

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



“Propuesta de mejora en el análisis fisicoquímico de harina de pescado mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en QuimLab”

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO**

MARÍA FERNANDA BELTRÁN ROSAS

LIMA-PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TSP-MF Beltrán. rev.2 (1).docx (D151721541)
Submitted	2022-12-01 21:08:00
Submitted by	Fabiola Olivares
Submitter email	folivares@lamolina.edu.pe
Similarity	4%
Analysis address	folivares.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	ROBLES MAGUIÑA CECILIA DEL ROSARIO_CABANILLAS BRIONES GEANELLA YOLANDA.docx Document ROBLES MAGUIÑA CECILIA DEL ROSARIO_CABANILLAS BRIONES GEANELLA YOLANDA.docx (D149013228)		1
SA	EF_PT_Sinarahua_Rojas_revCB.docx Document EF_PT_Sinarahua_Rojas_revCB.docx (D151071102)		1
SA	TESIS HUAPAYA - GONZALES.pdf Document TESIS HUAPAYA - GONZALES.pdf (D109590078)		2
SA	T3_TT1_BroncanoGonzalesKevin_TrujilloLoyolaKevin.docx Document T3_TT1_BroncanoGonzalesKevin_TrujilloLoyolaKevin.docx (D109470114)		4
SA	FINAL_VASQUEZ.docx Document FINAL_VASQUEZ.docx (D151251437)		3
W	URL: http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4363?locale-attribute=enCarnero , Fetched: 2022-12-01 21:10:00		1
W	URL: https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesid Fetched: 2022-12-01 21:10:00		1
W	URL: https://www.academia.edu/11065235/mejoramiento_de_los_procesos_de_la_empresa_h_Ja Fetched: 2022-12-01 21:10:00		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA
"PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE HARINA DE PESCADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA VALUE STREAM MAPPING (VSM)"
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA PESQUERA
MARÍA FERNANDA BELTRÁN ROSAS
LIMA-PERU 2022
DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por guiarme y protegerme en todo momento. A mi familia por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A mi compañero de vida que a través de su amor, confianza y paciencia me ayudó a concluir esta meta. A la luz de mi camino, mi inspiración y fuerza, mi hijo Sebastián.

AGRADECIMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“Propuesta de mejora en el análisis fisicoquímico de harina de pescado
mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en QUIMLAB”**

Presentado por:

MARÍA FERNANDA BELTRÁN ROSAS

Trabajo de suficiencia profesional para optar por el título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

**1 Mg. Sc. David Roldán Acero
Presidente**

**Ing. Nancy Martínez Ordinola
Miembro**

**Mg. Sc. Daniel Percy Rojas Hurtado
Miembro**

**Dra. Fabiola Otilia Olivares Ponce
Asesor**

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por guiarme y protegerme en todo momento.

A mi familia por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A mi compañero de vida que a través de su amor, confianza y paciencia me ayudó a concluir esta meta.

A la luz de mi camino, mi inspiración y fuerza, mi hijo Sebastián.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora Dra. Fabiola Olivares, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por su tiempo, paciencia, dedicación y orientación en el desarrollo de este proyecto.

Al equipo de laboratorio de fisicoquímica y a los colaboradores involucrados.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Conceptos generales de <i>Lean Manufacturing</i>	3
2.2. Técnicas Lean	3
2.2.1. 5 S	3
2.2.2. Just in time	6
2.2.3. Single Minute Exchange of Die (SMED)	6
2.2.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	7
2.2.5. Value Stream Mapping (Mapa cadena de valor)	13
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	22
3.1 Revisión de datos	23
3.1.1 Revisión de indicadores históricos ligados a objetivos estratégicos	23
3.1.2 Selección de familia de productos para enfoque de estudio	24
3.2. Situación actual del proceso	27
3.2.1. Diagnóstico de la situación actual de principales causas del problema	27
3.2.2. Descripción, levantamiento, recopilación de información del Laboratorios de Físicoquímica	27

3.3. Actividades que no generan valor y problemas presentes	28
3.3.1. Elaboración del Mapa de la Cadena de Valor actual (VSM actual)	28
3.3.2. Procesos bajo el Mapa de Cadena de Valor actual y determinación de herramientas Lean	28
3.4. Propuesta de Mejora de Proceso	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Diagnóstico de las principales causas del problema	32
4.2. Elaboración del Mapa de la Cadena de Valor actual (VSM actual)	32
4.3. Análisis del Mapa de Cadena de Valor actual y propuesta de herramientas Lean	34
4.4. Elaboración del Mapa de Cadena de Valor piloto (VSM deseado)	37
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Tarjeta roja de la metodología 5S	4
Figura 2: Pasos para aplicar el <i>Seiketsu</i>	5
Figura 3: Los 8 pilares del TPM	8
Figura 4: Listado de símbolos relacionados con materiales	16
Figura 5: Listado de símbolos para representación de información	17
Figura 6: Listado de símbolos de carácter general	18
Figura 7: Pasos secuenciales para el mapeo de la cadena de valor	19
Figura 8: Ejemplo de flujo VSM de información electrónica	20
Figura 9: Diseño metodológico	22
Figura 10: Proceso para método de ensayo de la determinación de proteína soluble en harina de pescado	27
Figura 11: Diagrama de Pareto	32
Figura 12: Mapa de cadena de valor actual (VSM actual)	33
Figura 13: Mapa de cadena de valor piloto (VSM deseado)	38

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1: Diferencias entre lo que no es mantenimiento de calidad y lo que no es	11
Tabla 2: Las 8 mudas o desperdicios Lean	14
Tabla 3: Ficha de objetivos estratégicos ligados a indicador de seguimiento	23
Tabla 4: Data histórica de indicadores de seguimiento del año 2019 al 2022	23
Tabla 5: Listado de productos a los que se realizan análisis fisicoquímicos	24
Tabla 6: Equipos de mayor uso para análisis fisicoquímico de la harina de pescado	26
Tabla 7: Porcentaje de ejecución para cada método de ensayo con el uso del equipo KJELDAHL	26

RESUMEN

El trabajo realizado tuvo como objetivo determinar y cuantificar los desperdicios que se pueden obtener en el laboratorio de fisicoquímica durante el análisis de proteína soluble de la harina de pescado para finalmente presentar una propuesta de mejora del proceso en cuanto a la optimización de tiempos en la entrega de informes de ensayo. Para ello, se presenta un análisis detallado del proceso continuo en la ejecución de la solubilización de la proteína en la harina de pescado, apoyándonos mediante el desarrollo de la herramienta del Mapeo de Cadena de Valor (VSM por sus siglas en inglés), teniendo en cuenta sus principales componentes, simbología, su aplicación y beneficios dentro del proceso. Así mismo, se trabajó con información existente de la empresa como son los indicadores de gestión por objetivos y cuantificación de los principales motivos de retraso en la entrega de informes de ensayo.

Finalmente, se obtiene que, bajo la implementación de las herramientas propuestas, ajustadas a la naturaleza de cada actividad, se espera disminuir en un día la entrega de informes de ensayo al cliente final, también el aumentar la satisfacción de este, la disminución de costos y recursos en el proceso de análisis de proteína soluble en harina de pescado.

Palabras clave: **análisis, procesos, mejora, laboratorio, desperdicios**

SUMMARY

The present project carried out with the objective of determining and quantifying the waste that can be obtained in the physical chemistry laboratory during the analysis of soluble protein in fishmeal to finally present a proposal to improve the process or improve the process in terms of optimizing delivery times. For this, a detailed analysis of the continuous process in the execution of the solubilization of the protein in the fishmeal is presented, supported by the development of the Value Chain Mapping (VSM) tool, considering account its main components, symbols, its application and benefits within the process. Likewise, existing company information was used, such as management by objectives indicators and quantification of the main reasons for delays in the delivery of test reports.

Finally, it is obtained that, under the implementation of the proposed tools, adjusted to the nature of each activity, it is expected to reduce the delivery of test reports in one day as well as increase customer satisfaction, decrease costs and resources in the process of analysis of soluble protein in fishmeal.

Keywords: analysis, processes, improvement, laboratory, waste

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

La mejora de procesos comprende tanto una filosofía como un sistema de gestión destinado a mejorar día a día el quehacer en materia de niveles de calidad, productividad, costos, niveles de satisfacción, niveles de seguridad, tiempos totales de los diversos ciclos, tiempos de respuesta y grado de fiabilidad de las actividades (Álvarez y Paucar, 2014).

La norma definida por la Organización Internacional de Estandarización ISO/TC176 (2008) (ISO, por sus siglas en inglés) propone agrupar los procesos por la función que toman dentro de la organización, dividiéndolos en cuatro grandes grupos. En el primer grupo, aparecen los procesos para la gestión de una organización, que incluyen procesos relativos a la planificación estratégica, el establecimiento de políticas, la fijación de objetivos, las comunicaciones, el garantizar la disponibilidad de recursos para la organización de otros objetivos de calidad y los resultados deseados y para evaluaciones de la gestión. En el segundo grupo, relacionado con los procesos para la gestión de los recursos, se incluyen todos los procesos que son requeridos para proporcionar los recursos necesarios para la organización de los objetivos de calidad y los resultados deseados. El tercer grupo hace referencia a los procesos de realización; entre ellos se incluyen todos los procesos que proporcionan los resultados deseados de la organización. Por último, el grupo de procesos relacionados con la medición, análisis y procesos de mejora, los que hacen referencia a los procesos para medir y recopilar datos para el análisis y la mejora de la eficacia y la eficiencia.

En cuanto a la organización de los procesos, Harrington (1993) ha propuesto que los procesos pueden operar a nivel macro en la organización (los denominados macroprocesos). Cada macroproceso, a su vez, está constituido por actividades específicas que se encuentran relacionadas y que pueden o no ser consecutivas entre, si llamadas microprocesos o subprocesos. Así mismo cada actividad que, como su nombre indica, son entendidas como una unidad del proceso que puede realizar un trabajo o una tarea específica.

Zairi (1991), indica que la característica clave al operar las actividades se encuentra en agregar valor en tres formas elementales: agregar valor de tiempo, es decir, los resultados se

suministran cuando se requieren; agregar valor de lugar, cuando las salidas se suministran donde se requieren y cuando se requieren; y agregar valor de forma, cuando los resultados se entregan con base a lo que los clientes realmente necesitan, de tal forma que se contribuya con su satisfacción.

