satisfacer ciertas necesidades.” En el que se reúnen distintas áreas de conocimiento como las matemáticas y las ramas de la ingeniería, que se aplican para convertir los bienes básicos en una forma óptima a fin de cumplir un objetivo fijado. La manera en que se realiza el diseño es mediante un proceso, el “proceso de diseño”, este consta de

diversas etapas, Spotts & Shoup (1999) sugieren una serie progresiva de cuatro etapas.

Previo a cada una de estas etapas presentadas, se propone “dividir el diseño en módulos realizables” (Tooley, 2010), con el fin de tener un mejor orden y control sobre cada una de las etapas, donde cada una de estas está conectada en serie con la siguiente, de manera que la salida de la primera etapa dará un enunciado de necesidad para la siguiente:

Etapa 1: Etapa de factibilidad. Determina si es posible y ventajoso económicamente emprender un proyecto de ingeniería dado. Gente experta en disciplinas ajenas a la ingeniería son a menudo parte del equipo de diseño durante esta etapa, se emplea lo mencionado por Hamrock, Jacobson, & Schmid (2000) como **ingeniería concurrente**, la cual es “la filosofía del involucramiento de muchas disciplinas desde el inicio de un esfuerzo de diseño y su permanencia durante todo el desarrollo de producto. De esta manera, los esfuerzos redundantes son minimizados y se desarrollan más rápidamente productos de mejor calidad.” Esta etapa producirá una recomendación, ya sea de proceder o abandonar el proyecto.

Etapa 2: Etapa preliminar: Su propósito es hacer juicios cualitativos sobre los tipos de componentes y recursos por usar para satisfacer las necesidades conceptuales identificadas en el estudio de factibilidad. Entrega como salida alternativas sobre las clases de componentes que se requieren para realizar el proceso o producto, así como las consideraciones que se muestran a continuación en la *tabla 2.2*.

Tabla 2.2. Consideraciones de diseño.

Funcionalidad.	Ruido.
Fuerzas/esfuerzos.	Estilo.
Distorsión/deflexión/rigidez.	Forma.
Desgaste.	Dimensiones.
Corrosión.	Control.
Seguridad.	Propiedades térmicas
Confiabilidad.	Superficie.
Manufacturabilidad.	Lubricación.
Utilidad.	Comerciable.
Costo.	Mantenimiento.
Fricción.	Volumen.
Peso.	Responsabilidad.
Tiempo de vida.	Re-manufactura/recuperación de recursos

Fuente: Recuperado de Schigley's Mechanical Engineering Design (2015)

Como lo mencionan Juvinal & Marshek (2013) “en la mayoría de los diseños de ingeniería se hacen varias consideraciones”; sin embargo, no hay un listado universal que priorice las principales consideraciones de diseño sin embargo existen ciertas categorías importantes. Véase tabla 2.3 que complementa a la *tabla 2.2*.

Tabla 2.3. Principales categorías de las consideraciones de diseño.

Consideraciones tradicionales	Consideraciones modernas
1. Materiales	1. Seguridad
2. Geometría	2. Ecología
3. Condiciones de operación	3. Calidad de vida
4. Costo	Consideraciones diversas
5. Disponibilidad	1. Confiabilidad y facilidad de mantenimiento
6. Posibilidad de producción	2. Ergonomía y estética
7. Vida del componente	

Fuente: Extraído de (Juvinal & Marshek, 2013)

Etapa 3: Etapa de detalle. Es empleada para efectuar las selecciones cuantitativas con respecto a tamaño, forma, orientación, color, etc., de los elementos recomendados para el producto o proceso final. Implica el modelado y pruebas de partes, lo cual conlleva cálculos y experimentos extensos. La salida de esta etapa conduce a la fabricación del producto. En esta etapa se deben rectificar las “Consideraciones de diseño”, las cuáles hacen un ajuste sustancial según el objetivo principal del diseño y que se muestran en el anterior punto, por mencionar algunas: (Juvinal & Marshek, 2013).

Etapa 4: Etapa de revisión. Consiste en emplear la experiencia de campo, con el producto o proceso puesto en servicio, como base para mejoras anteriores del producto.

Etapa 5: Síntesis de los módulos. A esta etapa le corresponde unir todos los módulos separables una vez que hayan sido completados y aprobados.

Etapa 6: Producción. Por último, con suficiente tiempo, dinero y perseverancia, el diseño estará listo para su producción. Ésta podría consistir en la manufactura de una versión final simple del diseño, pero muy

probablemente significará hacer miles o incluso millones de piezas de ese artefacto. El peligro, gasto y turbación de encontrar fallas en su diseño después de hacer grandes cantidades de dispositivos defectuosos deberán obligarlo a tener el mayor cuidado en los primeros pasos del proceso de diseño para garantizar que éste sea ejecutado apropiadamente. (Norton, 2009).

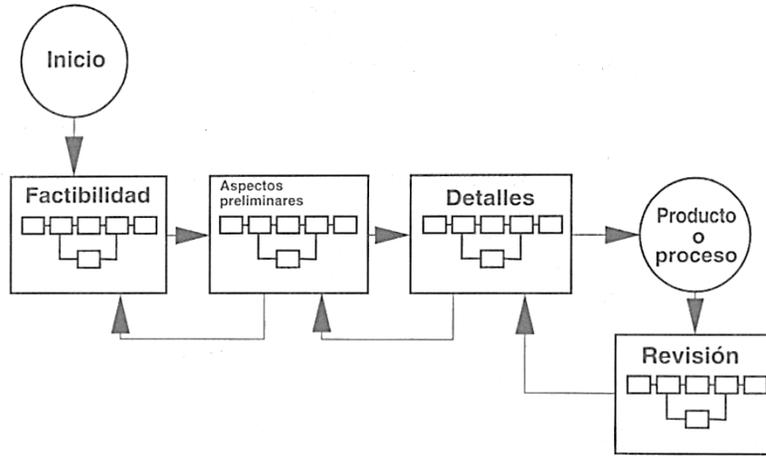
Durante cada una de las etapas del diseño se ejecutarán seis pasos, esto se explica mejor en la *figura 2.8*.

1. Reconocer la necesidad: Los productos y procesos creados por el diseño de ingeniería son una respuesta directa a necesidades específicas de la sociedad. Es necesario formular un enunciado sobre la necesidad de manera cuidadosa, pudiendo este llegar a contener un reconocimiento a las restricciones reales del problema.
2. Crear un diseño: Es necesario comenzar a crear ideas que satisfagan la necesidad previamente reconocida. En este paso se debe incluir todas las especificaciones para el objeto a diseñar, así como las limitaciones del mismo objeto o proceso. Del mismo modo, las condiciones sobre las cuáles ha de cumplir su función y los procesos de producción que se deben tomar en cuenta para el objeto a diseñar deben ser alcanzables.
3. Preparar un modelo: Consiste en construir la idea de diseño sugerida, pero de forma simplificada. Un modelo puede ser desde una simple imagen mental de la idea hasta una reproducción física o matemática compleja del concepto propuesto, dado que los modelos son aproximaciones de los fenómenos físicos es importante saber cuándo un modelo es suficientemente sólido para dar óptimos resultados.
4. Probar y evaluar el modelo: Habrá que ejercitar el modelo surgido de la idea de diseño propuesta. La evaluación es la prueba final de un diseño exitoso donde usualmente se realizan prototipos para saber si el diseño es un

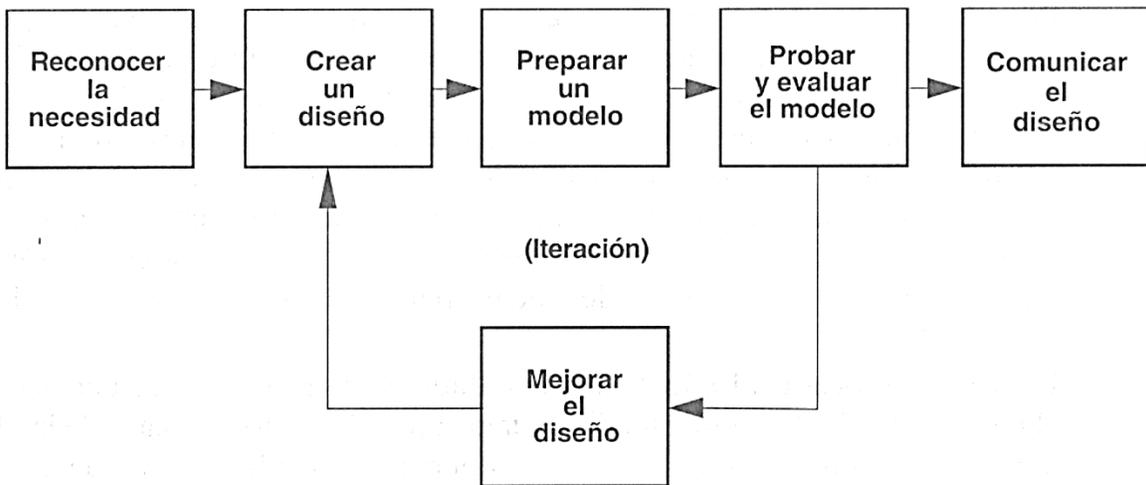
producto confiable, útil, viable ingenieril y económicamente, como la posibilidad de manufactura y su capacidad de competitividad frente a otros similares.

5. Mejorar el diseño: Discernir mediante los resultados de las pruebas efectuadas al modelo, el éxito o fracaso de la idea, e identificar si deben efectuarse mejoras o modificaciones al modelo. Esto puede conducir de vuelta al paso 2, por lo que este proceso es de carácter iterativo, tal como lo indica Norton (2009) “se avanza de manera vacilante, dos pasos hacia delante y uno atrás. Es inherentemente circular. Iterar significa repetir, regresar a un estado previo. Si, por ejemplo, lo que parece ser gran idea, al analizarla, resulta que viola la segunda ley de la termodinámica, se puede regresar al paso de ideación y buscar otra mejor o, si es necesario, regresar a uno de los primeros pasos en el proceso, quizás a la investigación de fondo y aprender más sobre el problema”.
6. Comunicar el diseño: Los detalles del diseño deben ser comunicados a aquellos que implementaran su uso, la presentación del diseño debe incluir especificaciones claras de cada uno de los elementos a formar parte, como dimensiones, materiales, ensambles y procesos de producción. La comunicación de las ideas del diseño ingenieril puede ser escrita, oral, por imágenes, grafica o por medio de dibujos.

Figura 2.8. A) Las cuatro etapas del diseño B) Los seis pasos del proceso de diseño



A)

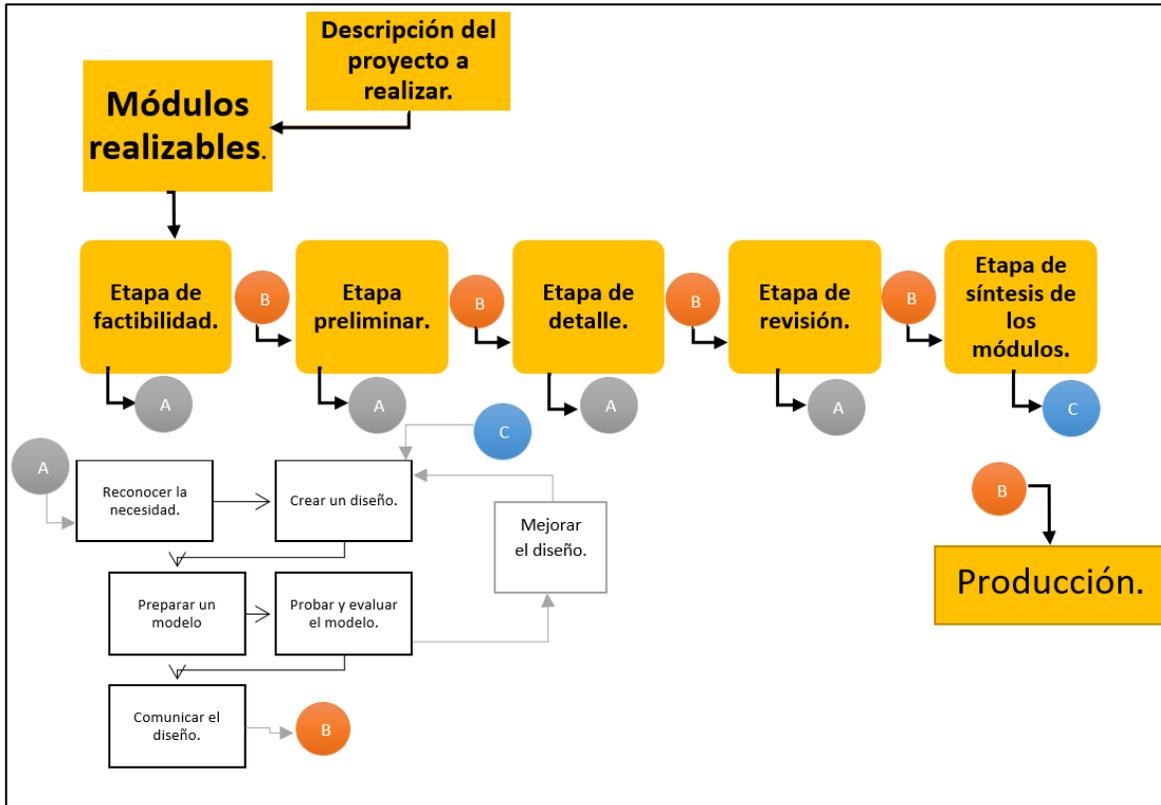


B)

Fuente: Extraído de (Spotts & Shoup, 1999)

Finalmente, con base a varios autores y la unión de estos, se obtiene un proceso de diseño modificado y más claro, que de manera gráfica se muestra a continuación en la figura 2.9.

Figura 2.9. El proceso de diseño



Fuente: Elaboración propia con base a (Spotts & Shoup, 1999), (Tooley, 2010).

El proceso de diseño es un ciclo que se debe retroalimentar a sí mismo durante cada etapa. El proceso de diseño está presente en la mayoría de las áreas de ingeniería y es una herramienta que ayuda durante la planeación, gestión y control.

2.8. Simulación

Hablar de simulación puede parecer un tema novedoso sin embargo esto es relativo, ya que la simulación ha estado presente en diversas aplicaciones a lo largo de la historia. Debido a que la simulación puede verse simplemente como una serie de

condiciones controladas que buscan representar la realidad lo más exacta posible, se ha usado en infinidad de áreas de estudio, desde la medicina, al utilizar muñecos de prueba para que los estudiantes puedan practicar las inyecciones y así evitar riesgos; cuando se simulan choques de vehículos también se usan muñecos de prueba los cuales sirven detectar errores críticos en el diseño de los vehículos antes de poner en peligro la vida de los usuarios, etc.

Como se menciona, la simulación ha tenido lugar a lo largo de la historia, sin embargo, hablando específicamente de la simulación por computadora, podemos entrar a un mundo mucho más específico y en ocasiones, preciso ya que a veces la simulación también se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales generalmente en una computadora con un software apropiado. (David Kelton, P. Sadowski, & T. Sturrock, 2008).

También se sabe que la simulación es una herramienta de análisis de sistemas complejos. De esta forma, “La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas reales mediante evaluación numérica utilizando un software diseñado para imitar las operaciones o características de los sistemas, a menudo a través del tiempo” “La simulación es el proceso de diseño y creación de un modelo computarizado de un sistema real o propuesto para llevar a cabo experimentos numéricos y brindar un mejor entendimiento del comportamiento de ese sistema para un conjunto dado de condiciones”. (David Kelton, P. Sadowski, & T. Sturrock, 2008).

La simulación es importante en la gestión de procesos en microempresas, porque permite observar el comportamiento de las propuestas antes de implementarlas (Martin, Despaire, & Caris, 2016).