En los últimos años la optimización de los tiempos de entrega, tanto en productos como en servicios, ha tomado mayor importancia en la cadena de valor, más aún si la entrega de estos son parte del valor agregado para el cliente final. Para lograr ello, es necesario tener las actividades del proceso alineadas al objetivo, tanto que estos últimos sean medibles, específicos, aceptables, realistas y tengan una duración determinada (Serrano 2012).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Proponer la optimización de los tiempos en la gestión del proceso de entrega de informes de ensayos fisicoquímicos de harina de pescado utilizando la herramienta de mapeo de flujo de valor (VSM).

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el proceso de análisis fisicoquímico de la harina de pescado.
- Evaluar los resultados de indicadores del análisis fisicoquímico de la harina de pescado, obtenidos del año 2019 al 2022.
- Elaborar un diagrama de simulación mediante la herramienta de VSM, que permita la comparación con el proceso inicial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CONCEPTOS GENERALES DE *LEAN MANUFACTURING*

Según Carbajal y Ramos (2018), la fabricación ajustada o *Lean Manufacturing* es simplemente un grupo de estrategias para la identificación y eliminación de los residuos dentro de la corriente o cadena de valor. La fabricación ajustada es un proceso dinámico y constantemente exigente, que depende del conocimiento y la participación de todos los empleados de la empresa, por ello, la implementación exitosa requiere que todos los empleados estén entrenados para identificar y eliminar los desechos de su trabajo, los cuales se encuentran en todos los niveles de la organización.

Rajadell y Sánchez (2010), indican que *Lean Manufacturing* es “la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar” y para su aplicación es necesario herramientas que permitan trabajar de manera estructurada y enfocada siempre en la mejora de los procesos.

2.2. TÉCNICAS LEAN

Lean Manufacturing posee una gran variedad de técnicas y con distintas finalidades, que se pueden implantar de forma independiente o conjunta, atendiendo a las necesidades específicas de cada caso. A continuación, se exponen algunas de las más implementadas por las empresas (Mallma, 2020).

2.2.1. 5 S

El significado de este acrónimo corresponde a cinco iniciales en japonés: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*, que significan separar lo necesario de lo innecesario, poner cada cosa en su lugar, limpiar e inspeccionar, estandarizar e implantar el hábito respectivamente. Las “5 s” consisten en la aplicación fundamental de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo, lo cual genera buena actitud hacia el área de trabajo y es considerada como la primera herramienta *Lean* a ser implementada. La gran ventaja de la implementación de esta

herramienta es que se obtienen resultados con prontitud y con poca inversión de tiempo y recursos. Se describe, a continuación, las 5 etapas de esta herramienta *Lean*:

a. Seiri (Seleccionar)

Diferencia entre los elementos necesarios de los innecesarios en el lugar de trabajo, descartando aquellos que son de poca utilidad o sin uso. Una forma efectiva de identificar estos elementos a ser eliminados es llamada “etiquetado en rojo” (de expulsión), que es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación (Figura 1), los cuales son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Si se confirma que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles, que serán descartados. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de “por si acaso”. De esta manera, se obtiene una mejor distribución de los recursos, aprovechamiento del espacio útil de trabajo y el control visual de materiales e instrumentos requeridos (Álvarez y Paucar, 2014).

TARJETA ROJA	
FECHA:	_____ NUMERO: _____
AREA:	_____
NOMBRE DEL ELEMENTO	_____
CANTIDAD	_____
DISPOSICIÓN:	
	TRANSFERIR: <input type="checkbox"/>
	ELIMINAR: <input type="checkbox"/>
	INSPECCIONAR: <input type="checkbox"/>
COMENTARIO:	_____ _____ _____

Figura 1: Tarjeta roja de la metodología 5 S

Fuente: Perpiñan 2018

b. Seiton (Orden)

Consiste en definir el lugar de ubicación de cada objeto clasificado como necesario en la etapa anterior. La implementación de esta S facilita encontrar los documentos u objetos de trabajo, identificar algún faltante y dar una mejor apariencia al lugar de trabajo, enfocado a la

implementación de sistemas de guardado eficientes y efectivos. En esta etapa también se realiza la delimitación de las áreas de trabajo y el etiquetado de la ubicación de cada objeto de manera que sea posible ser identificado por todo el personal. Para el criterio de ubicación de los elementos, se toma en cuenta la frecuencia de uso, temas de seguridad en el trabajo y eficacia para minimizar el tiempo de búsqueda (Álvarez y Paucar, 2014).

c. Seiso (Limpieza)

En esta etapa se lleva a cabo una limpieza integral, no solo desechar cualquier tipo de suciedad sino también cualquier foco de suciedad para su eventual control y eliminación. Se busca inculcar la limpieza como parte del trabajo diario, porque, además de obtener un área de trabajo agradable, pueden identificar algunos defectos como las condiciones de trabajo inseguras. Entre los beneficios de esta etapa es poder prevenir contaminación de los procesos y poder prolongar la vida útil de instalaciones y equipos (Álvarez y Paucar, 2014).

d. Seiketsu (Estandarizar)

En esta etapa se busca consolidar lo aplicado en las etapas de selección, orden y limpieza, mediante su estandarización y mantenimiento, consiguiendo beneficios perdurables para la organización. La empresa debe crear procedimientos estandarizados en documentos o imágenes visibles, para todo el personal (Hernández y Vizán, 2013), que se muestra en la Figura 2.

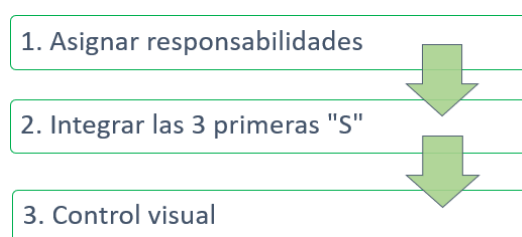


Figura 2: Pasos para aplicar el *Seiketsu*

Fuente: Elaboración propia

e. Shitsuke (Disciplina)

Una de las metas de la implementación es hacer evolucionar la metodología en una filosofía propia de la empresa, que sea constante en el tiempo y sea respetada por todas las áreas implicadas. Todo esto llevará a que los colaboradores se interesen en los beneficios y aportes.

Asimismo, se deben implantar una serie de controles visuales y auditorías para lograr la continuidad de esta herramienta (Álvarez y Paucar, 2014).

2.2.2. Just in time

Esta herramienta busca que los materiales y productos se entreguen en el momento justo en el que se van a usar, de tal manera que se reduzca la cantidad promedio de inventarios de materia prima, productos en proceso y terminados. Hernández y Vizán (2013) indican que se trabaja al ritmo de la demanda del cliente, dinámica conocida como “sistema *pull*” y que tiene los siguientes objetivos:

- Atacar los problemas fundamentales: pretende reducir el nivel de problemas o “asuntos por atender” por el tiempo, costo y maniobras que generan y disponer solo del nivel de éstos necesarios, en el tiempo y momento preciso.
- Eliminar los desperdicios: desemboca en la búsqueda continua del aumento de eficiencia en los procesos y operaciones mediante la participación de todo el personal.
- Buscar simplicidad: reducir la complejidad del sistema o problemática para adoptar sistemas sencillos de controles.

2.2.3. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Son sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación o alistamiento. Lo que se busca con esta herramienta es cambiar/transformar la mayor cantidad posible de tareas internas a externas, siendo las tareas internas aquellas que se realizan con la máquina detenida y las tareas externas son las que pueden efectuarse sin necesidad que el equipo o máquina se detenga. El beneficio que más destaca en la implementación de esta herramienta es el reducir el tiempo de preparación y transformarlo a tiempo productivo. Esta mejora en la reducción del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa, ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda (Mallma 2020).

Rivera (2013), recomienda un procedimiento general para ahorrar o disminuir los tiempos de alistamiento:

- Analizar las actividades del alistamiento. Se trata de identificar aquellas actividades que no son necesarias para el alistamiento y que son llevadas a cabo solo por costumbre del

operario. Las mismas deben ser eliminadas para reducir el tiempo de preparación del equipo.

- Identificar tareas internas y externas. Es necesario identificar a qué tipo pertenece cada actividad del alistamiento. En base a esto se determinará la estrategia a seguir.
- Convertir todas las tareas internas que sea posible a tareas externas. Si bien, no todas las actividades internas podrán ser cambiadas a externas, mediante esta aplicación se logra reducir el tiempo no productivo de la máquina.
- Eliminar reajustes. Se busca eliminar o reducir al mínimo el uso de destornilladores y elementos de ajuste que demanden mucho tiempo. Se recomienda utilizar topes y sujetadores rápidos.
- Alistamiento cero. El tiempo idóneo de preparación de máquina es cero. Por lo que, el objetivo permanente es reducir hasta el mínimo posible el tiempo de alistamiento.

2.2.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial, desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento preventivo” y que es una herramienta que al ser implementada logra mejorar la competitividad de una organización, ya sea industrial o de servicios. Así como también, ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos, reducción de costos, mejora de los tiempos de respuesta y fiabilidad de suministros (Hernández y Vizán, 2013).

Álvarez y Paucar (2014), indican algunas características destacadas de la herramienta de TPM:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva (Carbajal y Ramos, 2018). A continuación, se expone cada uno de los 8 pilares que constituyen la herramienta TPM y que se muestran en la Figura 3.

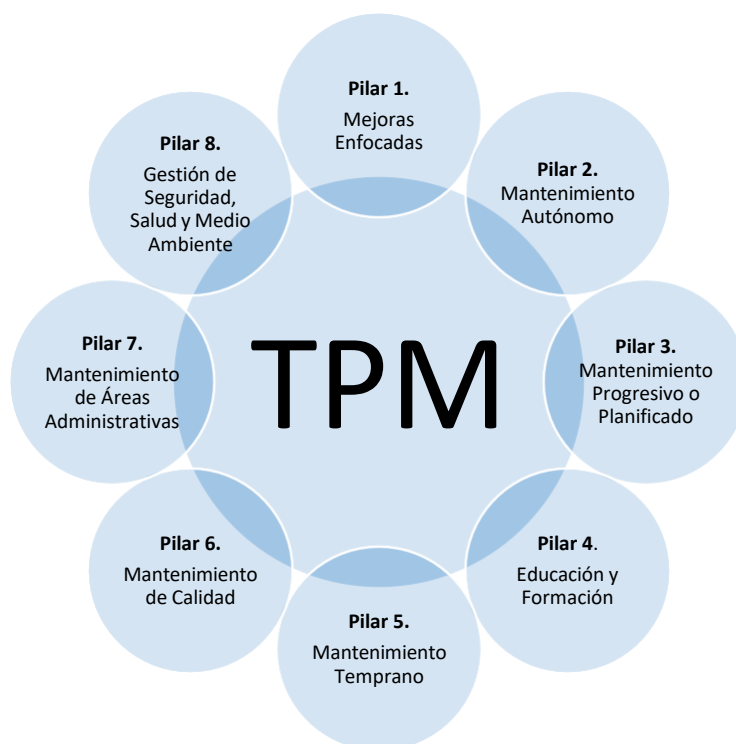


Figura 3: Los 8 pilares del TPM

Fuente: Elaboración propia

a. **Pilar 1: mejoras enfocadas (*Kaizen*)**

Este pilar se basa en encontrar una oportunidad de mejora dentro de la planta, bajo las necesidades de:

- Enfocarse en las pérdidas específicas e incrementar la productividad, la facilidad de operación y estandarizar los métodos que son fáciles de seguir.
- Asegurar los métodos para identificar las pérdidas, análisis de pérdidas e implementación de medidas y mejorar así la eficiencia del trabajo humano.
- Elevar la facilidad de detección/corrección de deterioro en el equipo, involucrando a todo el personal.
- El propósito fundamental del pilar es maximizar la eficiencia de la red de valor mediante la eliminación de pérdidas.

Los sistemas que utilizan este pilar para su desarrollo son de evaluación, de solución de problemas y de capacitación.

b. Pilar 2: mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

El propósito fundamental del pilar es revertir y prevenir el deterioro acelerado de las máquinas, mediante actividades como:

- Generación de cultura de operación autónoma.
- Gestión de indicadores.
- Gestión visual.

Las características para su implementación son:

- Identificar el deterioro.
- Estandarizar la limpieza y la operación.
- Transferir habilidades para mejorar la limpieza y la operación.
- Analizar los problemas para prevenir su recurrencia.
- Prevenir errores.

c. Pilar 3: mantenimiento progresivo o planificado

El mantenimiento progresivo es uno de los procesos más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. Su propósito consiste en avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías". Al tener un buen mantenimiento preventivo, es decir tener una buena recolección de datos históricos y un excelente análisis de estos; para

luego poder planear los mantenimientos que lograrán disminuir los costos e incrementar la disponibilidad, con ello lograr el mantenimiento predictivo.

d. Pilar 4: educación y formación

La formación debe ser polivalente, de acuerdo con lo que necesita la planta y la organización. Muchos de los desperdicios se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planificación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados y operarios.

e. Pilar 5: mantenimiento temprano

Este proceso actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento; desarrollados a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

f. Pilar 6: mantenimiento de calidad

No solo es cuánto se hace, sino qué productos se pueden hacer, con qué tolerancia se puede trabajar y cuántos defectos están saliendo en cada proceso. Los defectos salen por un problema de la máquina, del material, del método o del personal de operaciones. Por ello es importante la integración de todos para identificar la causa del defecto.

En la Tabla 1 se muestran las diferencias de lo que se cataloga como calidad y lo que no.

Tabla 1: Diferencias entre lo que no es mantenimiento de calidad y lo que es

NO es Mantenimiento de Calidad	Es Mantenimiento de Calidad
Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento.	Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento.	Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, así como realizar el control de éstos e intervenir en ellos.
Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento.	Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento.	Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anomalía potencial.

Fuente: Elaboración propia

g. Pilar 7: mantenimiento de áreas administrativas

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual. Cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de las "5S", acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos.

TPM no es exclusivamente para el departamento de producción, a través de este pilar se busca la eliminación de pérdidas de información entre los departamentos de manufactura y administrativos, extendiéndose a proveedores y clientes. Así como en manufactura se convierte la materia prima en productos, buscando un mínimo de desperdicio, en las oficinas se convierten los datos primarios en servicio de información, el cual debe ser efectivo.

h. Pilar 8: gestión de seguridad, salud y medio ambiente

Este pilar contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente. Su propósito fundamental es promover en las personas la autogestión de incidentes, condiciones y comportamientos, así como prevenir la contaminación, mediante programas de (Álvarez y Paucar, 2014):

- Diagnóstico de la seguridad y del ambiente.
- Planes de acción y programas de sensibilización en seguridad y ambiente.
- Modelos de intervención del comportamiento, a través de programas de formación.
- Programas de “Estilo de vida saludable”.
- Auto inspecciones.
- Controles visuales.
- Monitoreo y medición a través de indicadores de desempeño.

La gestión de la seguridad y del ambiente son clave dentro del TPM. Para eliminar los accidentes y la polución Álvarez y Paucar (2014) indican que se debe:

- Asegurar la fiabilidad de los equipos, para crear un sitio de trabajo seguro y saludable.
- Evitar errores humanos, con el fin de lograr la meta de cero accidentes y mantenerla.
- Definir reglas básicas de seguridad, las cuales se deben seguir: Seguir las instrucciones, si no sabe pregunte.
- Corregir o avisar de las condiciones o prácticas inseguras que puedan causar lesión a los empleados o daño al equipo.
- Ayudar a mantener el orden y la limpieza.
- Utilizar las herramientas y equipos apropiados para el trabajo y usarlos de manera segura.
- Informar inmediatamente y solicitar los primeros auxilios.
- Utilizar, ajustar o reparar máquinas solo cuando se esté autorizado.
- Usar el equipo de protección personal aprobado y mantenerlo en buenas condiciones.

2.2.5. Value Stream Mapping (Mapa cadena de valor)

Esta técnica sirve para realizar un mapeo de la cadena de valor de un proceso productivo. La cadena de valor es el conjunto de actividades necesarias para transformar la materia prima, hasta el producto final (o familia de productos), visto desde la óptica del cliente.

Se tiene, entonces, que el mapeo de los procesos permite obtener (Carnero, 2018):

- Un medio para que los equipos examinen los procesos interfuncionales.
- Un enfoque sobre las conexiones y relaciones entre las unidades de trabajo.
- Un panorama de todos los pasos, actividades, tareas, pasos y medidas de un proceso.

Dentro de los objetivos del VSM, se tiene:

- Identificar y disminuir las pérdidas, en tareas que no dan valor añadido al producto final.
- Eliminar los desperdicios o mudas propuestas por Lean.

En la Tabla 2 se describen las 8 mudas o desperdicios Lean

Tabla 2: Las 8 mudas o desperdicios Lean

Mudas o desperdicios	Descripción
Tiempo	El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.
Inventario	Los desperdicios ocasionados por inventario son el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho que se acumule material, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es continuo.
Transporte	El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente, sin esperar en colas de inventario.
Movimiento	Se define como cualquier movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una operación o actividad. Este tipo de movimiento se refiere a los realizados por una persona, como, por ejemplo: estirarse, inclinarse o tener que desplazarse para ir a buscar una herramienta de uso cotidiano en el proceso.
Defectos	Los desperdicios derivados de los errores son los más comunes en la industria manufacturera. Significan una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales.
Procesos	Existe muda de procesos cuando a un producto o servicio se le hace más trabajo del necesario, es decir que no es parte normal del proceso y no agrega valor, ya que el cliente no está dispuesto a pagar
Sobreproducción	Consiste en hacer más de lo necesario. Esta muda se relaciona con las de inventario, procesos y defectos, ya que, si se producen más componentes de los necesarios, aumentará el inventario. Por otra parte, hacer más de lo necesario muchas veces sugiere el reprocesar componentes. Por último, se reconoce que una gran cantidad de unidades defectuosas, tarde o temprano, llevará a la sobreproducción.
Desaprovechamiento del talento humano	Se refiere a aprovechar las fortalezas de cada empleado a beneficio de la empresa, invitándoles a hacer uso de su creatividad e inteligencia. Como causas del desaprovechamiento puede citarse el no querer reconocer ese talento para no aumentar la retribución, o escasa cultura innovadora en la corporación.

Fuente: Elaboración propia

Carnero (2018) indica que para la aplicación de esta técnica hay que aclarar algunos conceptos tales como:

- *Producción Lead Time*: es el tiempo desde que se solicita el pedido hasta que está listo para su embalaje o envío al cliente.
- *Processing Time*: es el tiempo requerido por un trabajador para finalizar su tarea.
- *Cycle Time* (tiempo de ciclo): es el tiempo promedio para un total de producto en cada proceso, se puede realizar el tiempo medio para cada unidad.
- *Takt Time*: es la frecuencia con la que las unidades han de ser procesadas, guarda una estrecha relación con la “tasa de demanda del cliente”.
- *Reprocesados*: es el número de unidades que necesitan ser reprocesadas, por lo que su tiempo de procesado será mayor.
- *Batch size* (tamaño de lotes): es el número de unidades de producto que se realizan en un tiempo determinado.
- *Working time available or Uptime* (Tiempo disponible de equipo): es el tiempo que se dedica a cada de actividad, en un plazo determinado (h día^{-1} , h semana^{-1} , h mes^{-1}), aquí se desprecian reuniones, descansos y todo aquello que pueda perturbar el tiempo de trabajo. Este dato se puede dar en porcentaje.
- *Demanda*: número de productos necesario para cubrir necesidades de mercado.

a. Simbología usada en la técnica VSM

La simbología propuesta para el desarrollo de cada parte del Mapeo de Flujo de valor se presenta a continuación.

- Relacionados con materiales: el listado de símbolos relacionados con materiales se presenta en la Figura 4.