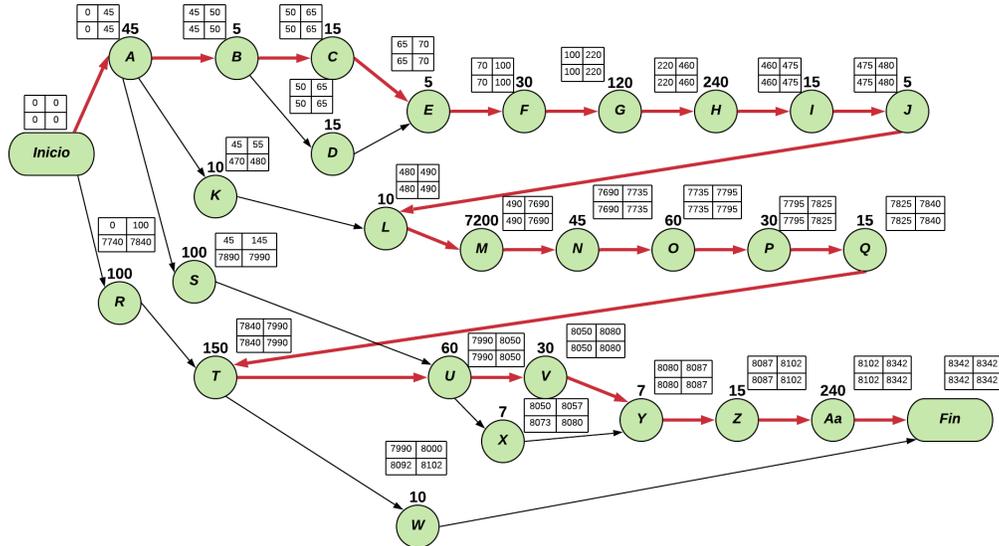
Por otra parte, el enfoque de fábricas virtuales se define como un conjunto integral de diferentes modelos, simulaciones y técnicas de demostración en un ambiente computacional que permite mejoras continuas en el nivel logístico de la empresa en

los procesos de producción (Debevec, Simic, Jovanovic, & Herakovic, 2020), con los resultados obtenidos o indicadores

permiten a los planeadores de producción reaccionar adecuadamente antes de la implementación real y corregir el plan de producción mediante decisiones rápidas, fiables y razonables en etapas tempranas de planeación de la producción, fases de optimización, o mejora continua (Zupan, Herakovic, Zerovnik, & Berlec, 2017).

El principal objetivo de una fábrica virtual que toma en cuenta la disponibilidad de recursos de producción es ayudar a reducir el tiempo sin producción a través de la simulación de procesos (Debevec, Simic, Jovanovic, & Herakovic, 2020).

La ruta crítica es un método de planeación y control de las actividades productivas.



Ruta crítica: A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,L,M,N,O,P,Q,T,U,V,Y,Z,Aa
 Duración: 8342 minutos = 139.033 horas = 5.8 días

Elaboración propia

Capitulo III - Diseño del Mapa de la Cadena de Valor

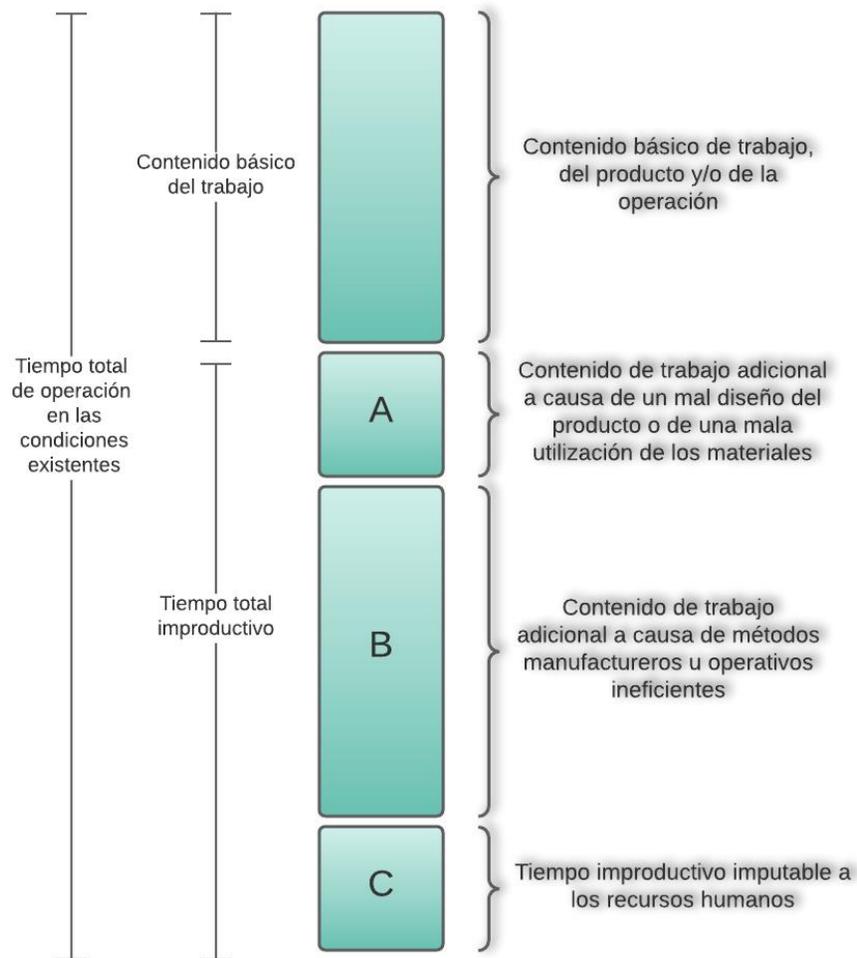
En una empresa, la dirección es la encargada de garantizar que los recursos de esta se combinen de la mejor manera posible para alcanzar la máxima productividad, por lo tanto, en esta búsqueda de una mayor productividad, la dirección preocupada por la eficiencia trata de influir principalmente en la producción o en los insumos.

De ese modo, como menciona Kanawaty (1996), la dirección puede producir una cantidad mayor de productos o servicios con los mismos insumos, o unos productos o servicios de mejor calidad y/o de mayor valor, o puede conseguir un mejor

resultado modificando la índole de los insumos, verbigracia por medio de inversiones en tecnología avanzada, sistemas de información y computadoras o utilizando otras fuentes de materias primas o energía.

Cuando se realiza un trabajo productivo, es importante considerar el tiempo en que ese trabajo se lleva a cabo, en el entendido que el tiempo total de un trabajo se considera como el tiempo que tarda una máquina o un trabajador el desarrollar una actividad o producir una cantidad determinada de productos, por eso, la figura 3.1 muestra cómo está constituido el tiempo total de un trabajo.

Figura 3.1 Constitución del tiempo de trabajo en una empresa



Fuente: modificado de (Kanawaty, 1996)

Como se aprecia en la figura anterior, el tiempo improductivo ocupa la mayor parte del tiempo total de las operaciones. Dejando de lado el tiempo improductivo relacionado a los recursos humanos, todo trabajo eficiente parte de un correcto diseño, ya sea del producto o del proceso productivo, así se obtiene una reducción de retrabajo. Posteriormente puede buscarse una mejora en el proceso manufacturero u operativo que recaer en la obtención de una tecnológica lo que trae consigo una ventaja competitiva.

3.1. La Ventaja Competitiva

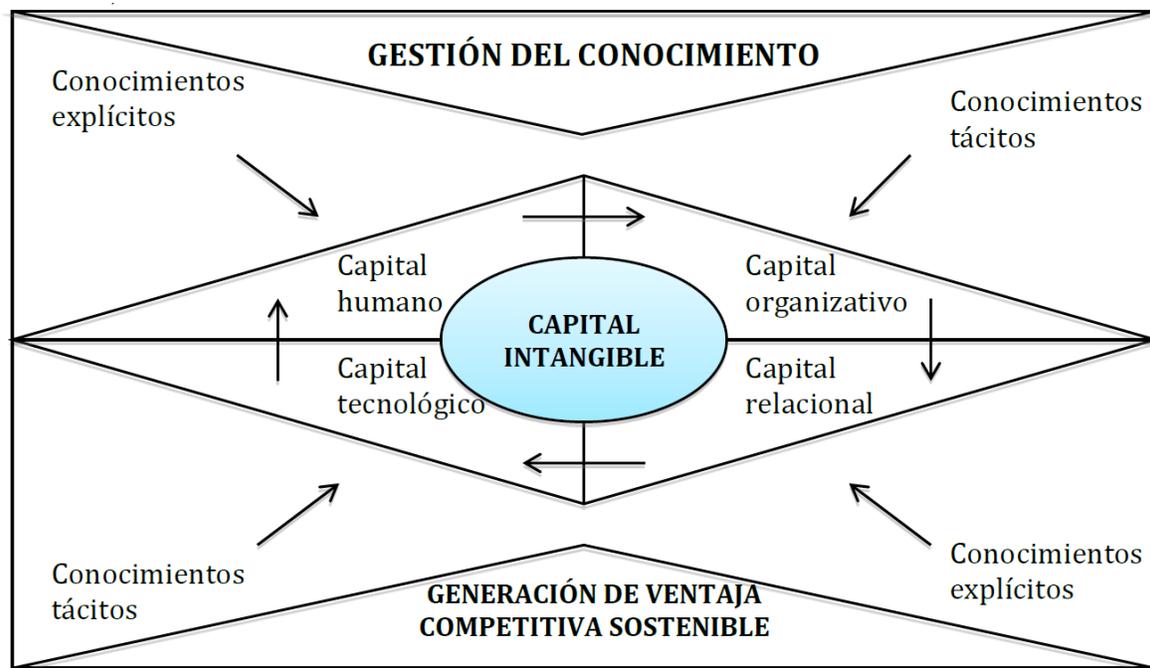
La ventaja competitiva se puede definir como aquella característica que posee una organización que la distingue de las competidoras, que puede ser difícil de igualar, posible de mantener, superior a la competencia y aplicable a variadas situaciones del mercado. La lista de ventajas competitivas potenciales es larga, sin embargo, en un mercado tan cambiante es difícil de mantener durante largo tiempo; por ello, una organización debe estar siempre alerta y ser lo suficientemente ágil para encontrar siempre una ventaja competitiva que la distinga de las demás. La ventaja competitiva es un indicador de gestión, de ahí su gran importancia. Puede manifestarse de diversas formas, ya sea por su buena imagen, una ubicación privilegiada o un precio menor al de sus rivales. Cabe recalcar que no se trata simplemente de ser diferente a las demás, sino debe ser mejor en un ámbito donde el juez es el cliente, pues una ventaja no percibida o no valorada por los clientes no constituye realmente una ventaja sobre la competencia. (Hernán O., 2017)

Una empresa tiene ventaja competitiva cuando cuenta con una mejor posición que los rivales para asegurar a los clientes y defenderse contra las fuerzas competitivas. Pueden señalarse muchas fuentes garantes de ventajas competitivas como son: elaboración del producto con la más alta calidad, proporcionar un servicio superior a los clientes, lograr menores costos en los rivales, tener una mejor ubicación

geográfica, diseñar un producto que tenga un mejor rendimiento que las marcas de la competencia (Hitt, Ireland A, & Hoskinsson, 2007).

De acuerdo con Ortiz Hernández, Ortiz Alfaro, & Ortiz Hernández (2012), la ventaja competitiva se constituye por la facilidad de producir a costos más bajos, fabricar cosas diferentes, lanzar un producto antes que la competencia o adelantarse a las necesidades del cliente, con lo cual se obtiene supremacía en el mercado. El capital intelectual incluye todos los conocimientos de los empleados, es la fuerza cerebral colectiva que dota de ventaja competitiva a la empresa. De allí que Edvinsson y Sullivan definan al capital intelectual como conocimiento que puede ser convertido en valor.

Figura 3.2. Flujo de ventaja competitiva



Fuente: tomado de (Ortiz Hernández, Ortiz Alfaro, & Ortiz Hernández, 2012)

El esquema anterior explica que el capital intangible es generado a través de la sociedad del conocimiento, es decir, las percepciones, suposiciones y expectativas

tradicionalmente aceptadas puestas en acción generan el conocimiento dejando en segundo plano los recursos naturales, mano de obra y el capital.

Al crear y aplicar capital intangible obtenemos innovación y calidad competitiva ante el mercado.

3.2. Ruta Crítica

Como dice Antil. (2013., pág. 54), “Un proyecto es cualquier empresa humana con un claro principio y un claro final.” Existen, ciertas características que un buen proyecto debe tener tales como:

- Objetivo definido
- Combinación de actividades
- Relación secuencial de actividades
- Preocupación por recursos y tiempo

Es importante destacar que los proyectos dependen siempre de ciertas variantes como el tiempo, recursos, medio ambiente, etc., por lo tanto, saber planear, programar y controlar estas variantes traen consigo el éxito del proyecto.

Cuando se habla de la planeación, programación y control:

- La planeación requiere desglosar el proyecto en actividades, tiempos, estimar recursos y la relación entre las actividades.
- La programación requiere determinar fechas de inicio y la finalización esperada.
- El control requiere constantemente de información del estado actual del proyecto.

El método de la ruta crítica “CPM” (por las siglas en inglés de *Critical Path Method*) fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América por la corporación DuPont, juntamente con la División UNIVAC de la Remington Rand. DuPont es una empresa multinacional estadounidense, que se dedica fundamentalmente a varias

ramas industriales de la química, siendo destacada por distintos descubrimientos científicos. El método se desarrolló con el fin de tener el control y optimización de costos de operación. Todo esto se buscó mediante la planificación adecuada de las actividades que componían el proyecto de las plantas químicas de DuPont (Wilde & Forenza, 2013).

Otro proyecto importante de esa época el proyecto “Polaris” que originó en 1958 la creación de otro métodos de programación por camino crítico conocido con el nombre de PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) desarrollado por la marina de los Estados Unidos de América.

Entre las características más importantes del método CPM están que es un método determinativo; puesto a que, conoce los tiempos de duración de las actividades y se pueden cambiar variando el tipo de recursos utilizados. Esta es la principal diferencia entre el método CPM y PERT. Este último determina los tiempos de forma probabilística mediante fórmulas, lo cual es ideal cuando no se cuenta con la data de los tiempos de las partidas del proyecto a construir. Por otra parte, el método CPM considera a las actividades como continuas e interdependientes, las cuales siguen un orden cronológico y ofrecen parámetros del momento oportuno del inicio de la actividad (Huang , Baetz, & Patry, 1997).

Entonces, el CPM (*Critical Path Method*) o método de la ruta crítica en español, es un método utilizado para estimar la duración mínima de un proyecto, así como determinar el nivel de flexibilidad en la programación de las rutas de red lógicas dentro del cronograma (Project Management Institute , 2017).

En términos prácticos, la ruta crítica se interpreta como la dimensión máxima que puede durar el proyecto y las diferencias con las otras rutas que no sean la crítica, se denominan tiempos de holgura.

Dicho método consiste, de manera general, en los siguientes seis puntos:

- I. Identificar todas las actividades que involucran el proyecto.
- II. Establecer relaciones entre las actividades, es decir, identificar cuáles deben comenzar antes y cuales deben seguir después.
- III. Construir una red o diagrama conectando las diferentes actividades y sus relaciones de precedencia.
- IV. Definir tiempos estimados para cada actividad.
- V. Identificar la ruta crítica y la holgura de las actividades que componen el proyecto.
- VI. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

Modificado de: (Jiménez Bautista, 2020)

La representación visual del método de camino crítico es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la Ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y sus interrelaciones.

La red está formada por flechas que representan actividades y los nodos (nudos) representan hechos.

Los nodos o uniones de flechas, denominados hechos se representan en la gráfica en forma de círculo y significan la terminación en las actividades que culminan un hecho determinado y la iniciación de las subsecuentes.

Según Olivier Aguilar (2010), para preparar un diagrama de flechas se deben contestar tres preguntas básicas sobre cada flecha o actividad específica:

- ¿Qué actividades deben ser realizadas inmediatamente antes de ésta?
- ¿Qué actividades deben llevarse a cabo inmediatamente después de realizar la presente?
- ¿Qué actividades se pueden realizar simultáneamente a la ejecución de ésta?

3.2.1. Aplicación a microempresa de germinados

De acuerdo con el método de la ruta crítica, se identificaron las actividades que involucran el proceso productivo de los germinados y se agruparon en la tabla 3.1 determinando la relación que existe entre cada tarea.