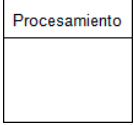
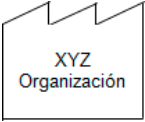
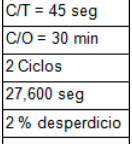
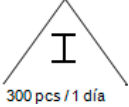




Materiales	Representa	Cómo usarlo					
	<p>Proceso de producción o realización del servicio. Un proceso, máquina, departamento y operación.</p>	<p>Un cuadro de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deben ser etiquetados. También es usado para los departamentos, tales como "Control de Producción" sin el ícono interior.</p>					
	<p>Fuentes externas. Con frecuencia se utiliza en el inicio del proceso para representar un proveedor y al final de un proceso para representar al cliente.</p>	<p>Se utiliza para mostrar a los clientes, proveedores y procesos de fabricación fuera de la organización, incluye procesos subcontratados al exterior.</p>					
 <table border="1" data-bbox="344 927 475 1070"> <tr><td>C/T = 45 seg</td></tr> <tr><td>C/O = 30 min</td></tr> <tr><td>2 Ciclos</td></tr> <tr><td>27,600 seg</td></tr> <tr><td>2 % desperdicio</td></tr> </table>	C/T = 45 seg	C/O = 30 min	2 Ciclos	27,600 seg	2 % desperdicio	<p>Recuadro de datos. Indica información importante necesaria sobre otro ícono</p>	<p>Se utiliza para registrar la información clave relativa a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc. Anota sólo los datos necesarios ligados a las capacidades o restricciones del procesamiento.</p>
C/T = 45 seg							
C/O = 30 min							
2 Ciclos							
27,600 seg							
2 % desperdicio							
	<p>Inventario almacenado entre dos procesos</p>	<p>Se anota la cantidad y el tiempo.</p>					
	<p>Envíos externos (unidad de transporte)</p>	<p>Anota la frecuencia de envíos de los proveedores o clientes que utilizan transporte.</p>					
	<p>El movimiento de material de producción por empuje (PUSH).</p>	<p>El material que se produce y se adelantó para el siguiente proceso que lo necesita. Por lo general, sobre la base de un horario.</p>					
	<p>El movimiento de materiales al siguiente paso del proceso.</p>	<p>Las materias primas que vienen de un proveedor o el movimiento de productos terminados al cliente.</p>					
	<p>Estantería</p>	<p>Un inventario controlado de materiales, anota la cantidad disponible.</p>					

Figura 4: Listado de símbolos relacionados con materiales

Fuente: Elaboración propia

- Relacionado al flujo de información: el listado de símbolos relacionados al flujo de información se presenta en la Figura 5.



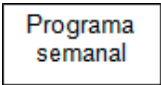
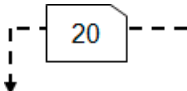
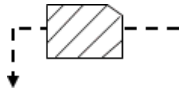
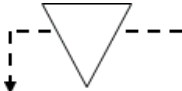




Información	Representa	Uso
	Flujo manual de información, tales como notas o informes	Ejemplo: Plan de producción o programa de envíos
	Flujo electrónico de información, como el intercambio de datos por medio del correo	Informática / Base de datos / Email
	Información.	Describe un flujo de información concreta, anota el título del documento.
	Kanban de producción	Una tarjeta o dispositivo que le dice a un proceso que esta "ok" para producir el "qué" y la "cantidad" que se necesita producir y entregar.
	Retirada Kanban	Tarjeta o dispositivo que indica al manejador de materiales que debe obtener y transferir partes.
	Señal Kanban	El Kanban "por lotes". Señala cuando se alcanza un punto de pedido y otro lote debe ser producido.
	Secuencia de tiro/jalar (PULL)	Proporciona instrucciones para producir de inmediato un tipo y cantidad, normalmente una unidad. Un sistema de tirar para los procesos de subensamble sin usar inventario de consumo.
	Tarjeta Kanban	Indica lugar donde se recogen y llevan a cabo.
	Kanban arriba por lotes	Envío de cantidades representadas en grupo o lotes
	"Go see"	Ajustes de los programas basados en la verificación de niveles de inventarios.

Figura 5: Listado de símbolos para representación de información

Fuente: Elaboración propia

- Simbología de carácter general: el listado de símbolos de carácter general se presenta en la Figura 6.

General símbolos	Representa	Uso
	“Kaizen burbuja de mejora”	Indica necesidades de mejora en el proceso.
	Buffer o inventario de seguridad	Cantidades que deben ser anotadas
	Operador	Representa personas vistas desde arriba, las cantidades deben ser anotadas.
	Horas consumidas / Horario / Línea de tiempo	Muestra los momentos en el que el proceso añade valor al producto y los tiempos de espera.
	Tiempo total	Muestra el tiempo total en el que el proceso aporta un valor añadido al producto y los tiempos totales de espera.

Figura 6: Listado de símbolos de carácter general

Fuente: Elaboración propia

b. Proceso para análisis y mapeo de la cadena de valor

Los pasos de la implementación del mapeo de la cadena de valor (García y Amador, 2019) se indican en la Figura 7.

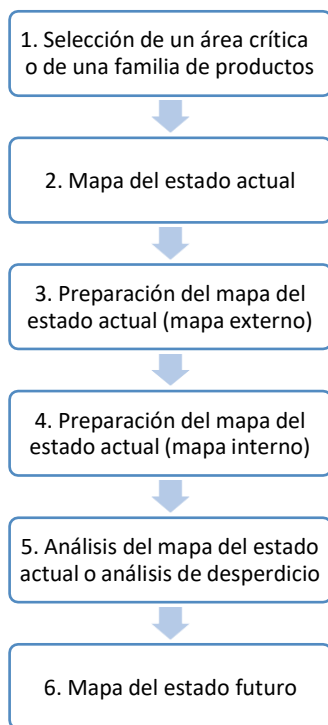


Figura 7: Pasos secuenciales para el mapeo de la cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

- **Selección de un área crítica o de una familia de productos**

Si se quiere realizar el mapeo de todos los productos elaborados en una empresa resultará complicado y con elevado riesgo de error. Es por ello necesario focalizar el proceso de mapeo en una única familia de productos. Una familia de producto es el conjunto de productos que comparten pasos similares de procesos, equipos comunes y tienen aproximadamente la misma carga de trabajo.

- **Mapa del estado actual**

Para empezar a desarrollar el mapa, se requiere dibujar una serie de íconos, los cuales tienen diferentes significados y aplicaciones en las diferentes etapas de la cadena de valor.

- **Preparación del mapa del estado actual (mapa externo)**

Se empieza el mapa dibujando un ícono de una empresa y un cuadro de datos en la esquina superior del lado derecho del papel. Se llena la caja de datos con la lista de requerimientos del cliente, como unidades por día, número de cambios, complejidad y otra información de producción. Luego se delinear los procesos de producción básicos de los proveedores. Se usa una caja de datos en el lado izquierdo del mapa para representar a los proveedores. Usualmente

no se pueden listar todos los proveedores, por lo tanto, se usan los de mayor impacto por cantidad de compra, unidades o importe. Esta información debe de estar disponible para el departamento de compras.

El último paso para el mapeo externo es dibujar los íconos apropiados, basados en el tipo de flujo de información. En la Figura 8 muestra un flujo de información electrónica indicadas con líneas que aparecen como relámpagos. Debajo de cada ícono de información se dibuja una caja de datos de descripción y llena en la frecuencia del flujo de información.

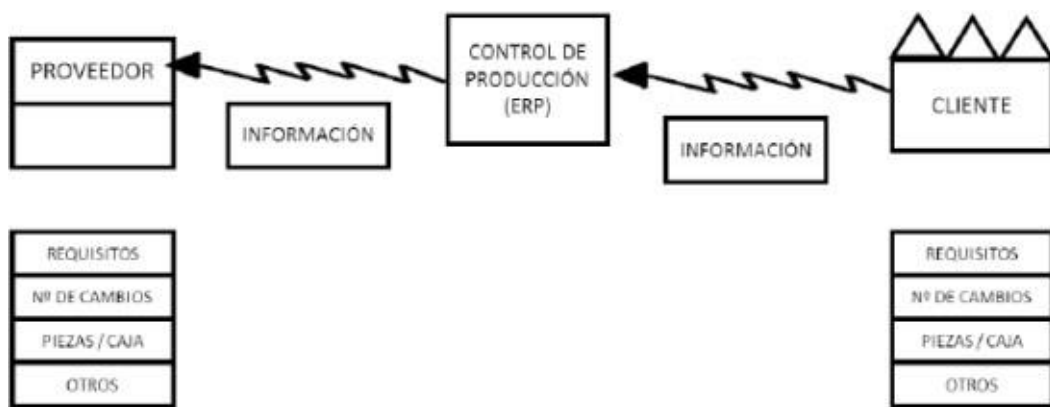


Figura 8: Ejemplo de flujo VSM de información electrónica

Fuente: García y Amador (2019)

- Preparación del mapa del estado actual (mapa interno)

El equipo se deberá partir en pequeños grupos y documentar todos los procesos en orden inverso, ya que de esta manera se entienden mejor los flujos y se construye mejor la información del proceso productivo, incluyendo todas las máquinas de proceso, inventario y todos los tiempos de ciclos entre cada proceso de un producto. Una vez que la información ha sido recogida, el equipo debe reunirse y dibujar los apropiados íconos en la parte de abajo del mapa.

Hay que colocar cajas de procesos en el mapa (maquinas, ensambles, etc.) y agregar cada caja de datos debajo de cada proceso, incluyendo toda la información que el equipo obtuvo del piso de producción. Después hay que dibujar las cajas del proceso interno, completando el mapa agregando los correctos íconos del flujo de material de un proceso a otro. El último paso es dibujar una línea de tiempo debajo de cada caja de proceso y triángulo de inventario al esquema del tiempo de espera de producción.

- **Análisis del mapa del estado actual o análisis de desperdicio**

El principal objetivo al elaborar el mapa de la cadena de valor es la identificación del desperdicio a través del análisis de este. Con ello los desperdicios se identifican según su tipo de clasificación.

- **Mapa del estado futuro**

El mapa del estado futuro es fácil de desarrollar, pero requiere determinación y persistencia para implementarlo. Es decir, el desarrollo del mapa de estado futuro es crítico para proveer una impresión ideal del estado esbelto, ya que en este se proyectan todas las mejoras necesarias para llegar a un resultado ideal.

El primer paso requiere el cálculo del “*Takt Time*”, que define cual debe de ser la cadena de salida del producto que adapta la producción a la demanda (Villaseñor y Galindo, 2007). Su importancia es el tiempo de ciclo basado en una pieza a la vez (“*one-piece flow*”). Reducir el tiempo de ciclo y crear “*one-piece flow*” dentro del estado futuro del mapa permite preguntar ¿dónde puede el sistema de producción usar un flujo continuo?

Un ejemplo de flujo continuo es automatizar una línea de ensamble. Se determina utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{tiempo neto de operación} / \text{periodo}}{\text{requerimientos de cliente} / \text{periodo}}$$

Una cadena de valor incluye todas las actividades, tanto de valor agregado como las de valor no agregado, así como también las que soportan todas las actividades que son necesarias en la creación de un producto (o servicio) y lo hacen disponible para el cliente. Estas actividades incluyen procesos de operación, flujo de materiales entre el proceso, todas las actividades de control y dirección, así como el flujo de información. Una medida para determinar el potencial de mejora es determinar la diferencia entre las operaciones y el tiempo de espera. Cuanto mayor sea la diferencia entre operación y tiempo de espera mayor es el potencial de mejora. Los trabajos de mejora junto al proveedor pueden iniciarse después de la aplicación del mapa de estado futuro.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El estudio se aplica en una empresa líder en servicios de inspección, auditorías, análisis y certificación de productos y/o servicios requeridos por empresas privadas e instituciones del Gobierno. Dicha empresa cuenta con certificación ISO 9001: 2015 así como con la Norma y EstándaresBASC. También tienen laboratorios de ensayo que cuentan con ensayos acreditados bajo la norma NTP ISO/IEC 17025:2017 para diversos productos tales como hidrocarburos, alimentos (incluyendo leche, galletas, pan, productos hidrobiológicos, etc.), aceites, aguas, entre otros. Cuenta con un área de inspecciones acreditada como Organismo de Inspección bajo la norma NTP ISO/IEC 17020:2012 para Inspección Higiénico Sanitaria, HACCP, Programa de Vigilancia y Control de Actividades Pesqueras y Acuícolas en el Ámbito Nacional, entre otros. Funge además como organismo de certificación de productos acreditado bajo la norma NTP ISO/IEC 17065:2013.

Con el fin de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos, el trabajo consta de 4 etapas. Para un mejor entendimiento de la metodología en la Figura 9 se presenta un esquema de las etapas, donde se puede apreciar cada una de ellas con sus respectivas actividades.

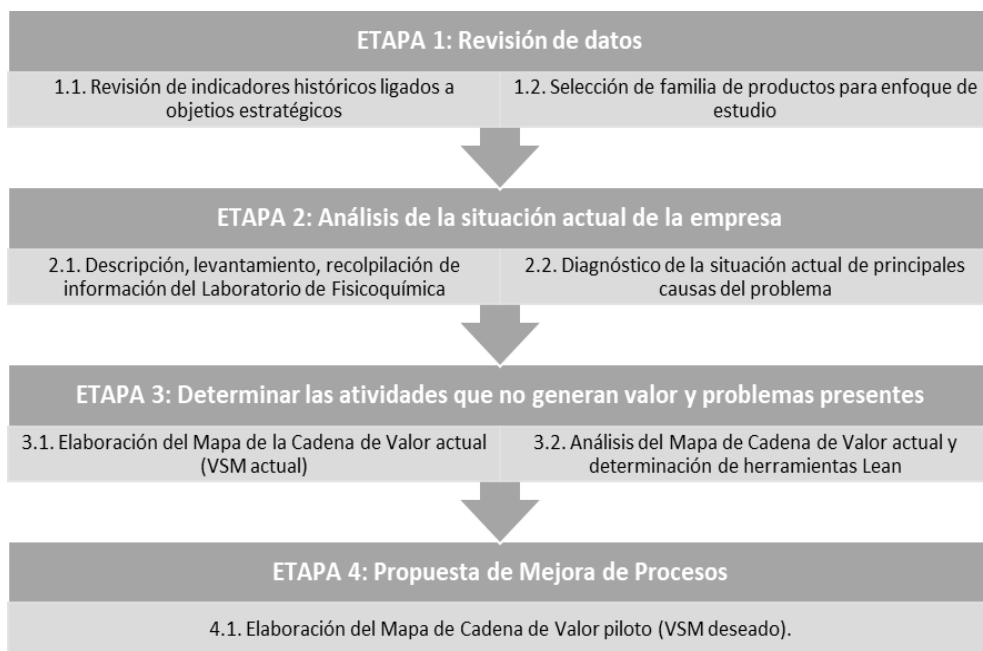


Figura 9: Diseño metodológico

3.1 REVISIÓN DE DATOS

3.1.1 Revisión de indicadores históricos ligados a objetivos estratégicos

En esta etapa se inicia la recopilación de la información del comportamiento actual de los procesos en el laboratorio de fisicoquímica, a través del seguimiento de los indicadores ligados a objetivos estratégicos.

Es así como dentro de los objetivos estratégicos propuestos anualmente, en la Tabla 3 se presenta la ficha de objetivos estratégicos ligados a indicador de seguimiento.

Tabla 3: Ficha de objetivos estratégicos ligados a indicador de seguimiento

Objetivo Estratégico	Indicador	Fórmula para indicador	Meta de Indicador
Lograr la reducción de entrega de informes de ensayo fuera de tiempo procedentes del laboratorio de fisicoquímica	% de informes entregados fuera de tiempo.	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de informes de ensayo de Físicoquímica entregados fuera de tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ de informes de ensayo de Físicoquímica entregados}} \times 100$	≤ 8%

En la Tabla 4 se presenta la data histórica obtenida desde el año 2019 hasta el mes de abril del presente año:

Tabla 4: Data histórica de indicadores de seguimiento del año 2019 al 2022

Indicador (%) de informes entregados fuera de tiempo												
Meta: ≤ 8%												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2019	63	79	75	48	63	42	35	36	43	20	28	41
2020	64	61	90	83	85	86	78	37	49	48	41	12
2021	16	36	46	34	20	49	39	3%	59	47	59	33
2022	37	29	31	50	-	-	-	-	-	-	-	-

Con los datos obtenidos y expuestos en la tabla anterior, se tiene el panorama general en cuanto a la necesidad de implementar una mejora en el proceso con la finalidad de disminuir los tiempos de entrega de los informes de ensayo.

3.1.2 Selección de familia de productos para enfoque de estudio

En esta sub etapa se pretende realizar un análisis más profundo para seleccionar una familia de producto, reducir y enfocar el estudio del proceso. Para ello se procede a analizar los registros obtenidos día a día en cuanto a todos los informes de ensayo que se entregan al cliente, detectando los informes no entregados a tiempo y el producto al cual se realizó el análisis (paso por el proceso).

Luego, se presenta el listado de productos recopilados durante los años 2019 al 2022, a los cuales se ejecutaron análisis fisicoquímicos, obteniéndose los informes de ensayo y a cada producto se coloca el porcentaje de recurrencia para un análisis fisicoquímico (Tabla 5).

Tabla 5: Listado de productos a los que se realizan análisis fisicoquímicos

Productos que pasan por análisis fisicoquímico	% de recurrencia para análisis fisicoquímico
Aceite crudo de pescado	2.8
Aceite de pescado - ácido graso	
Aceite de pescado acidulado	14.3
Aceite de pescado refinado	
Aceite de salmón	0.8
Aceite de salmón / aceite crudo de soya	
Aceite de trucha	0.3
Aceite refinado de pescado	0.3
Ácidos grasos monocarboxilico de pescado	1.1
Agua potable	0.3
Agua residual	1.5
Agua residual - industrial	0.3
Alimento balanceado para camarón	5
Cola de langostino con cáscara congelado	
Cola de langostino congelada con cascara	
Colas de langostino congelado IQF	
Colas de langostino ezepele congeladas IQF	9.5
Colas de langostino P&D tail off congeladas	
Colas de langostino tail off congeladas	
Colas de langostino tail off congeladas IQF	

Conserva de pescado	0.5
Estearina de aceite de pescado	0.3
Ethyl ester fish concentrate	1.1
Filete de caballa congelado sellados al vacío	0.3
Filete de pota congelada	0.3
Harina de camarón	0.5
Harina de pescado	19.6
Harina de pescado residual	11.3
Harina de pota	2.6
Harina de pota residual	8.5
Harina de tilapia	2.8
Harina residual de atún	15.1
Langostino cola meat (broken) IQF congelado	
Langostino cola P&D tail off IQF congelado	
Langostino cola hiso IQF congelado	1
Langostino cola ezepele IQF congelado	
Langostino cola ezepele congelada	
Langostino colas congeladas	
Lomos de atún en agua y sal	0.5
Lomos de atún precocido congelado sellados al vacío	0.3
Lomos de barrilete congelado sellados al vacío	0.3
Merluza HGT congelada IQF	0.3
Pota congelada	0.3
Residuos de langostino	0.5
Trozo de atún en aceite de oliva	0.3

Como se muestra en la tabla anterior se tiene que el mayor porcentaje de recurrencia para análisis fisicoquímico es la harina de pescado. Por lo que se escoge como familia de producto la harina de pescado, el cual será objeto de estudio para el presente trabajo.

Existen diferentes tipos de ensayos que se realizan en el laboratorio de fisicoquímica para el producto de harina de pescado, por lo cual se cree conveniente centralizar aún más el proceso a estudiar. La Tabla 6 muestra un resumen del porcentaje de uso de equipos que se hacen uso, ya que éstos son de gran relevancia por el cuello de botella que se genera en el proceso.

Tabla 6: Equipos de mayor uso para análisis fisicoquímico de la harina de pescado

Equipos de mayor uso	% de uso
KJELDAHL	54
UV/VIS	8
HLPC	25
Otros	13

En la Tabla 7 se presentan los métodos de ensayo que se realizan con el equipo de mayor uso y el % de ejecución de estos.

Tabla 7: Porcentaje de ejecución para cada método de ensayo con el uso del equipo KJELDAHL

Método de ensayo	% de ejecución
Determinación de Proteína Soluble	65
Digestibilidad de la pepsina de Alimentos con Proteína animal (Torry modificado)	18
Contenido de Nitrógeno amoniacal	17

Finalmente, se tiene como objeto de estudio al proceso de determinación de Proteína Soluble en el producto de harina de pescado.