Tabla 3.1. Tabla de actividades para la producción y entrega de germinados

ACTIVIDAD	TAREA	NOMBRE	ANTECESORA	SUCESORA	DURACIÓN (MINUTOS)
Control de calidad de semillas	Recepción e inspección de semillas	A	--	B	45
	Traslado de semillas a mesas de trabajo	B	A	C	5
	Eliminación de impurezas	C	B	E	15
	Selección de semillas	D	B	E	15
Preparación de semillas para germinado	Transporte a área de lavado	E	C, D	F	5
	Lavado y esterilización de semillas	F	E	G	30
	Secado de semillas	G	F	H	120
	Hidratación y premaduración de semillas	H	G	I	240
	Montaje y preparación de semillas en charolas	I	H	J	15
	Traslado de semillas a zona de germinación	J	I	L	5
Proceso de germinado	Configuración de máquinas germinadoras	K	A	L	10
	Acoplamiento de charolas en máquinas germinadoras e inicio de germinación	L	K, J	M	10
	Control y monitoreo del proceso de germinado	M	L	N	7200
	Cosecha de brotes	N	M	O	45
Preparación del producto	Selección y segregación de brotes	O	N	P	60
	Lavado de brotes germinados	P	O	Q	30
	secado superficial de brotes	Q	P	T	15
	Armado de cajas individuales para empaquetado de producto	R	--	T	100
	Corte y preparación de etiquetas	S	A	U	100
	Pesado y empaquetado de germinados	T	Q, R	U	150
	Etiquetado de cajas individuales	U	T	V	60
	Embalaje de productos para entrega	V	U	Y	30
Últimas actividades y distribución	Traslado del excedente de productos a cámara de refrigeración	W	T	FIN	10
	Preparación de vehículo para recepción de producto a entregar	X	U	Y	7
	Traslado de cajas de germinados a vehículo de entrega	Y	V	Z	7
	Carga de vehículo con germinados	Z	Y	Aa	15
	Transporte y entrega a cliente	Aa	Z	FIN	240

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior ayuda a determinar el camino crítico que se debe seguir para cumplir el proyecto, en este caso, la producción diaria de los germinados.

También, mediante programación lineal es posible determinar la ruta crítica sin necesidad de realizar el mapa de flechas, esto ayuda a tener otra perspectiva en los casos en donde existan actividades excesivas que entorpezcan el avance del proyecto, en este caso se utilizó el software “LINDO” para realizar la programación lineal de la ruta crítica.

```

Max
45xAB+5xBC+5xBD+15xCE+15xDE+5xEF+30xFG+120xGH+240xHI+15xIJ+5xJL+45xAK+10xKL+10xLM+7200xMN+45xNO+60xOP+30xPQ+15xQT+45xAS+100xSU+60xUV+60xUX+30xVY+7xXY+7xYZ+15xZAa+240xAaAb+100xRT+150xTW+150xTU+10xWAb

subject to

xinicioA-xAB-xAK-xAS=1
xAB-xBC-xBD=0
xBC-xCE=0
xBD-xDE=0
xCE+xDE-xEF=0
xEF-xFG=0
xFG-xGH=0
xGH-xHI=0
xHI-xIJ=0
xIJ-xJL=0
xAK-xKL=0
xKL+xJL-xLM=0
xLM-xMN=0
xMN-xNO=0
xNO-xOP=0
xOP-xPQ=0
xPQ-xQT=0
xinicioR-xRT=0
xAS-xSU=0
xRT+xQT-xTU-xTW=0
xSU+xTU-xUV-xUX=0
xUV-xVY=0
xTW-xWAb=0
xUX-xXY=0
xVY+xXY-xYZ=0
xYZ-xZAa=0
xZAa-xAaAb=0
xAaAb+xWAb=1

end

```

Tabla 3.2. Resultados de programación lineal

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11		
OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	8342.000	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
XAB	1.000000	0.000000
XBC	0.000000	0.000000
XBD	1.000000	0.000000
XCE	0.000000	0.000000
XDE	1.000000	0.000000
XEF	1.000000	0.000000
XFG	1.000000	0.000000
XGH	1.000000	0.000000
XHI	1.000000	0.000000
XIJ	1.000000	0.000000
XJL	1.000000	0.000000
XAK	0.000000	0.000000
XKL	0.000000	425.000000
XLM	1.000000	0.000000
XMN	1.000000	0.000000
XNO	1.000000	0.000000
XOP	1.000000	0.000000
XPQ	1.000000	0.000000
XQT	1.000000	0.000000
XAS	0.000000	0.000000
XSU	0.000000	7845.000000
XUV	1.000000	0.000000
XUX	0.000000	0.000000
XVY	1.000000	0.000000
XXY	0.000000	23.000000
XYZ	1.000000	0.000000
XZAA	1.000000	0.000000
XAAAB	1.000000	0.000000
XRT	0.000000	7740.000000
XTW	0.000000	0.000000
XTU	1.000000	0.000000
XWAB	0.000000	342.000000
XINICIOA	2.000000	0.000000
XINICIOR	0.000000	0.000000

Fuente: Software LINDO

En la *tabla 3.3* se presentan tres columnas, la primera corresponde a la variable, que hace referencia a cada tarea presentada en la *tabla 3.2*, el camino crítico es presentado en la columna “*Value*” con valores iguales a “1”:

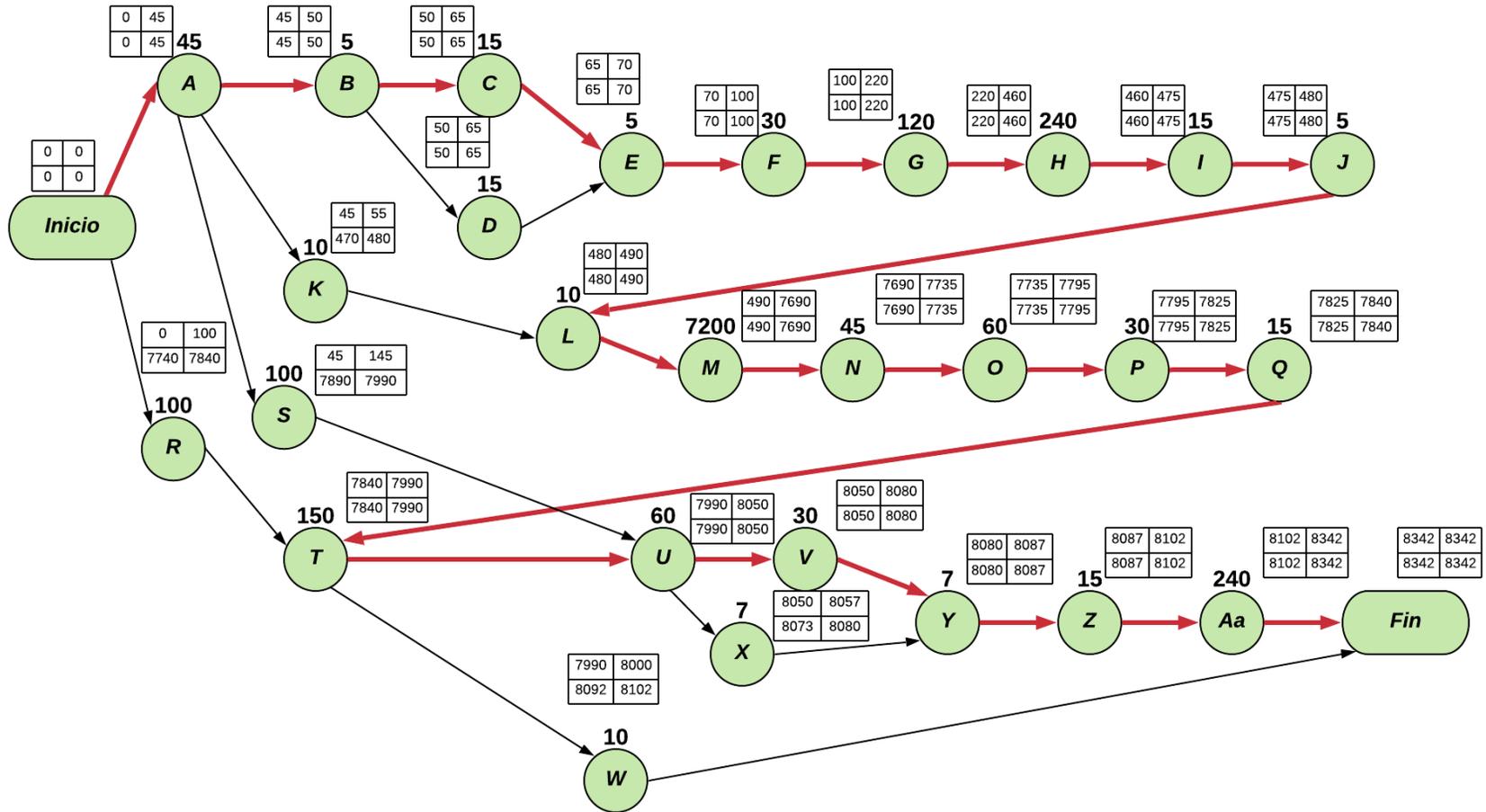
XAB, XBD, XDE, XEF, XFG, XGH, XHI, XIJ, XJL, XLM, XMN, XNO, XOP, XPQ, XQT, XTU, XUV, XVY, XYZ, XZAa, XAaAb

Los tiempos estas tareas suman un total de **8342** minutos.

Por último, la columna "*Reduced Cost*" menciona el tiempo que una actividad puede retrasarse sin que afecte al proyecto entero, estos tiempos son conocidos como Holguras.

Por otra parte, se presenta a continuación la representación gráfica de la ruta crítica mostrando los tiempos de ejecución de cada actividad, así como las holguras.

Figura 3.3. Ruta crítica del proceso productivo de germinados



Ruta crítica: A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,L,M,N,O,P,Q,T,U,V,Y,Z,Aa
 Duración: 8342 minutos = 139.033 horas = 5.8 días

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que ambos métodos (programación lineal y construcción gráfica de malla de flechas) concuerdan en tiempo y secuencia de tareas para la ruta crítica.

- La ruta crítica es la duración máxima del proyecto, así que por ningún motivo deben excederse los tiempos incluidos en ella
- Puede existir más de una ruta crítica
- La programación lineal presentada es un método que nos ayuda a optimizar diversos recursos, en este caso, el tiempo
- Ambas rutas presentadas tienen tiempos de holgura mismos que pueden utilizarse para optimizar otras tareas

3.2.2. Delimitación del proceso productivo

El proceso de germinación es la reanudación de la actividad enzimática bajo condiciones favorables de temperatura y humedad. Mediante el siguiente diagrama se representa el proceso productivo de los germinados dentro de la microempresa.

Con base en la *Tabla 3.1* se extraen las actividades principales que conforman de manera global el proceso productivo de los germinados realizados en la microempresa, (que conforman la ruta crítica) y se presentan en la *Figura 3.4* utilizando nomenclatura de diagramas de proceso de la *Tabla 3.3*.

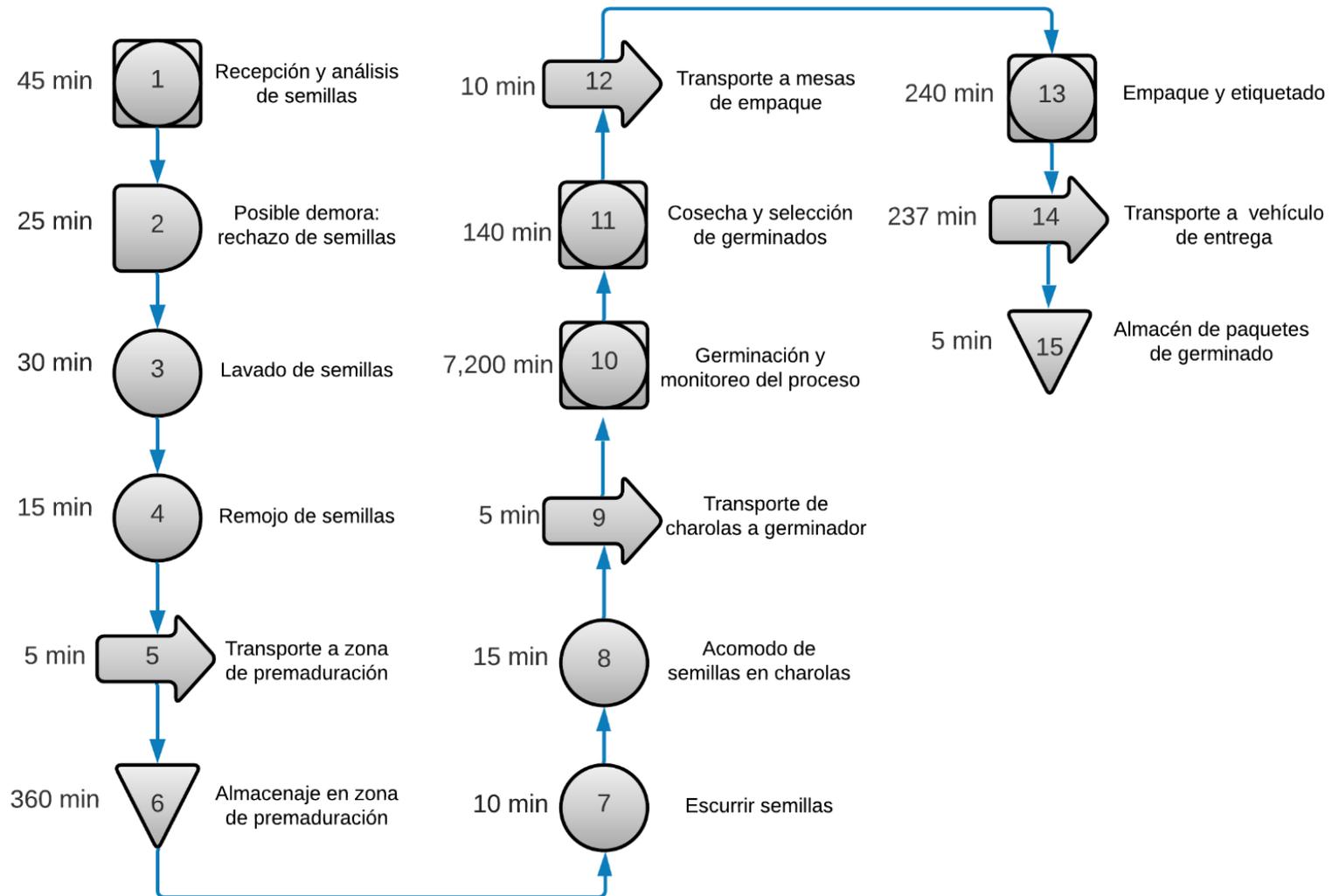
Tabla 3.3. Símbolos para diagrama de flujo del proceso productivo

SÍMBOLO	NOMBRE
	OPERACIÓN
	TRANSPORTE
	INSPECCIÓN
	DEMORA
	ALMACENAMIENTO
	OPERACIÓN COMBINADA

Fuente: Modificado de (Valdéz Hernández, 2020)

Se presenta a continuación el diagrama del proceso de la microempresa donde se sintetizan las principales actividades productivas necesarias para el abasto de la demanda diaria de germinados.

Figura 3.4. Diagrama de proceso, producción de germinados en la microempresa



Fuente: Elaboración propia

El diagrama de procesos ayuda a establecer las actividades y transportes con los cuales podemos agrupar actividades que pueden realizarse de manera conjunta en una zona o área de trabajo específica como se muestra en la *Tabla 3.4*.