3.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

3.2.1. Diagnóstico de la situación actual de principales causas del problema

Desde el mes de febrero del presente año, se inició con los registros de las causas de retraso en la entrega de informes de ensayo, por lo que se hará uso de la herramienta básica de calidad del diagrama de Pareto, para representar la relación entre las principales causas y la frecuencia con la que ocurren.

3.2.2. Descripción, levantamiento, recopilación de información del Laboratorios de Físicoquímica

En la Figura 10 se presenta el proceso secuencial para la ejecución del método de ensayo “Determinación de proteína soluble en agua”.

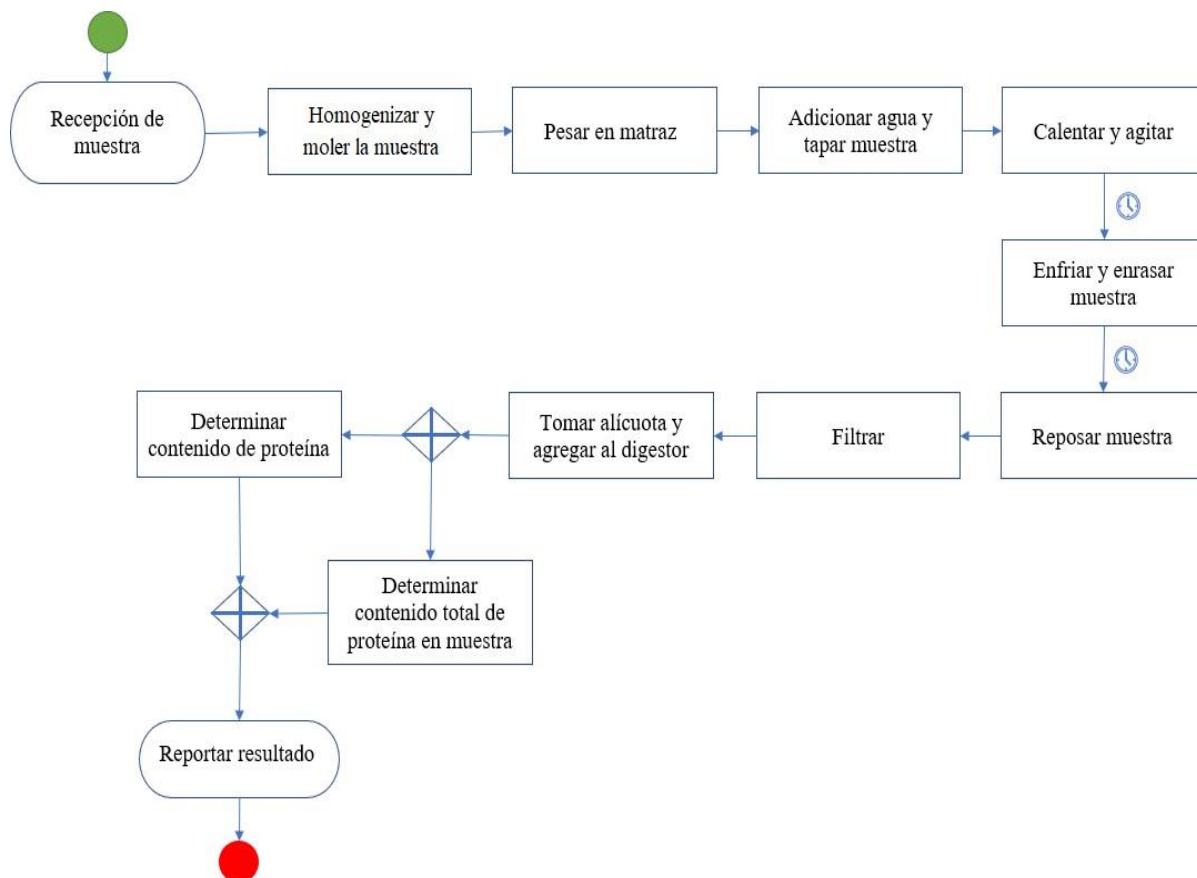


Figura 10: Proceso para método de ensayo de la determinación de proteína soluble en harina de pescado

3.3. ACTIVIDADES QUE NO GENERAN VALOR Y PROBLEMAS PRESENTES

3.3.1. Elaboración del Mapa de la Cadena de Valor actual (VSM actual)

Para realizar el VSM actual del proceso, es necesario ver de cerca el proceso total, tanto desde que ingresa la solicitud hasta la entrega del producto o servicio. Para ello, se realiza lo que es llamado “*gemba management*” donde se toma nota a detalle de todas las actividades relacionadas para obtener lo que solicita el cliente. Tras ello, se detecta los posibles despilfarros y posibles mejoras a realizar.

Una vez que se tiene el detalle de cada actividad se agrupan por semejanza, finalmente se toma el tiempo por cada grupo generado.

3.3.2. Procesos bajo el Mapa de Cadena de Valor actual y determinación de herramientas Lean

A continuación, se exponen las actividades a detalle del proceso actual del análisis de proteína soluble en harina de pescado:

- *Generar orden de ensayo*

Para dar inicio al proceso, el cliente se comunica con el área de recepción de muestras de la empresa. Seguidamente, se confirma la capacidad operativa y materiales disponibles con el laboratorio y se procede a enviar la cotización del servicio, previamente evaluado y aprobado por gerencia del área. Se espera por la confirmación y aprobación de parte del cliente y se genera la codificación del servicio.

- *Reporte en sistema de ingreso de orden de ensayo*

Se procede a registrar el servicio aprobado en el sistema, donde se generan códigos internos con los que trabaja el laboratorio, con el fin de identificar y tener la trazabilidad por servicio realizado.

- *Recepción orden de ensayo y entrega de muestras*

Llega la orden de ensayo junto con la muestra a recepción de muestra, donde la persona quien recibe realiza el etiquetado de cada una de ellas junto con las codificaciones generadas. Al terminar, lleva las muestras y órdenes de ensayo al área de laboratorio, donde el auxiliar de laboratorio hace la verificación de la trazabilidad de cada muestra, confirmando las

codificaciones, nombres, cliente solicitante, tipos de análisis solicitados, etc. y se hace el registro en un cuaderno de recepción. Al recibir la orden de ensayo se generan copias de la misma. Seguidamente, se asignan los análisis correspondientes a cada analista, dependiendo del producto y del análisis a realizar junto con la expertiz y autorización del analista para ejecución del método. Para tener un control y seguimiento, se registra en una hoja de cálculo de Excel al analista asignado para cada servicio.

Para los casos donde llegan muestras al área de recepción cerca a la hora de finalización de la jornada laboral, se inicia el proceso un día después. Sin embargo, esto es contabilizado como un día de ejecución del servicio, retrasando la entrega del informe de ensayo.

- *Preparación del molino*

La molienda se inicia limpiando el molino y en paralelo haciendo el etiquetado de la muestra. Esta actividad puede durar 30 minutos, sin embargo, en la práctica se realizan varias moliendas para diferentes productos y se van ingresando por prioridad, por lo que para algunas ocasiones puede demorar hasta 6 horas antes de ingresar a molienda.

- *Homogenizar y moler la muestra*

Inicia el proceso de análisis de proteína soluble de la harina de pescado con el molido usando una malla N°18, una vez terminando la molienda se rotula nuevamente a mano el código del servicio y datos adicionales relevantes. Esto lo realiza el auxiliar, terminando de moler se lo entrega al analista previamente asignado.

- *Solicitud de reactivos a almacén*

Se genera una solicitud de reactivos necesarios para el análisis el mismo día, mediante un sistema en línea. El almacén de reactivos se encuentra en el mismo piso que el laboratorio.

El encargado del almacén tiene previamente ya preparado los reactivos y ácidos por lo que su entrega es casi inmediata. La actividad que incrementa el tiempo en almacén, aunque no en el proceso en evaluación, es que cada analista regresa los ácidos y declara la cantidad de uso, dicha cantidad debe ser confirmada por el almacenero, ello con la finalidad de tener un control en cuanto al inventario de los ácidos.

- *Baño maría y agitación de la muestra*

Una vez que el analista recibe la molienda, se generan duplicados con 10 g de muestra cada uno más 150 ml de agua fría y un blanco, cada matraz se tapa con papel aluminio para evitar su contaminación. Se procede a continuación, la rotulación de las muestras y posteriormente la agitación de las muestras en baño maría. Se coloca un timer, el cual alertará al analista cuando las muestras estén listas para su retiro. Mientras se espera a que finalice el baño maría, se realizan otros análisis con otras muestras.

- *Enfriar del baño maría*

Una vez finalizado el baño maría, las muestras pasan del matraz a una fiola y se espera a que se temperen para luego enrasar a 250 ml. Mientras se enfrían las muestras se procede a avanzar con otros análisis y/o a preparar la mesa de trabajo con los reactivos/materiales a usar.

- *Decantar y filtrar*

Al tener la fiola con los sólidos suspendidos, se espera decantar y filtrar el sobrenadante a un matraz. En este tiempo se debe inspeccionar en todo momento que no se filtren sólidos.

- *Preparación para digestión – etapa de digestión*

Una vez filtrado cada muestra pasa al equipo Kjeldahl o también llamado balón de digestión junto con 50 ml de alícuota de la muestra con 15 g de sulfato de potasio, 1 g sulfato de cobre y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado para dar inicio a la digestión.

- *Enfriar luego de la digestión – etapa de destilación*

Se espera que enfríe la muestra previamente digestada para proceder a la destilación de la misma, la cual inicia con la recepción de la muestra con 100 ml de ácido sulfúrico al 0.1N y se adiciona 75 ml de hidróxido de sodio al 50%, a continuación, se pone a ebullición para finalmente obtener de 250 a 300 ml de muestra destilada.

- *Etapa de titulación*

La muestra previamente destilada se titula con hidróxido de sodio al 0.1N.

- *Anotar contenido y valores del proceso*

Manualmente se procede a anotar los valores obtenidos en el proceso, los cuales servirán para realizar los cálculos y finalmente la entrega de resultados.

- *Aprobación y emisión de reporte e informe*

Finalmente, al tener los datos del proceso, el analista ejecuta y entrega el reporte de ensayo a jefatura del área para su revisión, aprobación y firma digital del reporte, seguidamente el digitador del área, digitaliza el reporte y se presenta el informe de ensayo, el cual nuevamente es entregado a la jefatura del área para su revisión, aprobación y firma.