Tabla 3.4. Flujo del proceso productivo en microempresa de germinados

OPERACIÓN							TIEMPO (minutos)
1						✓	45
2				✓			25
3	✓						30
4	✓						15
5			✓				5
6					✓		360
7	✓						10
8	✓						15
9			✓				5
10						✓	7200
11						✓	140
12						✓	10
13			✓				240
14						✓	237
15			✓				5
Total							8337

Fuente: Elaboración propia

Se presenta a continuación la *Tabla 3.5* donde se delimitan las zonas o áreas de trabajo necesarias para cada actividad del proceso productivo de los germinados,

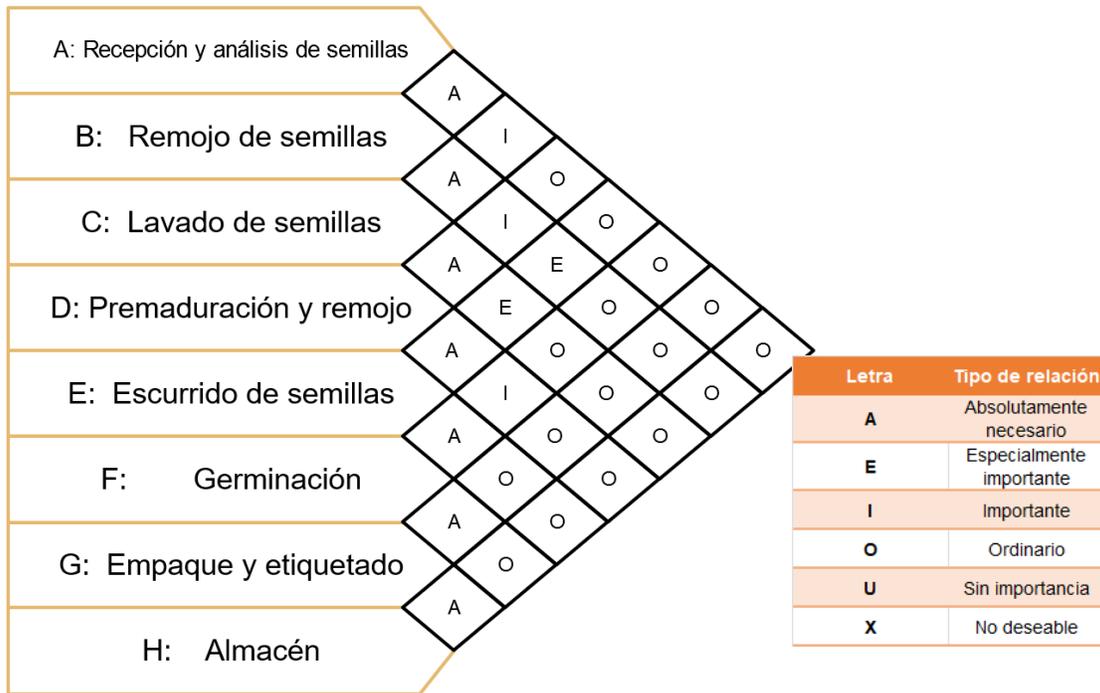
Tabla 3.5. Delimitación de áreas o zonas de trabajo

Actividad que comprende	Nombre del área de trabajo	Personal, maquinaria, mobiliario requerido
1, 2	Área de recepción y análisis de semillas	Mesa de trabajo (2x0.8x0.9 m)
3	Área de lavado de semillas	Lavaderos (1x0.8x0.9 m)
4	Área de remojo de semillas	Recipientes para remojo, obrero
5, 6	Área de Premaduración de semillas	Recipientes para remojo, obrero
7,8	Área de escurrido de semillas	Escurrideros (1x0.8x0.9 m), charolas de acero inoxidable
9, 10,11,12	Área de germinación	Charolas de acero inoxidable, germinadores semiautomatizados, obrero
13,14	Área de empaque de germinados	Mesa de trabajo, empaques y etiquetas
15,16	Almacén	Cámara de refrigeración

Fuente: Elaboración propia

Con base en la *tabla 3.4* y *3.5*, podemos determinar que algunas áreas de trabajo deben estar relacionadas entre sí con el fin de que se lleven a cabo con la mejor eficiencia posible, utilizando un diagrama de relación de actividades, en el cual se usan ciertas letras para categorizar el tipo de relación entre cada zona de trabajo como se muestra a continuación:

Figura 3.5. Relación de actividades

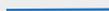


Fuente: Elaboración propia

La Figura 3.5 muestra las actividades que tienen un grado jerárquico de relación mayor con respecto a las otras, es decir, primordialmente deben mantenerse juntas para optimizar recursos como el tiempo (evitando recorridos innecesarios) y el espacio, permitiendo el correcto flujo del proceso.

El acomodo de las máquinas, mesas y áreas de trabajo lo podemos determinar presentando los datos anteriores en la siguiente tabla (ver Tabla 3.6).

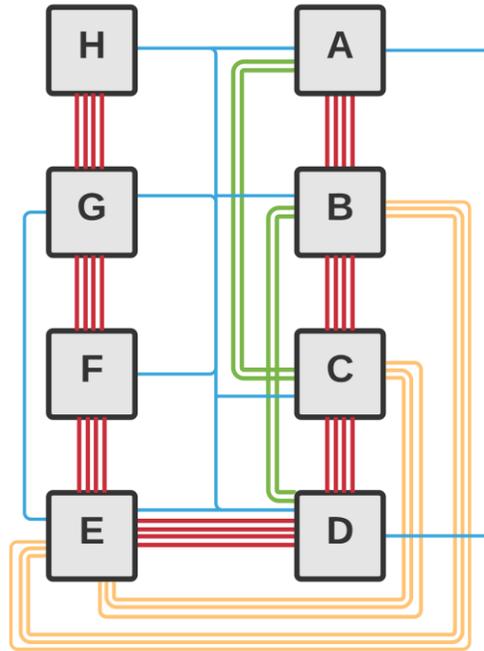
Tabla 3.6. Tabla de relación de actividades

Relación	Valores cercanos	Valor	Línea en diagrama	Actividad
Absolutamente necesario	A	4		AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH
Especialmente importante	E	3		CE, BE
Importante	I	2		AC, BD, DF
Ordinario	O	1		EG, FH, AD, CF, DG, EH, AE, BF, CG, DH, AF, BG, CH, AG, BH, AH
Sin importancia	U	0		
No deseable	X	-1		

Fuente: Elaboración propia

La *Tabla 3.6* ayuda también a representar gráficamente el acomodo de la distribución como se lo muestra la *Figura 3.6*.

Figura 3.6. Diagrama de hilos, relación de actividades



Fuente: Elaboración propia

Con base en la *Figura 3.6* anterior obtenemos que una distribución en forma de “U” permite el correcto flujo del proceso ayudando también a la optimización del espacio en la planta, siendo este último también muy importante durante la distribución, por lo que también, el esquema en cuestión permite continuar con la siguiente tabla donde se presentan además las áreas necesarias para que cada actividad se desarrolle adecuadamente.

Tabla 3.7. Información para el Layout

Operación	No. De Máquinas o Mobiliario	Tipo De máquina o mobiliario	Dimensiones de cada máquina/mobiliario	Área para materiales y trabajadores	Área total por operación
A	1	Mesa de trabajo	(2 m x 0.8 m)	3 m ²	9.23 m ²
B	1			3 m ²	
C	2	Lavaderos	(1.5 m x 0.9 m)	6 m ²	8.25 m ²
D	1	Mesa de trabajo	(2 m x 0.8 m)	3 m ²	--
E	2	Escurrideros	(1.5 m x 0.9 m)	6 m ²	--
F	3	Germinador semiautomático	(2.4 m x 0.8 m)	9 m ²	15.98 m ²
G	2	Mesa de trabajo	(2 m x 0.8 m)	6 m ²	9.23 m ²
H	1	Cámara de refrigeración	(3 m x 2 m)	3 m ²	12 m ²
				Área total	54.69 m²

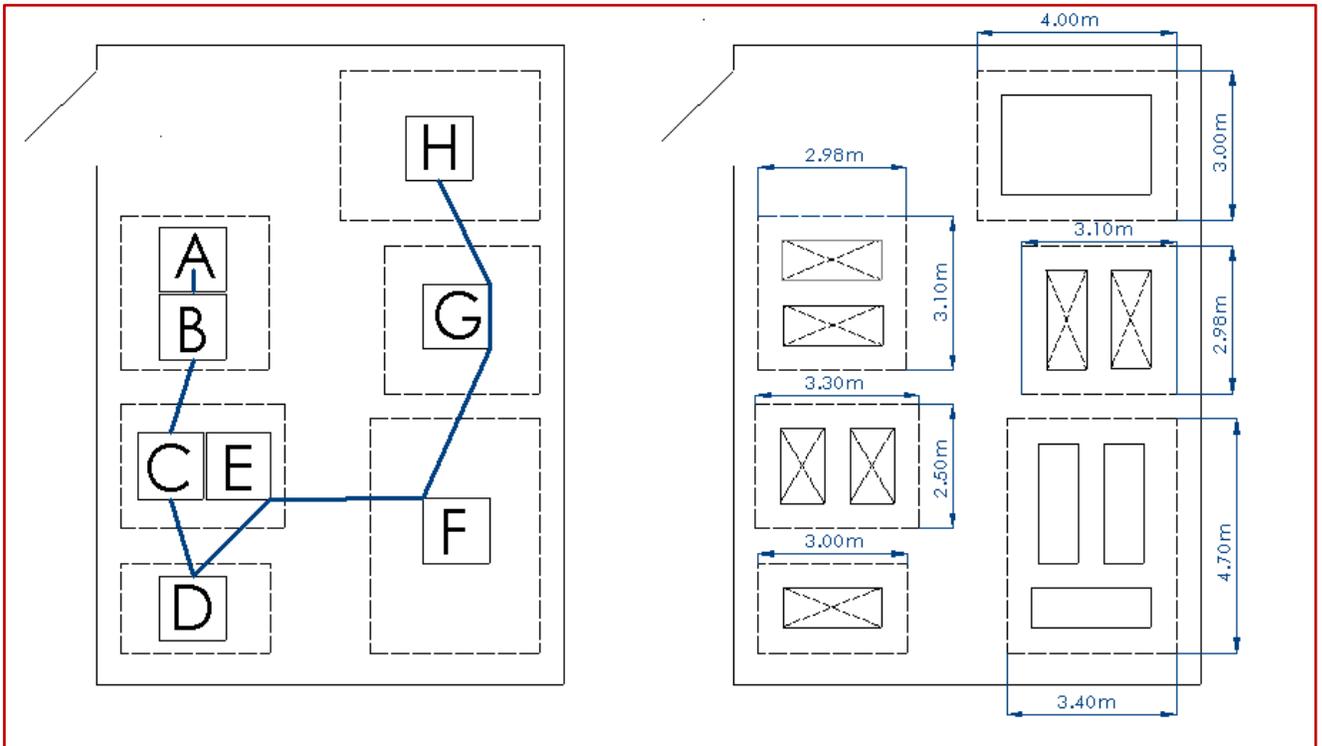
Fuente: Elaboración propia

A continuación, la *Figura 3.7* presenta la distribución de planta (*layout*) resultado de los estudios anteriores, el cual contiene el diagrama de hilos y las dimensiones necesarias de cada área de trabajo en la planta.

Figura 3.7. Layout

a) Diagrama de hilos

b) Dimensiones de instalación



Fuente: Elaboración propia

Es claro que el *layout* propuesto favorece la comunicación entre las áreas de trabajo y ofrece un correcto flujo del proceso productivo.

3.3. Mapa de la Cadena de Valor

Para realizar gráficamente el VSM se contemplaron diversos factores que se explican a continuación.

Como menciona Rajadell & Sánchez (2010), se debe elegir un producto o familia de productos en base al plan estratégico de la organización, que contribuya con un

mayor porcentaje de sus ingresos y/o que pase por la mayoría de los procesos lo cual permita una mejor visualización de la cadena de valor de la organización.

En el caso de estudio, se seleccionaron los dos productos principales, cuya demanda es más alta en el mercado, es decir, los germinados de soya y de alfalfa. Además, estos comparten el mismo recorrido productivo y germinan en 5 días promedio.

Recapitulando, previo al mapeo del VSM se recabó cierta información necesaria para que el grafico resultante sea lo más apegado con la realidad, la *Tabla 3.8* muestra los puntos más relevantes considerados.

Tabla 3.8. Información relevante por considerar para la elaboración del VSM

Datos del cliente	Datos del proveedor	Datos de la cadena de valor	Datos del control en la cadena de valor
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién es el cliente y cada cuánto hace un pedido? • ¿Cuál es la demanda actual? • ¿Con qué frecuencia se realizan entregas al cliente? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Con qué frecuencia entrega el proveedor? • ¿Cada cuánto se ordena? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuántos turnos se trabajan y de cuántas horas? • ¿Cuántos descansos y por cuánto tiempo? • ¿Se detienen los procesos durante los descansos? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién o qué controla la producción? • ¿Se usa un sistema automatizado para el control de la producción?

Fuente: Modificado de (Ordóñez Cazar, 2017)

Las preguntas anteriores son simplemente cuestionamientos sencillos, pero son de gran ayuda para conocer el estado actual de la microempresa; las preguntas en cuestión se responden y agrupan en la *Tabla 3.9*.

Tabla 3.9. Información relevante por considerar para la elaboración del VSM Resuelta

Datos del cliente	Datos del proveedor	Datos de la cadena de valor	Datos del control en la cadena de valor
<ul style="list-style-type: none"> • El cliente es un grupo de comerciantes pertenecientes a un mercado local • La demanda de 35 Kg. de germinado de alfalfa y 15 kg. de germinado de soya • Se realiza la entrega de 50 Kg. de germinados todos los días. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proveedor entrega semanalmente el día lunes • Se ordena dos veces por semana 	<ul style="list-style-type: none"> • Se trabaja un solo turno de 9 horas • Un solo descanso de 1 hora • Los procesos no se detienen durante el descanso 	<ul style="list-style-type: none"> • La producción es controlada por un supervisor del área de producción • No se usa un sistema automático para el control de la producción

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se puede calcular el *takt time*, el cual es un tiempo que, como menciona Ordóñez Cazar (2017) “representa el ritmo en el que los productos deben estar listos para satisfacer la demanda”, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Takt\ time = \frac{\text{tiempo disponible por periodo definido}}{\text{Demanda para el mismo periodo}}$$

En este caso de estudio la ecuación queda de la siguiente forma

$$Takt\ time = \frac{\text{tiempo disponible por día}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$Takt\ time = \frac{9\ \text{horas por día}}{50\ \text{Kg. diarios}}$$

$$Takt\ time = 5.555\ \text{Kg. por hora}$$

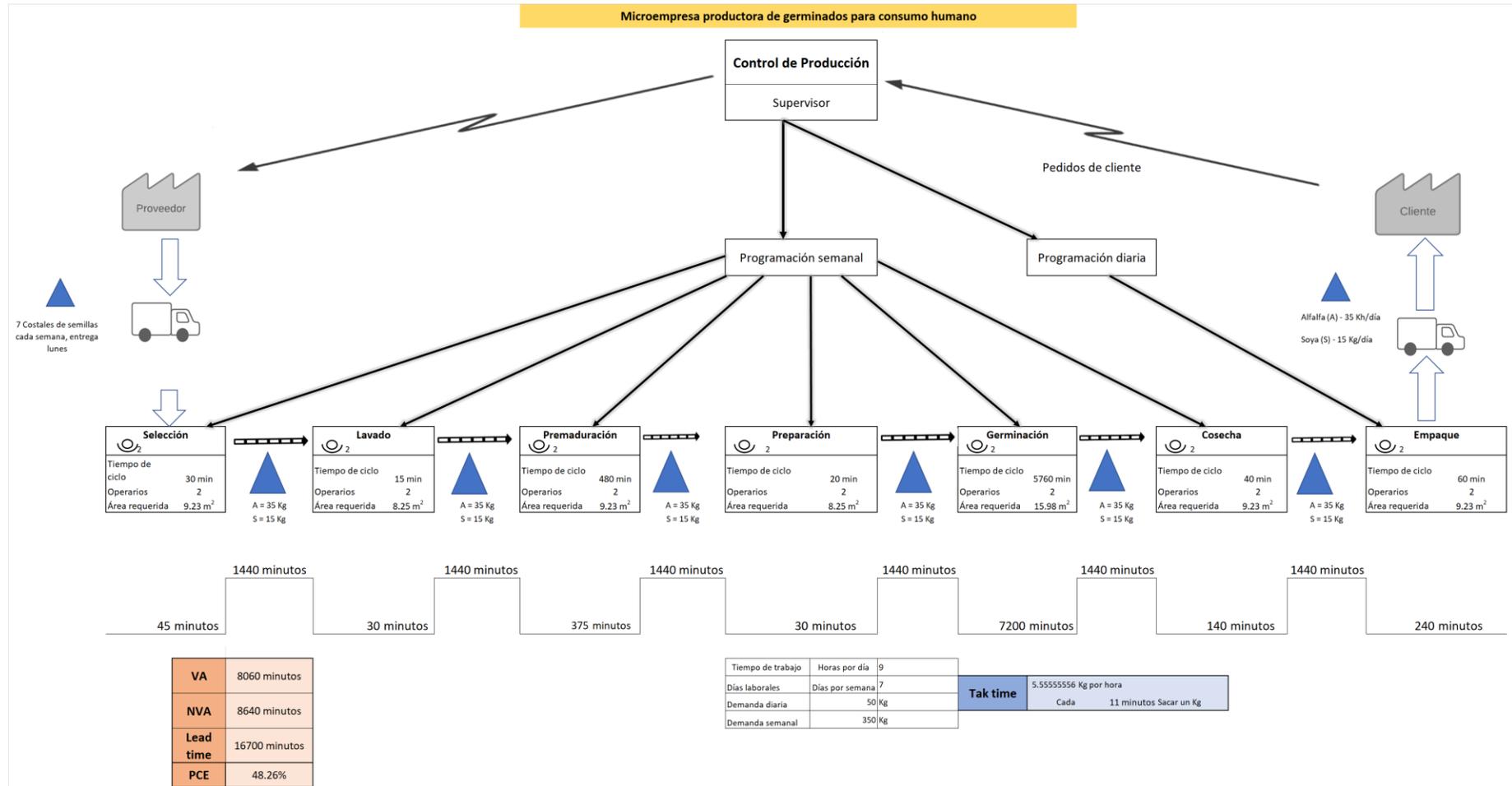
Este dato (*takt time*) es una referencia del flujo productivo, en este caso, se menciona que el flujo debe ser constante y cada 11 minutos se tendría que estar

produciendo 1 kg de germinado para satisfacer la demanda diaria y poder cumplir con la entrega para los clientes.

Con todas las consideraciones anteriores, principalmente de la *Figura 3.4* y de la *Tabla 3.4* se puede diagramar el VSM de la microempresa de germinados que corresponde al flujo productivo que satisface la demanda diaria.

A continuación, la *Figura 3.8* presenta el mapa de la cadena de valor resultante de la microempresa productora de germinados.

Figura 3.8. Mapa de la cadena de valor de la microempresa de germinados



Fuente: Elaboración propia

El VSM resultante muestra una eficiencia en el proceso de 48.26%, además, basados en la demanda diaria de 50 Kg. de germinado (350 Kg. por semana), y considerando condiciones de trabajo de 9 horas diarias, el tak time indica que cada 11 minutos se estaría produciendo 1 Kg. del producto, es decir 5.5 Kg. por hora.

Se sabe que en muchas industrias, el tiempo de valor agregado es realmente corto comparado con el tiempo total productivo, por ejemplo, acciones como cortar, doblar, remachar, soldar, etc., toman apenas unos segundos en ser realizadas, por lo cual es frecuente ver la gran diferencia en los dos valores antes mencionados; sin embargo, el mapa de la cadena de valor resultante muestra tiempos aproximados (Valor agregado y valor no agregado).

Entonces, se procede a realizar la simulación del funcionamiento del VSM para determinar información de alto impacto e importancia para el proceso productivo.

La simulación nos permite determinar ventajas tecnológicas
lo que se traduce en ventajas competitivas para la
microempresa

01:53:50p. m. octubre 7, 2021

Category Overview
Values Across All Replications

VSM Germinados

Replications: 35 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	8342.00	0.00	8342.00	8342.00	8342.00	8342.00

Capítulo IV. Simulación del Mapa de la Cadena de Valor

Se sabe que la simulación, a pesar de parecer un tema novedoso, se ha utilizado desde hace tiempo pues permite a estudiar y analizar un fenómeno específico lo cual ayuda a pronosticar resultados, de esta forma, la simulación es un proceso de mejora, por tanto, la forma parte importante en la toma de decisiones.

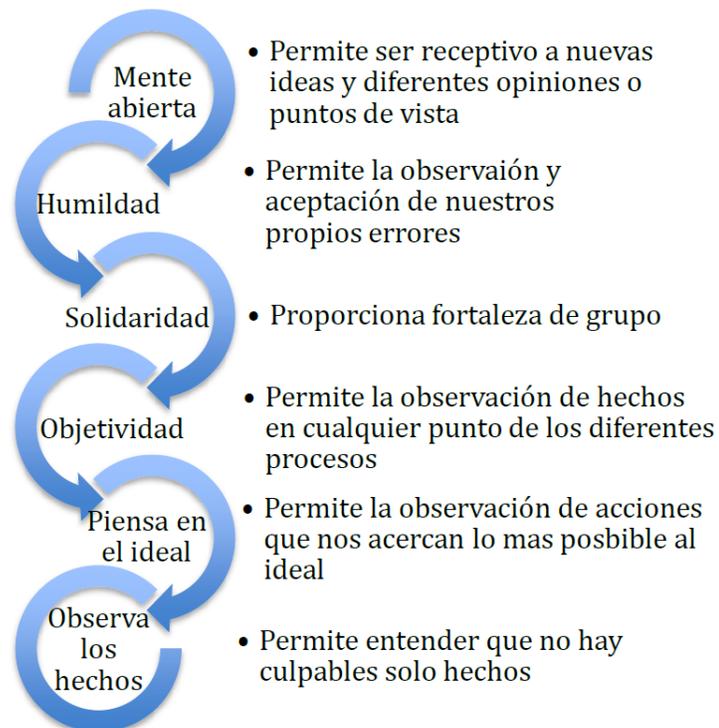
Por este motivo, el siguiente capítulo presenta los conceptos generales del Kaizen y los modelos de simulación, así como el estudio realizado para el mapa de la cadena de valor del capítulo anterior.

4.1. Kaizen Mejora Continua

Se sabe que Kaizen es una palabra japonesa que se traduce al español como “mejora continua”. Mientras que Masaaki (1968) Menciona que el Kaizen es un continuo proceso de mejora que implica a todos, directivos y trabajadores por igual. Wickends (1990) destacó la contribución del trabajo en equipo para hacer el concepto de Kaizen. En términos generales, Kaizen es una estrategia para incluir conceptos, sistemas y herramientas dentro de la más grande imagen de liderazgo involucrando la cultura de las personas, todo impulsada por el cliente. Por otra parte, Nihon & Kyokai (1992) describieron que Kaizen es más que un simple medio de mejora porque representa las luchas diarias que ocurren en el lugar de trabajo y la manera en que se superan estas luchas.

La figura siguiente muestra las características principales que posee un implementador de la metodología Kaizen

Figura 4.1. Características del implementador Kaizen



Tomado de: (Vázquez Cenil, 2017)

El Kaizen promueve las pequeñas acciones para mejorar como un resultado de esfuerzo continuo; estas pequeñas acciones de mejora conllevan la participación de todos en la organización desde el nivel más alto de gerencia hasta los niveles más bajos en los trabajadores. (Ghazali Maarof & Mahmud, 2015).

4.2. El modelo de simulación

Es conocido que el modelaje no es para nada algo novedoso, ya que toda persona ha utilizado modelos ya sea en su vida personal o sus relaciones para poder tomar decisiones, entonces, un modelo es la representación simplificada de un sistema, donde se describen las variables dependientes e independientes de interés, características y restricciones mediante símbolos, diagramas y ecuaciones. Pueden ser descriptivos o de simulación, en los primeros únicamente se representan los componentes del sistema, mientras que en los segundos se imita el funcionamiento del sistema y se obtienen resultados predictivos, en forma de datos numéricos o gráficos (Candelaria Martínez, y otros, 2011).

Cualquier fenómeno real puede ser expresado o representado por medio de un modelo ya que como lo mencionan Candelaria Martínez, y otros (2011), un modelo puede ser una representación conceptual, numérica o gráfica de un objeto, sistema, proceso, actividad o pensamiento; destaca las características que el modelador considera más importantes del fenómeno en cuestión, por lo que se emplea para analizar exhaustivamente cada una de sus relaciones e interacciones, y con base en su análisis, predecir posibles escenarios futuros para dicho fenómeno.

Así, un modelo puede describirse como una representación simplificada de un sistema real, y es en esencia, una descripción de entidades y la relación entre ellas (García J, 2008).

Por tanto, el uso de los modelos de simulación es una alternativa eficiente para reducir y entender la complejidad del sistema que se analiza, además, dependiendo

del grado de conocimiento del modelador, se puede exagerar en la simplificación o, por el contrario, ser extremadamente detallista y apegado a la realidad.

La implementación de los modelos de simulación es de gran utilidad ya que permite pronosticar resultados en situaciones y condiciones específicas; lo que permite planear nuevas hipótesis y orientar el manejo o investigación hacia los puntos más críticos.

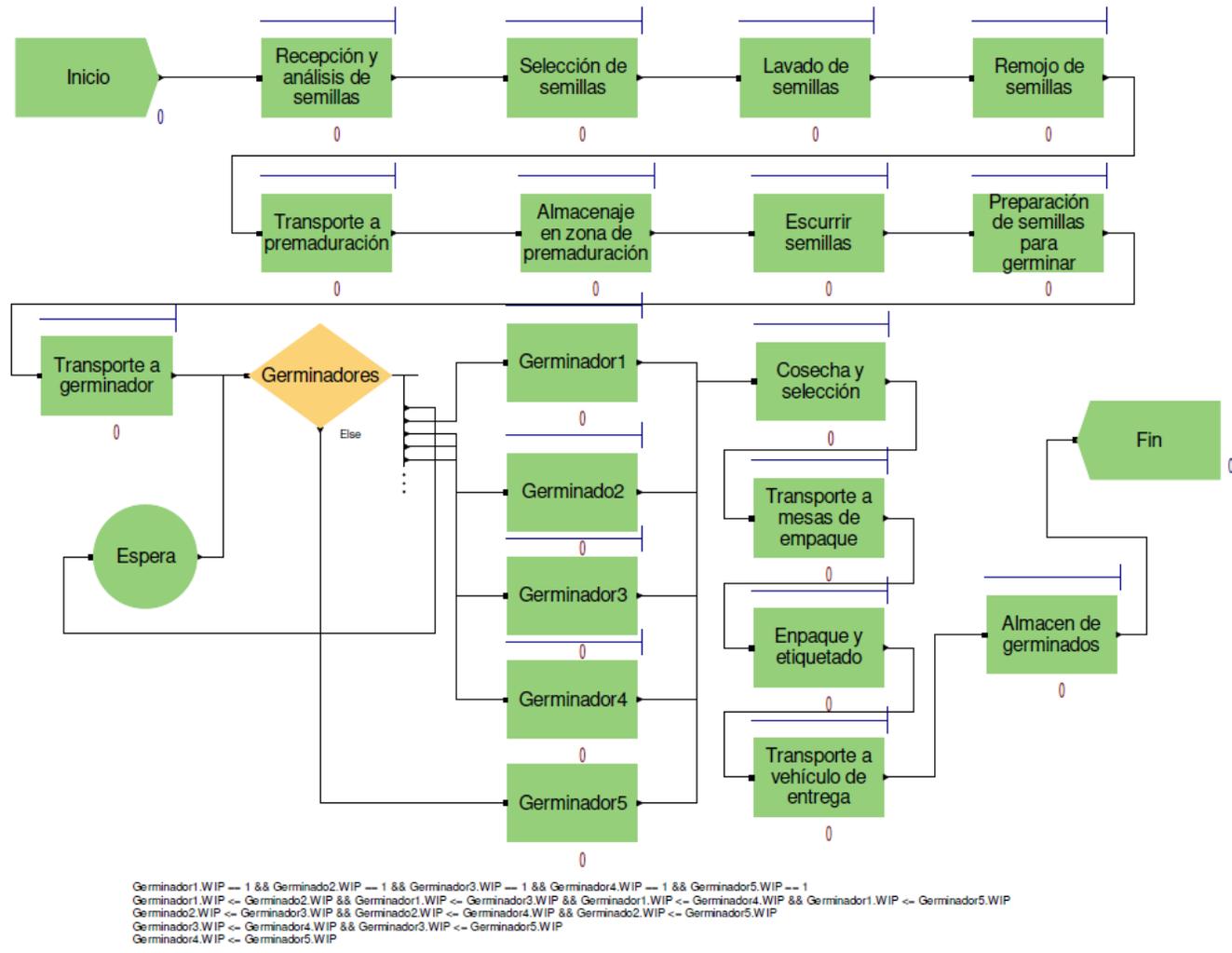
En el caso de estudio, la microempresa productora de germinados para consumo humano, el modelo de simulación parte del mapeo de la cadena de valor, (*Figura 3.8*) el cual es derivado del diagrama de proceso presentado en el capítulo III en la *Figura 3.4*.

Una vez se tiene el modelo que se requiere simular, se necesita encontrar un software que permita la simulación de dicho modelo, para lo cual se eligió al programa ARENA.

Arena es un lenguaje de programación cuya principal característica es la posibilidad de adecuación al nivel de programación necesario en cada caso, incluso dentro de un mismo modelo. Esto permite que Arena no pierda flexibilidad, al incluir la posibilidad de utilización de lenguajes de propósito general como Microsoft, Visual Basic, etc.

La simulación se realizó con base en el modelo presentado en la figura 4.3

Figura 4.2. Modelo de simulación del VSM de microempresa de germinados



Fuente: elaboración propia

Cabe destacar que la microempresa: es una microempresa dedicada a la producción y distribución de germinados para consumo humano en el centro de la república mexicana, ubicada en la ciudad de México la cual tiene una demanda diaria de 50 kg de germinados principalmente de alfalfa (35 Kg) y el resto de soya (15 kg).

Entonces, la simulación se realizó con base en las siguientes consideraciones:

- La simulación del modelo se realizó bajo las siguientes condiciones:
- Se utiliza el software “Arena” para simular el modelo
- La producción inicia desde cero
- La simulación se hizo para 35 días (Los primeros 5 días son los que tarda el germinador en producir la primer tanda de germinados y 30 días para simular un mes completo)
- La microempresa produce 50 Kg. de germinados de manera diaria durante

4.3 Resultados de la simulación

La simulación fue realizada para un mes de trabajo para lo cual se obtuvieron 30 unidades de salida (se considera que cada unidad corresponde a 50 kg de germinado), esto debido a que la simulación inició con cero productos en almacén y demoró 5 días en comenzar la salida constante de germinados, por eso la simulación duró 35 días en total.

Replications:	35	Time Units:	Minutes
Key Performance Indicators			
System		Average	
Number Out		30	

La simulación también arrojó el dato de 8342 minutos en completar un solo ciclo de producción tal como se determinó antes mediante el método de la ruta crítica.

01:53:50p. m.		Category Overview				octubre 7, 2021	
<i>Values Across All Replications</i>							
VSM Germinados							
Replications: 35		Time Units: Minutes					
Entity							
Time							
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	8342.00	0.00	8342.00	8342.00	8342.00	8342.00	

Recapitulando, de acuerdo con el diagrama de procesos, la tabla 4.1 presenta únicamente cada etapa del proceso con el tiempo promedio necesario para ser realizada.

Tabla 4.1 Etapas del proceso y su tiempo promedio

No.	Etapas del proceso	Tiempo promedio (min)
1	Recepción y análisis de semillas	45
2	Selección de semillas	25
3	Lavado de semillas	30
4	Remojo de semillas	15
5	Transporte a premaduración	5
6	Almacenaje en zona de premaduración	360
7	Ecurrir semillas	10
8	Preparación de semillas para germinar	15
9	Transporte a germinador	5
10	Germinación	7200
11	Cosecha y selección	140
12	Transporte a mesas de empaque	10
13	Empaquetato y etiquetado	240
14	Transporte a vehículo de entrega	237
15	Almacen de germinados	5

Fuente: elaboración propia

Podemos representar de manera gráfica los datos anteriores para visualizar mejor las actividades de mayor impacto hablando del tiempo promedio por actividad.

Figura 4.3 Tiempo promedio por actividad



Fuente: elaboración propia

Se aprecia que el valor máximo de todo el proceso es la etapa de germinación, por lo cual se dificulta visualizar las demás etapas, entonces, podemos descartar momentáneamente esa etapa en el proceso como lo muestra la tabla 4.2 y de esta manera analizar las demás etapas.

Tabla 4.2 Etapas del proceso y su tiempo promedio II

No.	Etapa del proceso	Tiempo promedio (min)
1	Recepción y análisis de semillas	45
2	Selección de semillas	25
3	Lavado de semillas	30
4	Remojo de semillas	15
5	Transporte a premaduración	5
6	Almacenaje en zona de premaduración	360
7	Escurrir semillas	10
8	Preparación de semillas para germinar	15
9	Transporte a germinador	5
10	Germinación	7200
11	Cosecha y selección	140
12	Transporte a mesas de empaque	10
13	Empaquetado y etiquetado	240
14	Transporte a vehículo de entrega	237
15	Almacen de germinados	5

Fuente: elaboración propia

La figura 4.4 presenta la gráfica sin la etapa “Germinación”:

Figura 4.4 Tiempo promedio por actividad (germinación omitida)



Fuente: elaboración propia

Se observa que la segunda etapa que genera más impacto en el tiempo promedio es la etapa de “Premaduración”, en la cual, luego de seleccionar las semillas y prepararlas para la germinación, se mantienen las semillas en reposo lo que activa

la germinación, pero este, así como el proceso de germinado es un proceso meramente natural de la semilla por lo cual resulta particularmente difícil acelerar el proceso naturalmente.

De esta forma se hace una propuesta de mejora que pretende ayudar al proceso de germinación directamente. Es decir, una máquina germinadora.