3.4. PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO

Una vez que se tienen identificadas las actividades y tareas que causan finalmente el retraso de entrega de los informes de análisis, se procede a la elaboración del Mapa de Cadena de Valor piloto, el deseado (VSM deseado) y nuevamente se realizan los cálculos, donde se espera que por cada grupo de actividad se haya reducido el tiempo al eliminar las actividades que no generan valor en el proceso.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DEL PROBLEMA

Tras el análisis realizado de la data obtenida, se observa en la Figura 11 que el 80% de los retrasos en la entrega de informes de ensayo es debido principalmente a la falta de personal (permisos, inasistencias y aislamiento COVID-19), reprocesos y error por trabajo manual.

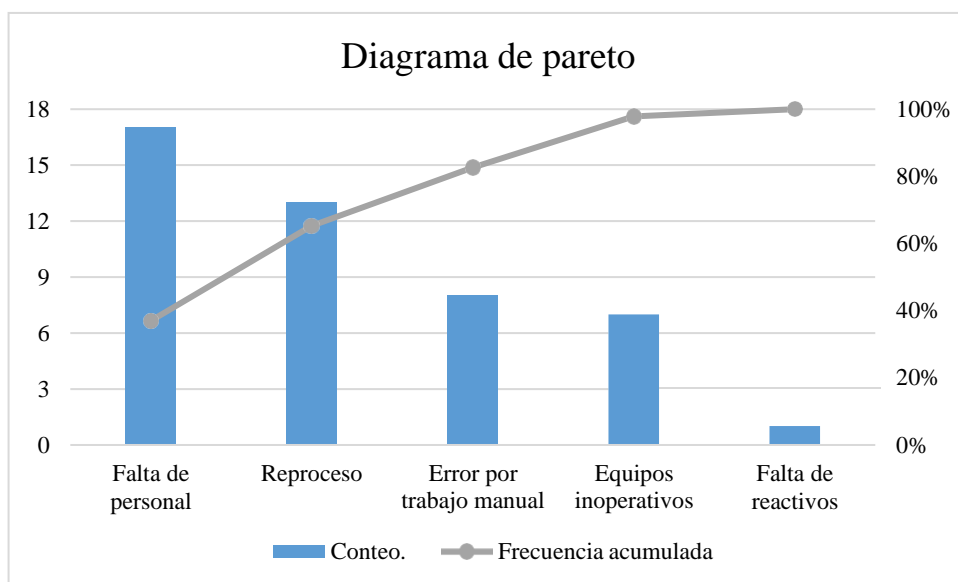


Figura 11: Diagrama de Pareto

4.2. ELABORACIÓN DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL (VSM ACTUAL)

Tras la verificación in situ del proceso de inicio a fin, se presenta el Mapa de cadena de valor actual (VSM actual), el cual se visualiza en la Figura 12.

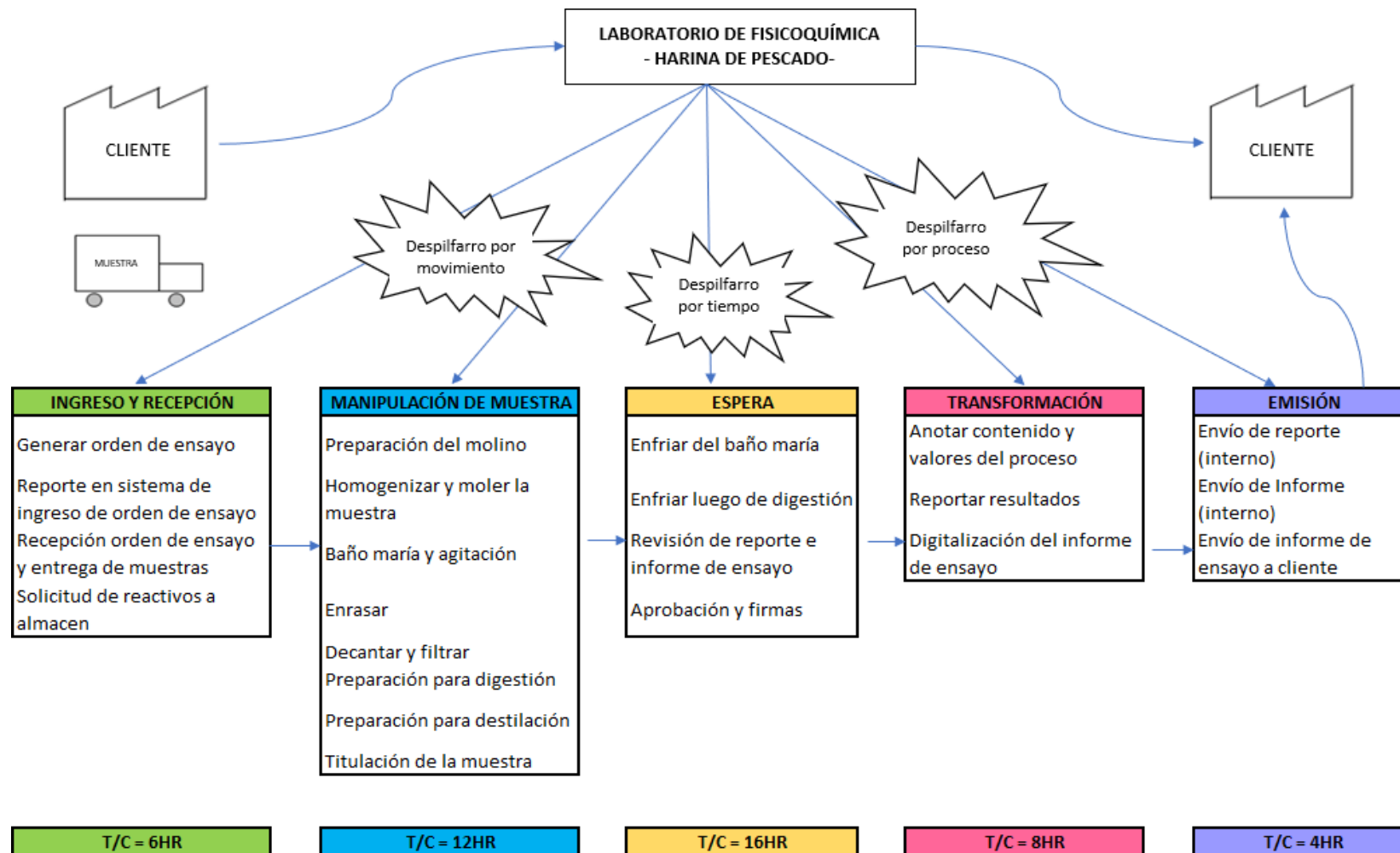


Figura 12: Mapa de cadena de valor actual (VSM actual)

4.3. ANÁLISIS DEL MAPA DE CADENA DE VALOR ACTUAL Y PROPUESTA DE HERRAMIENTAS LEAN

A continuación, se exponen las propuestas para mejorar las actividades del proceso de análisis de proteína soluble en harina de pescado.

- *Generar orden de ensayo*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso.

- *Reporte en sistema de ingreso de orden de ensayo*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso bajo las herramientas Lean.

- *Recepción orden de ensayo y entrega de muestras*

En este proceso, se observa despilfarro de tiempo y se ha determinado que esta actividad se realiza verificación códigos y dando pase una a una a las muestras, lo que da origen a un posible margen de error por cansancio o sobre esfuerzo visual. Para ello se propone la implementación en automatización de etiquetas, donde se generen codificaciones y puedan ser impresas con un código de barras o QR, que al escanearse muestren su trazabilidad y pueda generarse un listado de propuestas de analistas autorizados para el servicio, siendo seleccionable y se asigne en el momento., así como también se evita el realizar copias de las órdenes de ensayo, puesto que se tiene en línea la información que se requiere. Se estima que con estas propuestas el tiempo para este proceso puede disminuir hasta en 2 horas.

Así también, para evitar el conteo de un día por aquellas muestras que ingresan en horas de la tarde, debe de especificarse en el contrato del servicio los términos en cuanto al horario de recepción de muestras y limitarse a un rango de hora. De esta manera se puede hacer un conteo efectivo de días para la entrega del informe de ensayo.

- *Preparación del molino*

Para esta actividad se debe hacer un análisis de la capacidad operativa, para poder determinar si se pueden aceptar servicios que son “prioridad” y retrasen otros análisis, puesto que la diferencia de tiempo de salida del producto del molino difiere en casi 5 horas al tener solicitudes con prioridad.

- *Homogenizar y moler la muestra*

La rotulación manual de la muestra puede evitarse siempre que se tenga el sistema de generación de etiquetas automáticas.

- *Solicitud de reactivos a almacén*

Para la actividad de solicitud de reactivos al almacén y generar ésta por medio de un sistema, se propone tener un sistema de alerta diaria y en línea con el ingreso de muestras que se reportan desde el área de recepción de muestras. De esta manera, el analista no asignaría tiempo en ingresar el reporte de cada reactivo para análisis, puesto que al ser conocido el método que se solicita por el cliente, se conoce automáticamente cuáles y cuánto de reactivos se asignarán.

- *Baño maría y agitación de la muestra*

Al ser esta actividad continua, no es posible minimizar el tiempo que toma, sin embargo, se proponen mejoras para tener un mejor control y seguimiento de las muestras. Para la rotulación de las muestras, se ha presentado el caso donde las codificaciones de las mismas se volvieron ilegibles debido a que el vapor del baño maría disolvió la tinta del marcador, lo que ocasionó la repetición del análisis generando un despilfarro por defecto, por lo que se sugiere el uso de etiquetas pre digitalizadas, que únicamente se peguen a la muestra y una vez finalizado se retiren del matraz.

Existen diferentes análisis que se realizan en el mismo ambiente del laboratorio, para muchos de ellos se usan las alarmas mediante el timer, por lo que al momento de sonar uno se confunde con algún otro que esté activo. Para esta situación se sugiere el uso de un timer personal, donde se busca que cada analista tenga un timer de bolsillo o el celular que vibre y/o suene sin dar lugar a confundirse con otros.