Derivado del proyecto de investigación: IPN SIP 20196073 “Reingeniería para Tecnología en la Producción Rural de Germinados” desarrollado en 2020, se diseñó y fabricó el prototipo “Germinador semiautomatizado para capacitación rural” el cual pretendía aplicar la reingeniería en un proceso eficiente, limpio y con tecnología apropiada para la producción rural de germinados nutritivos. El prototipo en cuestión cumplió además con ciertos objetivos que se enuncian a continuación:

- Diseñar e implementar un proceso limpio con reingeniería para producción rural de germinados
- Aplicar tecnología apropiada para lograr ventajas tecnológicas en un prototipo para capacitación rural.

Este prototipo además tenía ciertas restricciones iniciales:

- El prototipo germinador deber ser compacto y fácil de operar.
- Debe tener dimensiones no mayores a 1 m cuadrado.
- La estructura del germinado debe ser fácil de desarmar y armar.
- El material para las charolas y el sistema de riego debe ser grado alimenticio.

Este prototipo es el que se tomó como base, por lo que, gracias a la simulación del proceso, se considera que aplicar una mejora en la maquina germinadora aumentará la eficiencia del proceso.

Sabemos que la filosofía Kaizen busca siempre la mejora continua por lo que podemos concluir que existían ciertas ventajas y desventajas del prototipo, mismas que se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Ventajas y desventajas de maquina germinadora 1er modelo

Característica	Evaluación		Descripción
	Positiva	Negativa	
Estructura metálica	✓		Fabricada en acero inoxidable grado alimenticio
Estructura desarmable	✓		Permite el fácil transporte
Bomba centrífuga		✗	Potencia sobrada y dimensiones y peso excesivo
Tubería de PVC		✗	Estructura frágil, difícil de limpiar e intalar
Temporizador eléctrico		✗	Tiempos de germinación poco precisos
Riego con aspersores		✗	Gasto de agua excesivo, humedad inconstante
Charolas de acero inoxidable	✓		Fabricada en acero inoxidable grado alimenticio
Tamaño	✓		Ideal para transportarlo en vehículo compacto

Fuente: elaboración propia

La ingeniería siempre sugiere mejorar, por lo cual, basados en las desventajas, encontramos que existe un área de oportunidad para implementar una ventaja tecnológica referente al prototipo pasado.

4.4 Diseño de sistema de riego

El prototipo germinador para la capacitación rural presenta una bomba centrífuga cuyas características de potencia están por encima de los requerimientos.

Cabe señalar que no es a prueba de agua, lo cual es necesario para las condiciones de operación del prototipo.

Por otra parte, las líneas de distribución del fluido son difíciles de ensamblar a la estructura del germinador y las válvulas de riego utilizadas no logran ofrecer un régimen de humedad constante en todas las áreas de riego, por consiguiente, las semillas no germinan de manera uniforme.

De esta manera, se establece que principalmente se busca implementar una tecnología de riego para el prototipo germinador de capacitación rural que permita, proporcionar un régimen de humedad uniforme en todas las semillas a germinar.

Además, se debe proporcionar una solución económicamente rentable que además sea de fácil instalación al prototipo, que pueda ser trasladado con facilidad y pueda soportar las condiciones de operación requeridas.

Como parte de las mejoras aplicadas al sistema hidráulico se muestra a continuación la nueva propuesta de diseño para las líneas de presión que proporcionarán el fluido a las válvulas de riego.

una bomba de agua que sea sumergible y, debido al tamaño del prototipo no se requiere que la bomba en cuestión ofrezca un caudal y potencia elevados.

Con base en los requerimientos para optimizar el prototipo se encontró una bomba sumergible que se adecua a las necesidades

El prototipo resultante consiste en un sistema hidráulico con válvulas nebulizadoras, bomba sumergible y tubería flexible, el cuál proporcionará un régimen de humedad uniforme para las semillas y brotes germinados para garantizar un óptimo crecimiento de estos. La tubería flexible permite montar y desmontar fácilmente el prototipo; cabe señalar que el sistema cuenta con una única línea de presión con curvas suaves y sin accesorios adicionales como codos o desviaciones, disminuyendo considerablemente las pérdidas de carga dentro del sistema, lo que favorece al correcto funcionamiento de las válvulas nebulizadoras y mejor distribución del agua o solución para riego.

Bomba sumergible ECOFOUNT Modelo 607 (Fabricante: Ferrepat S.A de C.V)

Tabla 4.4 Especificaciones de la bomba sumergible

Especificaciones	
Voltaje	127 V. CD
Corriente	± 15 % ; 1.8 mA
Potencia	± 15 % ; 19 W
Caudal	± 15 % ; 800 L/h
Entrada/Salida	½ pulg.
Altura Máxima	3 – 5 m.
Temperatura máx. del agua en circulación	100 °C
Dimensiones de la bomba	6 cm X 6.5cm X 8.5cm
Ruido	≤ 35 dB
Peso	200 g
Vida nominal	20,000 h
Precio	\$576.45

Fuente: Extraído de la caja del producto

Esta bomba no aumenta la presión por lo que es ideal para la circulación de líquidos, hidroponía, jardines, fuentes, estanques. Y fue elegida con base en los cálculos realizados los cuales se presentan en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Cálculos para la bomba sumergible

	Potencia: sabiendo que 1 kw = 1.341 HP	25 W = 0.033525 HP
Datos:	Caudal: $1500 \frac{L}{h}$	
Bomba sumergible	$= 25 \frac{L}{min} = 4.166 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 6.604 \text{ GPM}$	
Na =25 W	\varnothing ent – sal: 0.5 in. = 0.0127 m	
D ent = ½ in.	Velocidad de salida:	
D sal = ½ in.	$Q = V_{sal} \cdot A_{sal}$	
Q= 800 L/h	$V_{sal} = \frac{Q}{A_{sal}}$	
Longitud de tubería	$V_{sal} = \frac{4.166 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} (0.0127m)^2}$	
L ent = 80 cm	$V_{sal} = 3.288 \frac{m}{s}$	
L sal = 300 cm	Velocidad del fluido:	
	$Q = V_{fluido} \cdot A_{tubería}$	
	$V_{fluido} = \frac{Q}{A_{tubería}}$	
	$V_{fluido} = \frac{Q}{\pi D L_{salida}}$	
	$V_{fluido} = \frac{4.166 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi (0.0127 m)(3m)}$	
	$V_{fluido} = 3.48 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$	

<p>Pérdida por fricción:</p> $h_f = \frac{L (V_{fluido}^2) (f)}{D (2 g)}$ $f = \frac{64}{Re}$ $Re = \frac{\rho (V_{fluido}) (D)}{\mu}$ <p>* $\mu = 1.003 \times 10^{-3} \frac{kg}{m s}$ * $\rho \approx 1000 \frac{kg}{m^3}$</p>	$Re = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} (3.48 \times 10^{-3} \frac{m}{s}) (0.0127 m)}{1.003 \times 10^{-3} \frac{kg}{m s}}$ <p>Re = 44.06 * Como $Re \leq 2000 \therefore$ (Flujo laminar)</p> $f = \frac{64}{23.5}$ <p>f = 1.452</p> $h_f = \frac{3m (3.48 \times 10^{-3} \frac{m}{s})^2 (1.452)}{(0.0127 m) (2) (9.81 \frac{m}{s^2})}$ <p>hf = 60.83 x 10⁻³ m</p>
<p>Carga dinámica total (CDT):</p> $HP = \frac{Q CDT \rho_{rel}}{3960}$ $CDT = \frac{HP (3690)}{Q \rho_{rel}}$ $CDT = \frac{0.033 HP (3690)}{6.604 GPM (1)}$ <p>CDT = 18.438 ft = 5.619 m</p>	<p>Rendimiento:</p> $Na = \frac{P Q}{1000 \eta}$ $\eta = \frac{P Q}{1000 Na}$ $\eta = \frac{0.855 Bar (13.333 \frac{L}{min})}{1000 (0.019 W)}$ <p>$\eta = 0.5999$ $\eta = 59.99 \% \approx 60 \%$</p>

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, para el sistema hidráulico se realizaron también ciertos cálculos que se presentan a continuación.

Sistema hidráulico con válvulas nebulizadoras

Cálculos

Sistema de nebulización

Según el fabricante cada válvula proporciona $8 \frac{l}{h}$ de caudal

Caudal de cada válvula:

$$Q_v = 8 \frac{l}{h} = 2.222 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

Se consideran 6 válvulas por lo tanto el caudal mínimo requerido en el sistema es:

$$Q_r = 2.222 \times 10^{-6} (6)$$

$$Q_r = 1.333 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Para calcular las pérdidas de carga se considera que el flujo es continuo y la tubería no tiene salidas, se utiliza la ecuación de Hazen-Williams:

$$J = 10.665 \left(\frac{Q^{1.852}}{(c^{1.852}) D^{4.869}} \right)$$

Donde:

J = Pérdidas de carga por metro de tubería

Q = Caudal

D = Diámetro interno

C = Coeficiente de rugosidad del material

Se considera Plástico PE, por lo tanto, $C=150$

$$J = 10.665 \left(\frac{4.166 \times 10^{-4} \cdot 1.852}{(150^{1.852}) \cdot 0.0127^{4.869}} \right)$$

$$J = 0.933 \text{ m}$$

Para considerar las salidas en la tubería donde irás situadas las válvulas nebulizadoras se considera que la suma de los caudales de salida debe ser igual al caudal de entrada.

Para ello se considera un factor de salidas múltiples y se ajusta la ecuación de Hazen-Williams:

$$H_p = L_t (J)(F)$$

Donde:

J = Pérdidas de carga por metro de tubería

H_p = Pérdidas de carga a lo largo de la tubería

L_t = Longitud total de la tubería con salidas múltiples

F = Factor de salidas múltiples

Cálculo de factor de salidas múltiples:

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m - 1)^{0.5}}{6N^2}$$

Donde:

F = Factor de salidas múltiples

$m = 1.851$

N = Número de salidas (número de aspersores)

$$F = \frac{1}{1.851 + 1} + \frac{1}{2(8)} + \frac{(1.851 - 1)^{0.5}}{6(8^2)}$$

$$F = 0.4146$$

Por lo tanto:

$$H_p = 3 \text{ m} (0.933)(0.4146)$$

$$H_p = 1.16 \text{ m.}$$

Debido a la configuración de la tubería solo se consideran las pérdidas de carga por la rugosidad del material y por los accesorios (Válvulas)

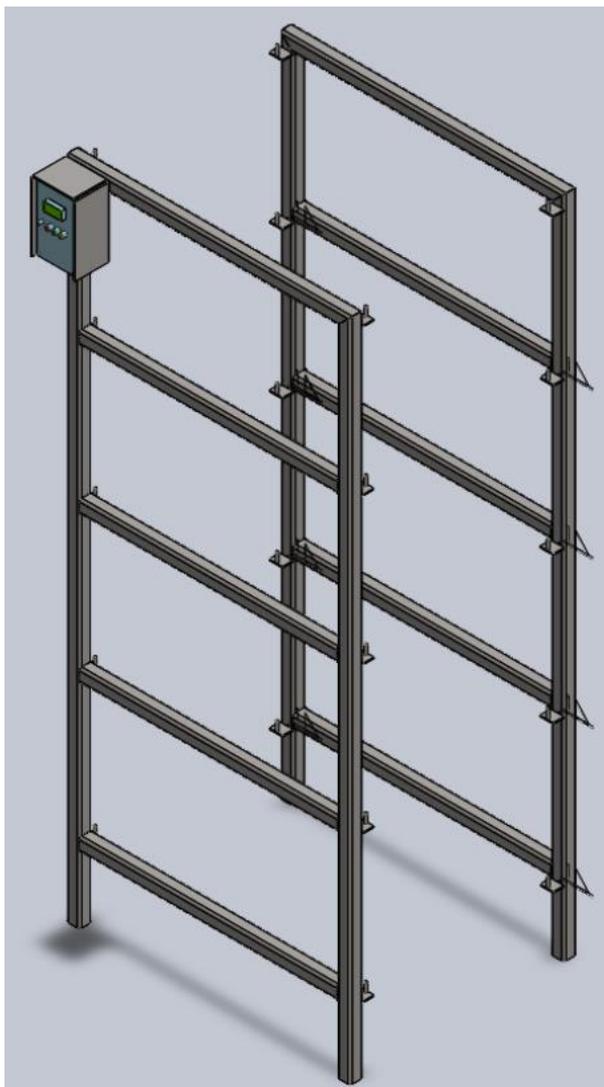
El caudal ofrecido por la bomba es suficiente para alimentar las 8 válvulas y la reducción del diámetro en el tubín garantiza una presión suficiente para el sistema.

4.5 Estructura metálica

Por otra parte, se considera que la estructura tiene que ser metálica de acero inoxidable y de fácil ensamble lo cual también permite su sencillo transporte.

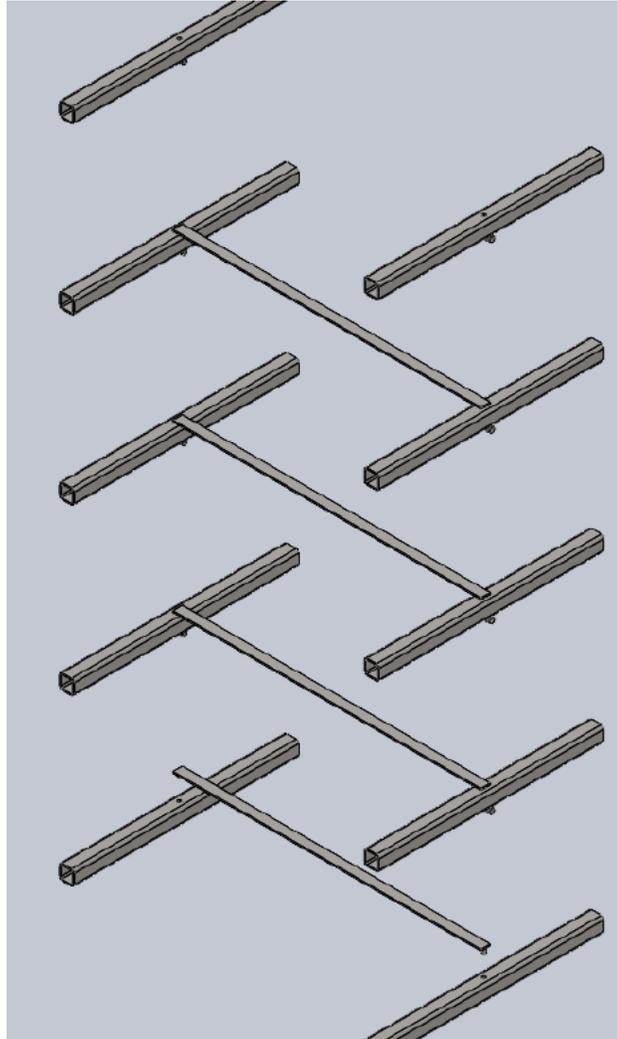
Esta estructura cuenta con dos partes fijas en forma de escalera, las cuales están unidas mediante soldadura (ver figura 4.6), lo que minimiza las piezas sueltas y facilita el ensamble. También, dicha estructura cuenta con 5 juegos de soportes transversales y longitudinales los cuales unen ambas estructuras de “escalera”, manteniendo el prototipo estable y rígido, listo para soportar el peso de los germinados y el sistema de riego. (ver figura 4.7)

Figura 4.6 Partes metálicas en forma de escalera



Fuente: elaboración propia

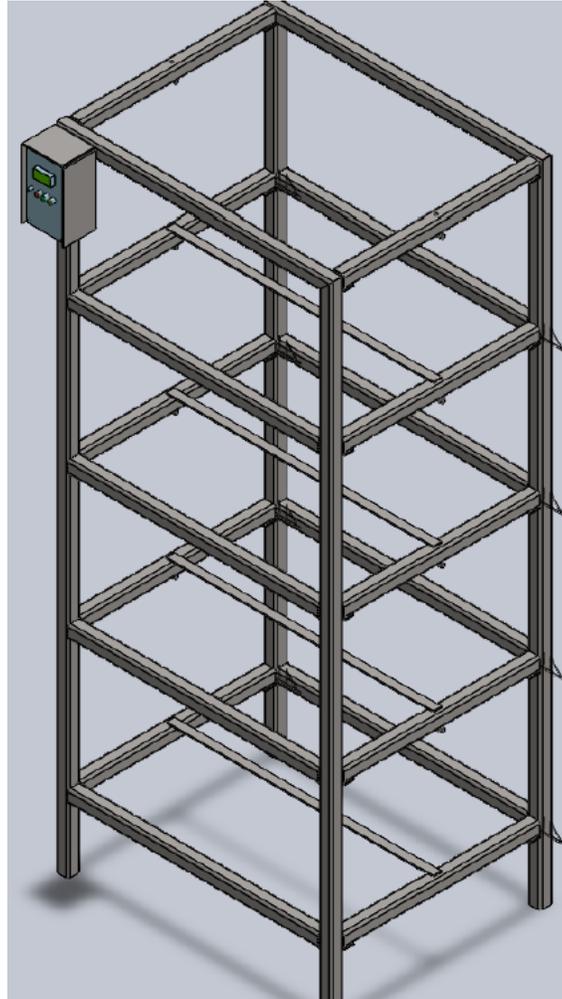
Figura 4.7 Partes metálicas - soportes



Fuente: elaboración propia

La estructura completa es de fácil ensamble ya que, debido a su geometría, no requiere de herramientas adicionales para su armado, además el resultado es una estructura fuerte y estable capaz de soportar la cargas de las charolas, los germinados y el sistema de riego. (ver figura 4.8)

Figura 4.7 Estructura metálica



Fuente: elaboración propia

4.6 Controlador electrónico

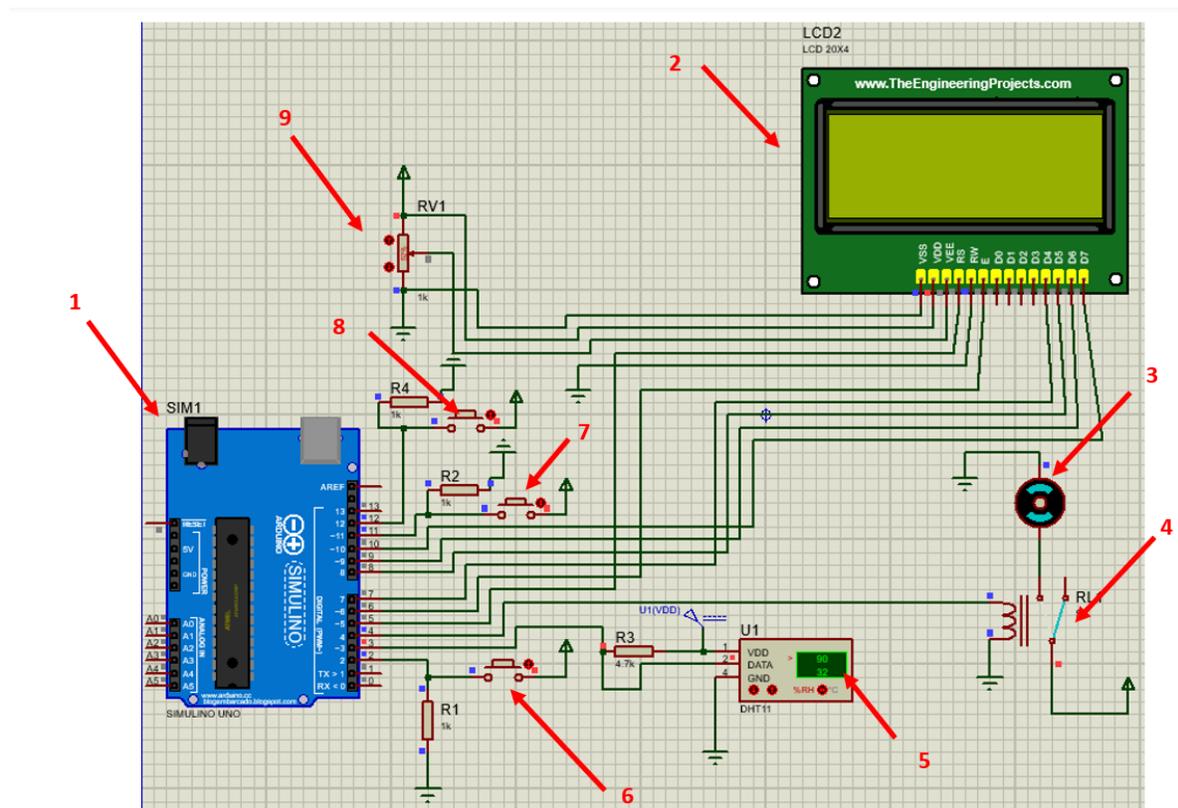
Se propone diseñar un controlador digital que permita mantener las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el correcto germinador.

Durante el desarrollo del controlador, el participante de servicio social José Manuel Ramos Palacios fue de gran ayuda durante el desarrollo del germinador el cual incluso posee un controlador electrónico, el cual permite seleccionar la semilla que

se necesita germinar y el programa procede a mantener las condiciones necesarias para el correcto cultivo de las semillas.

El controlador se realizó utilizando un microcontrolador Arduino, el circuito y sus componentes se muestran en la figura 4.7.

Figura 4.7 Componentes del circuito controlador

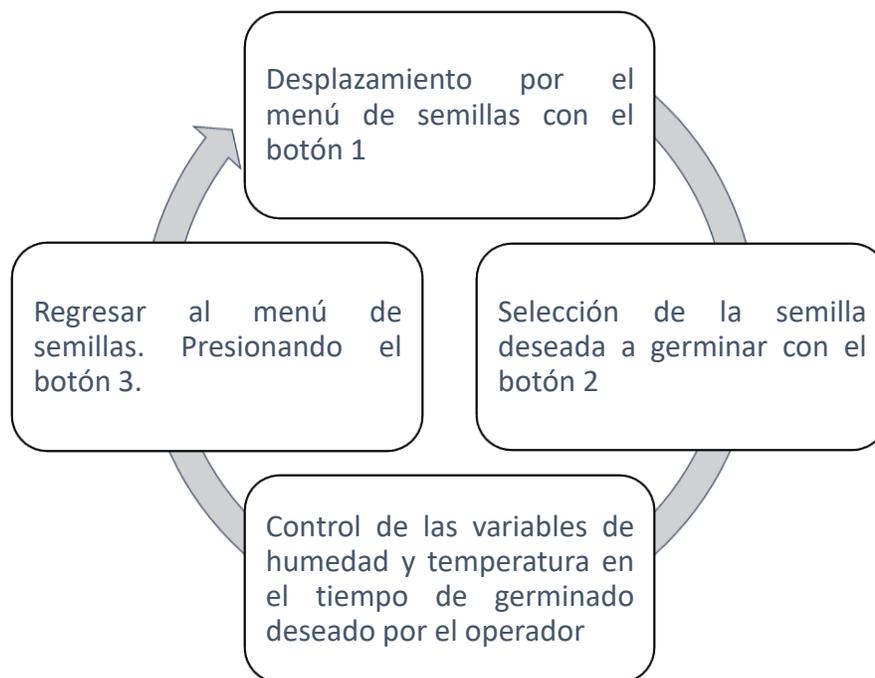


Fuente: elaboración propia

1. Microcontrolador.
2. Pantalla LCD.
3. Motor de la bomba.
4. Relevador.
5. Sensor de humedad y temperatura.
6. Botón 1 selector de tipo de semilla.
7. Botón 2 de ejecución del tipo de semilla seleccionada.
8. Botón 3 de reinicio de operaciones.
9. Potenciómetro regulador del brillo de la pantalla LCD.

También, el controlador cuenta con tres botones que permiten manipular el programa, como muestra de la simplicidad de uso del controlador para el germinador, a continuación, la figura 4.8 muestra los pasos de operación.

Figura 4.8 Pasos de uso del controlador eléctrico para un germinador.



Fuente: elaboración propia

El controlador digital viene cargado con los valores de temperatura y humedad que cada semilla necesita para su correcta germinación, de esta forma se puede decir que el controlador es semiautomático pues una vez que se inicia el proceso, el controlador, con mínima supervisión, crea las condiciones específicas necesarias para germinar las semillas mediante el uso del sistema de riego.

Resultados

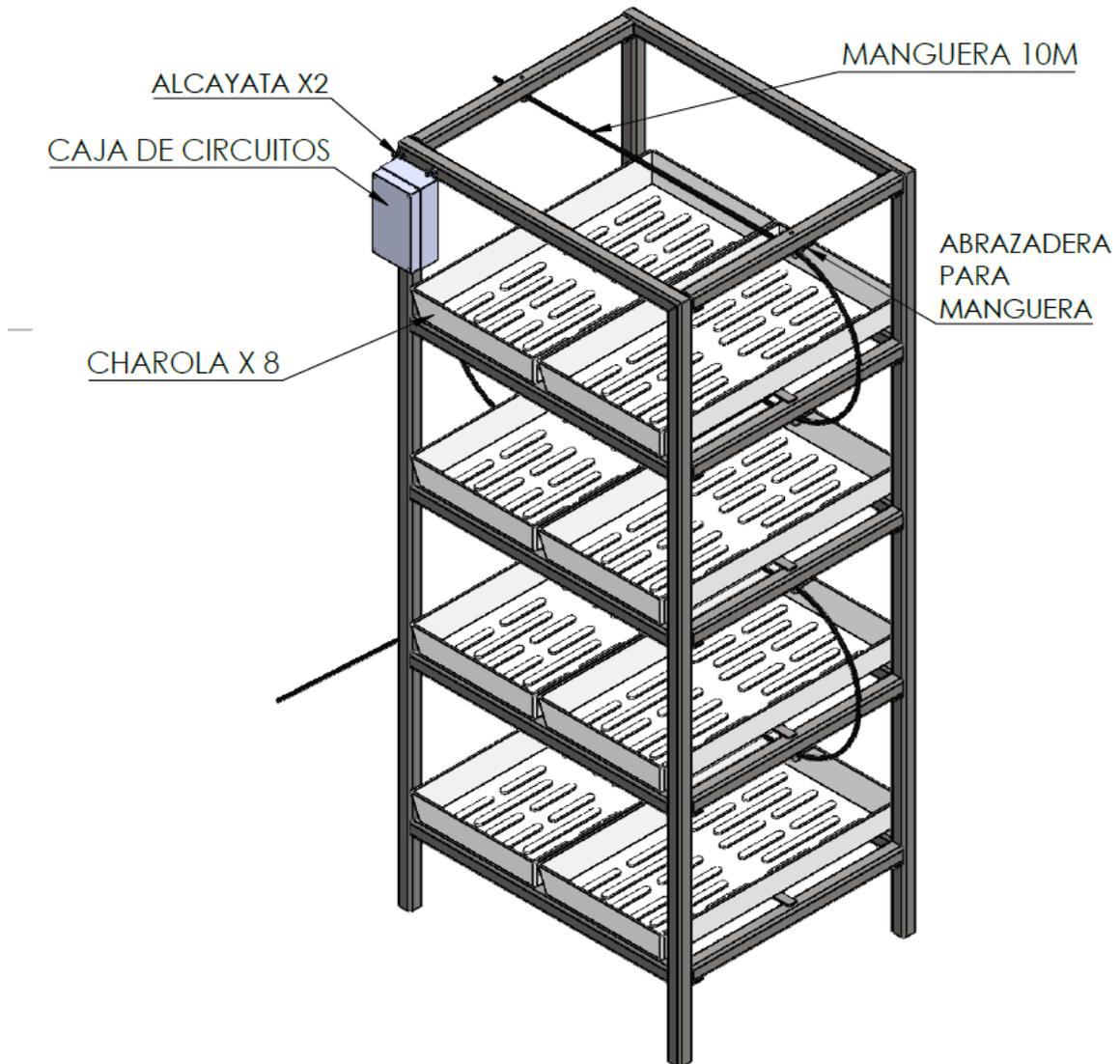
En este trabajo se ha realizado el diseño del mapa de la cadena de valor para una microempresa dedicada a la producción de germinados para consumo humano, principalmente de germinados de alfalfa y soya. La eficiencia del proceso fue de 48.26 % obteniendo también un *Takt Time* de 5.5 Kg. por hora.

Se realizó el *Layout* de la planta el cual promueve el correcto flujo del proceso y la correcta comunicación entre las áreas de trabajo, esto aumente la eficiencia del proceso.

Una vez terminado el diseño del VSM se realizó el modelo de simulación, el cual es una abstracción de todo el proceso productivo, dicho modelo fue de utilidad a la hora de realizar la simulación.

Se simuló el proceso productivo dejando en evidencia que el flujo de valor fluye en su mayor parte de forma correcta, sin embargo, existen dos actividades que generan un alto impacto el todo el proceso productivo. La etapa de Germinación y Premaduración, estas etapas tienen un tiempo muy alto en comparación con las demás del proceso productivo por los que se decidió realizar una propuesta de mejora que ayude específicamente a la etapa de germinación.

Figura R.1. Germinador con controlador digital



Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Con este trabajo se demuestra que la hipótesis es verdadera ya que la simulación del diseño del mapa de la cadena de valor para la microempresa productora de germinados ayudó a tener un proceso eficiente y de calidad orientada a una producción con mínimos desperdicios, lo que trajo consigo una ventaja competitiva para la microempresa; además, esto se traduce en ventaja económica; es decir, más utilidades, generación de riqueza local o familiar.

Es importante recalcar que la simulación es importante pues permite pronosticar resultados o encontrar áreas de mejora antes de que los fallos ocurran. De esta manera, gracias a la simulación, se encontró un área de mejora en la etapa de germinación, de esta manera se propuso el prototipo germinador el cual cuenta con una estructura metálica hecha en acero inoxidable de grado alimenticio, dicha estructura es de fácil ensamble pues debido a su geometría, no requiere de piezas sueltas como tornillos o ninguna herramienta adicional.

Aunado a ello, el sistema de riego del germinador posee válvulas de microaspersión (nebulización) lo cual permite una humedad uniforme en las semillas para su correcta germinación que además ayuda a ahorrar agua. A su vez, este prototipo cuenta con un controlador digital el cual permite simplemente seleccionar la semilla que se desea germinar y el sistema funcionará de manera autónoma controlando las condiciones de humedad y temperatura necesarias para el correcto cultivo de los germinados.

Cabe resaltar que este trabajo también busca promover que el Instituto Politécnico Nacional continúe llevando tecnología a la medida de las necesidades a comunidades rurales, fomentando el correcto desarrollo de las microempresas para asegurar el crecimiento de estas.

Se concluye también que, tanto en el mundo académico como en las empresas, el capital intelectual forma parte fundamental del desarrollo de estas; para la elaboración de este trabajo, se aplicaron diversos conocimientos que fueron adquiridos durante la carrera, además, el desarrollo de esta tesis trajo conllevó a profundizar en “la investigación” que es un tema que con frecuencia es evitado por los alumnos, sin embargo, gracias a ello, se descubrieron otros campos de estudio como la simulación, producción agrícola, sistemas de riego, programación, entre otros temas que complementaron mi formación académica y profesional.

Un buen proyecto siempre se realiza en grupos de trabajo, del mismo modo el adentramiento en el mundo de la investigación durante el desarrollo de este trabajo permitió generar vínculos interdisciplinarios, con alumnos de servicio social, estudiantes de maestría y egresados que enriquecieron este trabajo

Recomendaciones

Es posible realizar otros proyectos de investigación o tesis sobre el tema para mejorar alguna parte del trabajo pues como se resalta, es importante introducir más tecnología en las microempresas pues estas son una gran fuente de empleos y riqueza a nivel local.

El prototipo germinador es un segundo modelo con ciertas mejoras, sin embargo, ya que los germinados son un alimento nutritivo, y de calidad, se recomienda continuar con el tema de los germinadores para acercar este alimento a las familias mexicanas promoviendo incluso su producción en el hogar.

Anexos

Anexo I – Glosario

CPM – Siglas en inglés de: “*Critical Path Method*” (el método de la ruta crítica), es una herramienta de planeación y control donde se determina el camino más

Lean Manufacturing – Conocida como manufactura esbelta, producción Lean, entre otros, es una filosofía o sistema de organización que tiene como objetivo minimizar las pérdidas y maximizar el valor añadido al cliente.

Polisémico – Palabra que tiene más de un significado

VSM – Siglas en inglés de: “*Value Stream Mapping*” es una herramienta Lean manufacturing que busca mapear toda la cadena de valor enfocándose en el proceso productivo, de entrega de clientes y proveedores.

Takt time – *Tiempo takt es la velocidad a la que se debe completar un producto para satisfacer la demanda del cliente.*

WIP – Trabajo en proceso (*Work in Process*) hacer referencia a los productos parcialmente terminados que aguardan su finalización.

Anexo II – Germinador para capacitación rural (1er modelo)



Fuente: Tomado de (Chavarría Cabello, 2020)

Anexo III – Reporte del proceso “Mapa de la cadena de valor de germinados”

Figura A.2. Página 2/36 del reporte del mapa de la cadena de valor de germinados.

04:59:06p. m.		Category Overview				septiembre 8, 2022	
Values Across All Replications							
Mapa de la cadena de valor de germinados							
Replications: 35		Time Units: Minutes					
Entity							
Time							
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	8342.00	0.00	8342.00	8342.00	8342.00	8342.00	
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	2.2222	0.00	2.2222	2.2222	0.00	5.0000	
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value	
Entity 1	8344.22	0.00	8344.22	8344.22	8342.00	8347.00	

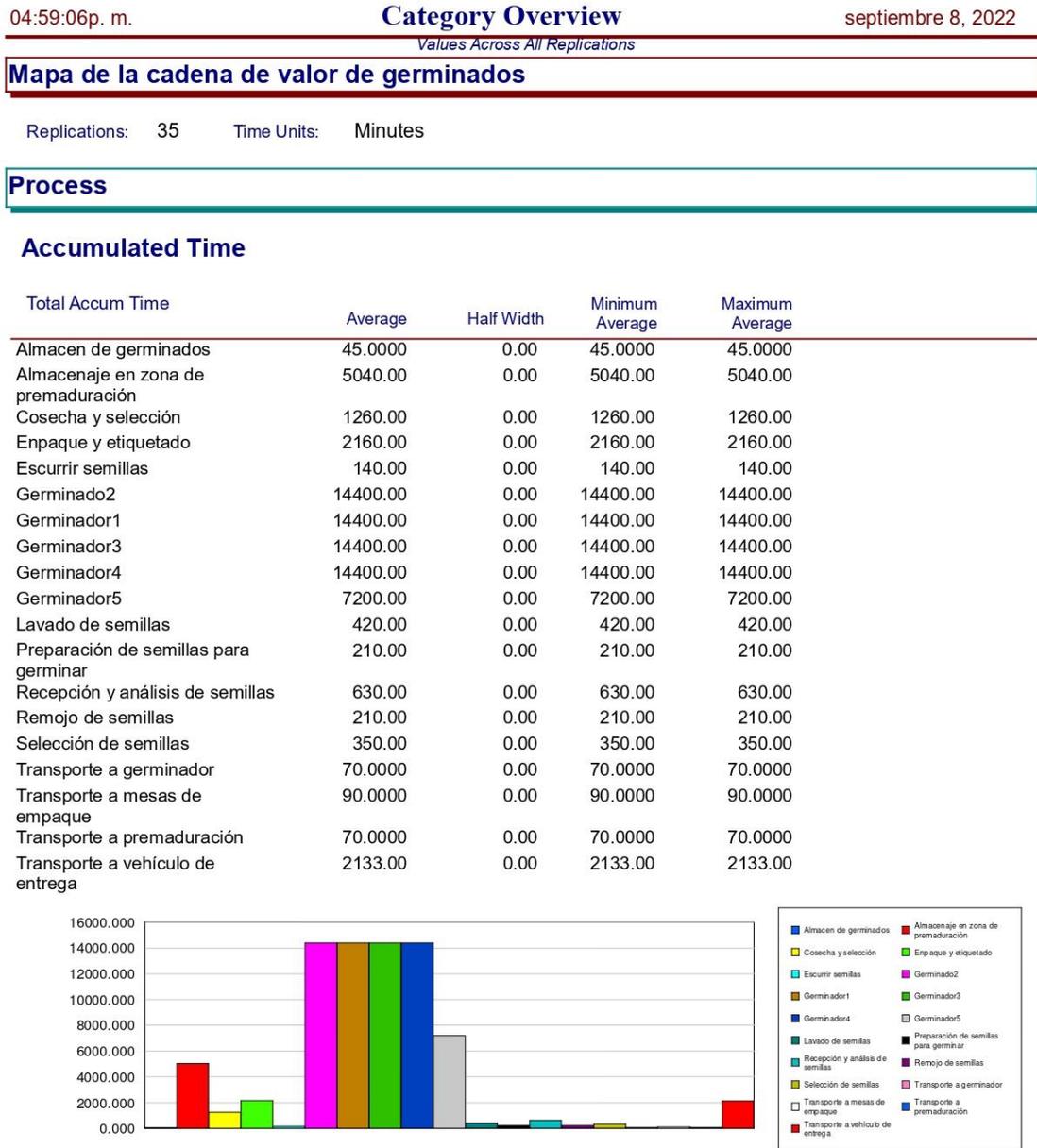
Fuente: Software Arena

Figura A.3. Página 4/36 del reporte del mapa de la cadena de valor de germinados.

04:59:06p. m.		Category Overview		septiembre 8, 2022		
Values Across All Replications						
Mapa de la cadena de valor de germinados						
Replications: 35		Time Units: Minutes				
Process						
Time per Entity						
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Almacen de germinados	5.0000	0.00	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
Almacenaje en zona de premaduración	360.00	0.00	360.00	360.00	360.00	360.00
Cosecha y selección	140.00	0.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Enpaque y etiquetado	240.00	0.00	240.00	240.00	240.00	240.00
Ecurrir semillas	10.0000	0.00	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000
Germinado2	7200.00	0.00	7200.00	7200.00	7200.00	7200.00
Germinador1	7200.00	0.00	7200.00	7200.00	7200.00	7200.00
Germinador3	7200.00	0.00	7200.00	7200.00	7200.00	7200.00
Germinador4	7200.00	0.00	7200.00	7200.00	7200.00	7200.00
Germinador5	7200.00	0.00	7200.00	7200.00	7200.00	7200.00
Lavado de semillas	30.0000	0.00	30.0000	30.0000	30.0000	30.0000
Preparación de semillas para germinar	15.0000	0.00	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000
Recepción y análisis de semillas	45.0000	0.00	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
Remojo de semillas	15.0000	0.00	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000
Selección de semillas	25.0000	0.00	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
Transporte a germinador	5.0000	0.00	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
Transporte a mesas de empaque	10.0000	0.00	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000
Transporte a premaduración	5.0000	0.00	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
Transporte a vehículo de entrega	237.00	0.00	237.00	237.00	237.00	237.00

Fuente: Software Arena

Figura A.3. Página 9/36 del reporte del mapa de la cadena de valor de germinados.



Fuente: Software Arena

Bibliografía

- Olivier Aguilar, C. A. (2010). *Mantenimiento mecánico industrial*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Abdollahi, P., Aslam, M., & Yazdi, A. A. (2019). Choosing the best facility layout using the combinatorial method of Gray relation analysis and nonlinear programming. *Journal of Statistics and Management Systems*, 1143-1161.
- Alvídrez Morales, A., Gonzáles Martínez , B. E., & Jiménez Salaz, Z. (Septiembre de 2002). Tendencias en la producción de alimentos: Alimentos Funcionales. *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición*, 3(3).
- Antil., J. M. (2013.). *Método de ruta crítica, Planeación de proyectos*. Barcelona, España.
- Bhuvanesh Kumar, M., & Parameshwaran, R. (2018). Production, Planning & Control. The Management of Operations. *Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organisation*, Taylor & Francis Group.
- Bisquerra , R. (1989). *Métodos de investigación educativa. Guía práctica* (1° ed.). Barcelona: Grupo Editorial CEAC.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012, 09 de abril). *Ley Federal del Trabajo*. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de https://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_social/docs/marco/Ley_FT.pdf
- Candelaria Martínez, B., Ruiz Rosado, O., Gallardo López, F., Pérez Hernández, P., Martínez Becerra, Á., & Vargas Villamil, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura . *Tropical and Subtropical Agrosystems*, 999-1010.

- Carvajal Villaplana, Á. (2013). Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. *Revista Comunicación*, 12(1), 33–46. doi:<https://doi.org/10.18845/rc.v12i1.1212>
- Chavarría Cabello, E. Y. (2020). *Rediseño de un germinador semiautomatizado para la producción rural de alimento limpio*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Correa García, L. Á. (2019). Relación entre la tecnología y la comercialización en la PyME ubicada en Zacatecas. *Mercados y Negocios*, 1(41).
- Cultivos Naturales San Francisco. (2018). *Hablar de cultivos naturales San Francisco es sinónimo de alimento vivo*. Obtenido de Germinados San Francisco: <https://www.cnsanfrancisco.mx/nosotros/>
- Daniel Humberto, I. (2002). *CADENAS DE VALOR COMO ESTRATEGIA: LAS CADENAS DE VALOR EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO*. Estación Experimental Agropecuaria Anguil Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- David Kelton, W., P. Sadowski, R., & T. Sturrock, D. (2008). *Simulación con software Arena*. New York. USA: Mc Graw Hill.
- Debevec, M., Simic, M., Jovanovic, V., & Herakovic, N. (2020). Virtual factory as a useful tool for improving production processes. *Journal of Manufacturing Systems*, 379-389.
- Deutchman, A. D., Michels, W. J., & Wilson, C. E. (1987). *Diseño de Máquinas Teoría y Práctica*. México: CONTINENTAL.
- Díaz Vázquez, A., Pérez Hernández, A., Hernández Ávila, J., & Castro García, M. G. (2017). IMPACTO DE LA CADENA DE VALOR EN EL MARGEN DE UTILIDAD BRUTA EN LA PRODUCCIÓN DE DESTILADOS DE AGAVE. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Vol. 4(Núm. 40), 551-560.
- FAO. (2019). *El sistema alimentario en México, Oportunidades para el campo en la agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Ciudad de México: 68 pp.

- García Cantó, M., & Amador Gandia, A. (2019). Cómo aplicar "Value stream mapping" (VSM). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.*, 68-83. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>
- García J, M. (2008). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Cataluña, España: Fundación Universitaria Politécnica de Cataluña.
- Ghazali Maarof, M., & Mahmud, F. (2015). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *7th International Economics & Business Management Conference*, 522-531.
- González Alvarado, T. E. (2005). Problemas en la definición de microempresa. *Revista Venezolana de Gerencia, Vol. 10*(Núm. 31).
- Hamrock, B. J., Jacobson, B. O., & Schmid, S. R. (2000). *Elementos de Máquinas*. México: McGraw-Hill.
- Hernán O., A.-D. (2017). La calidad en el servicio como ventaja competitiva. *Revista científica. Dominio de las ciencias*, 3, 72-83. doi:10.23857/dc.v3i3 mon.627
- Hitt, M., Ireland A, D., & Hoskinsson, R. (2007). *Administración estratégica. Competitividad y globalización*. Ciudad de México: Cengage Learning.
- Huang , G., Baetz, B., & Patry, G. (1997). *Development of a grey critical path method for construction planing*. Engineering Optimization.
- Hydro Enviroment. (2020). *Guía: ¿Qué es el riego por nebulización?* Obtenido de hydroenv : https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=219
- INEGI. (2020). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA DE LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. DATOS NACIONALES* (Vol. COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 285/20 25 de junio). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/MYPIMES20.pdf>

- Jiménez Bautista, E. (2020). *Diseño termodinámico de un deshidratador para hierbas medicinales con quemador de gas LP*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2013). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Limusa Wiley.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4 ed.). Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Kuzu S.L. (2009). Principios de la distribución en planta (Layout). Navarra, España.
- Lucid Software Inc. (10 de 10 de 2021). *Iconos y símbolos de mapas de flujo de valor*. Obtenido de Lucidchart: <https://www.lucidchart.com/pages/es/iconos-y-simbolos-de-mapas-de-flujo-de-valor>
- Martin, N., Despaire, B., & Caris, A. (2016). *The Use of Process Mining in Business Process Simulation Model Construction*. Bus Inf Syst Eng. doi:<https://doi.org/10.1007/s12599-015-0410-4>
- Masaaki, I. (1968). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. Irving: McGraw-Hill.
- Moreno de Niño, Y., & Vargas Cusatti, U. (2015). Consideraciones hacia un diseño de producción más limpia en una microempresa artesanal de jugo de naranja en la ciudad de Colón. *Revista Colón, Ciencias, Tecnología y Negocios*, 2(2), 1-15.
- Munir, A., K Lim, M., & Knight, L. (2011). Sustaining competitive advantage in SMEs. 25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.052>.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta* (2a ed.). Barcelona, España: McGraw Hill Book.
- Nihon, H. R., & Kyokai. (1992). Guiding Continuous Improvement through Employee Suggestions. *Portland: Productivity Press.*, 2.

- Norton, R. L. (2009). Diseño de maquinaria síntesis y análisis de máquinas. En R. L. Norton, *diseño de maquinaria síntesis y análisis de máquinas* (Cuarta ed., pág. 754). MacGrawHill. Recuperado el 17 de abril de 2021
- Nuryakin , Wiet Aryanto, V. D., & Budi Setiawan, M. (2018). Mediating effect of value creation in the relationship. *Vol 63, Núm 1*. Ciudad de México, México. doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1178>
- OCDE. (20 de mayo de 2019). *Las PYMEs están impulsando el crecimiento del empleo*. Obtenido de OCDE - MEJORES POLÍTICAS PARA UNA VIDA MEJOR:
<https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/laspymesestanimpuandoelecrecimientodelempleo.htm>
- Ordóñez Cazar, M. S. (2017). *Propuesta de mejoramiento de la productividad en una empresa metalmecánica mediante la aplicación de un VSM*. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.
- Ortiz Hernández, F. E., Ortiz Alfaro, B. S., & Ortiz Hernández, Y. S. (2012). *Innovación Tecnológica Incremental para la Producción Rural*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- P. Dhiravidamani, A. S. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study . *International Journal of Computer Integrated*. doi:<https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Parameshwaran, M. B. (febrero de 2018). Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organisation. *Production Planning & Control*. doi:10.1080/09537287.2018.1434253
- Pérez Galeano, A., & Zapata Valencia, S. (2015). *Evaluation of the commercial behavior of the sprouts and young shoots in the city of Medellín: possible marketing alternatives*. Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

- Pérez Uribe, R., & Bejarano, A. (2008). Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000. *Revista Escuela de Administración de Negocios*(62), 89-105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20611457007>
- Pérez Vega, I. A., Feregrino Pérez, A. A., & Jiménez García, S. N. (2018). *Contenido de Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante en Germinados de Alfalfa (Medicago Sativa) y Amaranto (Amaranthus Cruentus)* . Guanajuato: CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2018.
- Porter, M. E. (1991). *Ventaja Competitiva ; Creación y desempeño de un desempeño superior*. Argentina: Editorial Rei Argentina S.A.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (05 de Junio de 2020). *PROGRAMA NACIONAL DE AUDITORÍA AMBIENTAL*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/programa-nacional-de-auditoria-ambiental-56432>
- Production, Planning & Control. The Management of Operations. (2019). *An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K*. Taylor & Francis Group.
- Project Management Institute . (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* . Pennsylvania, EEUU: Projecto Management Institute, Inc.
- Quintero, J., & Sánchez , J. (2006). La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 8(3), 377-389.
- Rajadell, M., & Sánchez , J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Sagnak, M., Ada, E., & Kazancoglu, Y. (2019). A new holistic conceptual framework for layout performance assessment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 233-260.

- Silva S, K. (Junio de 2012). Applicability of Value Stream Mapping (VSM) in the Apparel industry. *Konya Teknokent*, 3, 21. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49861974/PAPER_31.pdf?1477419944=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAplicability_of_Value_Stream_Mapping_VS.pdf&Expires=1621908029&Signature=bbN72gkcNzJ9gNy3CV7ImHu91WjEBiV11u8xYEvNveuerXxpgaCGYm2DWZS
- Spotts, M. F., & Shoup, T. E. (1999). *Elementos de Máquinas*. México: Prentice Hall.
- Valdéz Hernández, L. A. (2020). *Manual para la diagramación de procesos*. México: Universidad Autónoma de México.
- Varela Rojas, I. (2003). Definición de producción más limpia. *Tecnología en marcha*, 16(2), 3-12.
- Vázquez Cenil, I. (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing con un diseño de mejora tecnológica en una microempresa*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Wartofsky W., M. (1968). *Introducción a la filosofía de la ciencia, I*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.
- Wickends, P. D. (1990). Production Management: Japanese and British Approaches. *IEE Proceedings A (Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education)*, 52-54. doi:10.1049/ip-a-2.1990.0007
- Wilde, S. J., & Forenza, S. (2013). *Programación de obras*. Tucuman: Universidad Nacional de Tucuman .
- Zupan, H., Herakovic, N., Zerovnik, J., & Berlec, T. (2017). Layout optimization of a production cell. *International journal of simulation modelling*, 603-616.