- *Enfriar del baño maría*

Cabe detallar que la mesa de trabajo no se encuentra dividida ni señalizada o segmentada para trabajar por método (humedad, ceniza, arena, cloruros, etc.) lo que genera desorden en la mesa y posible margen de error al confundirse los reactivos, materiales, etc., así como también, el uso de espacios por materiales que no se guardan o que no tienen un lugar asignado, lo que ocasiona que algunos analistas deban trasladarse a otros ambientes para trabajar por falta de espacio, desencadenando en un despilfarro por traslado.

Debido al desorden que se puede generar en las mesas de trabajo, se recomienda el uso de la metodología 5S, para un mejor orden y asignación de espacios, tanto para materiales, equipos y trabajadores. Con ello, disminuiría en gran medida los movimientos o traslados innecesarios que consumen tiempo, un espacio organizado donde no se dé lugar a errores por uso de materiales equivocados, generando así la reducción del lead time.

- *Decantar y filtrar*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso.

- *Preparación para digestión – etapa de digestión*

Para esta etapa, se ha presentado en muchas ocasiones diferentes resultados de proteína soluble entre las muestras, debido a posibles distracciones al momento del pesado, o, también, al uso de pipetas no adecuadas para la toma de la alícuota, lo que deriva a un reproceso y se considera un despilfarro por proceso.

Para esta actividad, es necesario la concentración y enfoque del analista por lo que se considera de suma importancia un espacio donde se haya aplicado previamente la metodología 5S, así como también tener en cuenta el pilar 4 de la metodología TPM, donde se espera que el analista se encuentre capacitado para la ejecución del análisis.

- *Enfriar luego de la digestión – etapa de destilación*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso.

- *Etapa de titulación*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso.

- *Anotar contenido y valores del proceso*

No se tienen mejoras propuestas para este proceso, en base al uso de herramientas Lean expuestas.

- *Aprobación y emisión de reporte e informe*

Esta actividad retrasa en gran porcentaje la entrega del informe, puesto que la firma requerida es de una sola persona autorizada, la cual recibe diariamente gran cantidad de informes y reportes para revisar y firmar. Se sugiere asignar como mínimo dos personas más para realizar la actividad de revisión, aprobación y firma del reporte e informe.

También se propone, en caso sea factible, hacer una sola vez la revisión y verificación de resultados, evaluando directamente el informe de ensayo, puesto que al tener bien este informe se entiende que el reporte generado previamente fue correcto, por lo que no es necesario un doble proceso.

4.4. ELABORACIÓN DEL MAPA DE CADENA DE VALOR PILOTO (VSM DESEADO)

Tras la detección de actividades que no agregan valor al proceso y enfocándonos en las principales causas que generan el retraso en la entrega de informes de ensayo (Figura 11), se presenta idealmente en la Figura 13 el Mapa de cadena de valor piloto (VSM deseado).

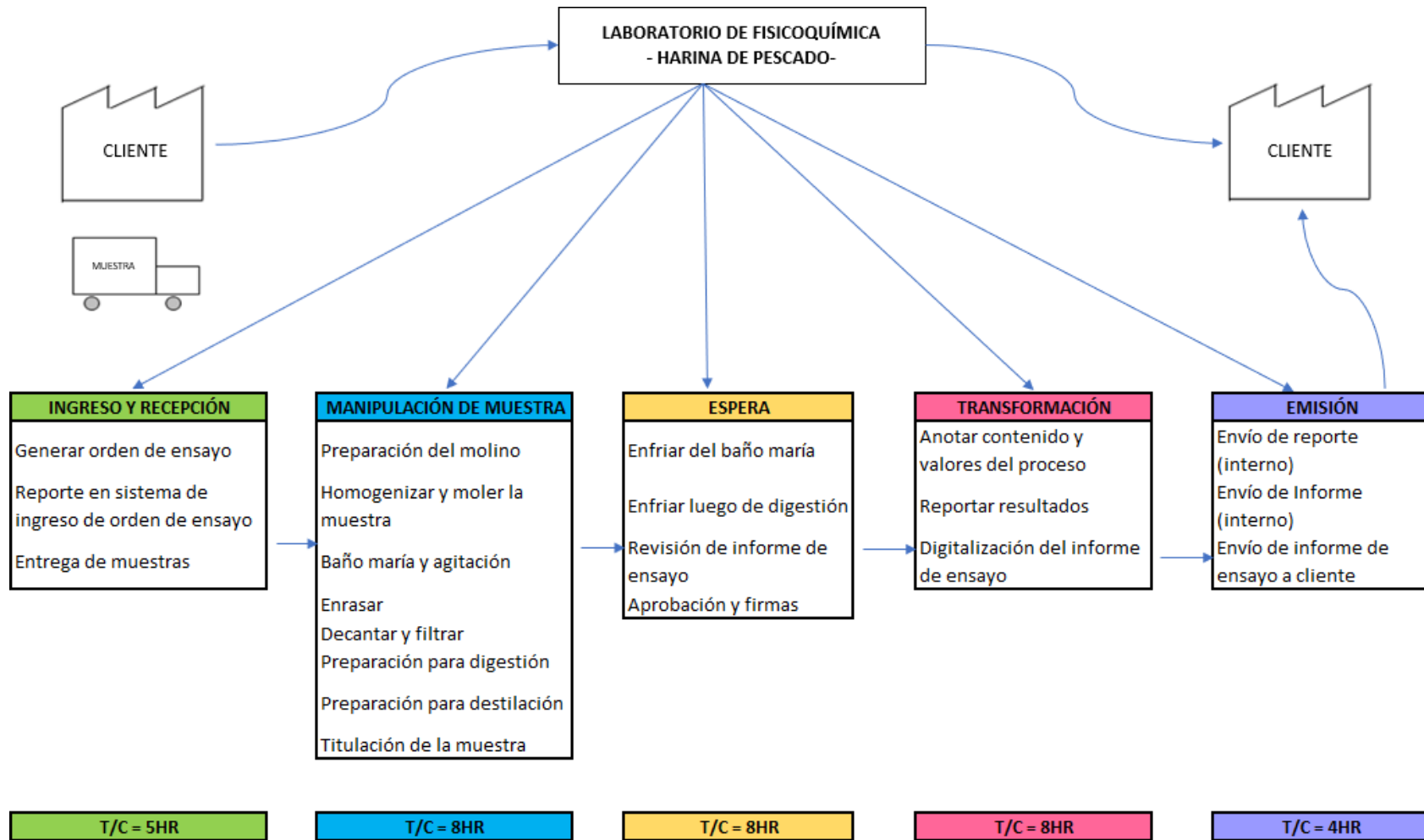


Figura 13: Mapa de cadena de valor piloto (VSM deseado)

4.5. DISCUSIÓN

Al tener las posibles mejoras a implementar por actividad, se presentan las siguientes discusiones.

Para las actividades de alistamiento y preparación, que corresponden a gran parte del proceso, se puede considerar lo que recomienda Rivera (2013), analizar con mayor detalle las actividades que representan tareas internas y en su mayoría ser transformadas a tareas externas, lo que permitirá reducir el tiempo de preparación y por ende aumentar la satisfacción del cliente por entrega del servicio en el tiempo esperado.

El mantenimiento preventivo es clave para el proceso continuo de los diferentes análisis, tal como lo exponen Hernández y Vizán (2013), se conoce que la empresa realiza lo que es el mantenimiento preventivo de los equipos, así como también las calibraciones de los mismos, es por ello que no se expone como una causante en la demora de los informes de ensayo. Sin embargo, se conoce que en el laboratorio muchos de los materiales en uso son frágiles por lo que la pérdida de materiales, en su mayoría de vidrio, que suelen romperse o quebrarse no son declarados como pérdida, lo que ocasiona que el inventario de los materiales y la capacidad operativa para los servicios confirmados no sean correctos, desembocando en el retraso de actividades por falta de instrumentos/materiales.

Para el manejo de actividades en laboratorio, es clave tener presente el pilar 8 de la metodología de TPM, tal como lo exponen Álvarez y Paucar (2014). Este pilar contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de todo el personal que esté involucrado en las actividades, así como también el prevenir la contaminación del medio ambiente. Debido a la carga de trabajo y a las actividades continuas en toda la jornada laboral, se dificulta tener controles que no sean detectables de manera rápida y óptima, por lo que es necesario tener controles que sean preferentemente automatizados y altamente visuales, por ejemplo, el uso de colores.

Como lo menciona Mallma (2020), se puede implantar de forma independiente o conjunta diferentes técnicas Lean, que dependerá de cada caso, sin embargo, considero que antes de implementar cualquier técnica es necesario iniciar con la metodología de las 5S, de esta manera tener un panorama claro e ir eliminando actividades que no aporten al proceso.

Si bien este estudio se ha centrado en el análisis de proteína soluble en el producto de harina de pescado, es totalmente replicable las mejoras para cualquier tipo de análisis a cualquier tipo de producto enlistado y detallado en el ítem 3.1.2.

Respecto a la cultura organizacional, se puede afirmar que la aplicación de la metodología Lean incluye al trabajador y su éxito depende mucho del grado de compromiso de cada miembro de la organización, lo cual puede repercutir en una cultura organizacional favorable.

En general, la aplicación de las herramientas Lean tienen un impacto positivo en el rendimiento de un laboratorio de análisis, tales como la reducción del tiempo de resultados de análisis, satisfacción del cliente, reducción de costos, que son los aspectos más valorados dentro de un laboratorio.

Finalmente, el proyecto presentado hace un contraste claro de la disminución del tiempo que puede existir al implementarse las distintas herramientas Lean, siempre que sean aplicadas de acuerdo a la situación o actividad, no siempre una herramienta será la mejor, por ello es necesario hacer un análisis a profundidad de las actividades tomando en cuenta las entradas y salidas.

V. CONCLUSIONES

Recopilando los valores obtenidos en la medición del indicador “% de informes entregados fuera de tiempo”, se obtiene que desde el año 2019 no se registra el cumplimiento de la meta de 8%, estando todas por encima de 12%.

Al conocer los indicadores del proceso, se tiene una clara necesidad de implementar mejoras, por ello, para el análisis fisicoquímico de la harina de pescado, se propone para la mayoría de las actividades posibles mejoras para reducir el tiempo de entrega, con la finalidad de aumentar la satisfacción del cliente, así como también disminución de recursos y costos.

Las propuestas de mejora expuestas, en su mayoría son de bajo costo de implementación y brindan un mayor beneficio respecto al monto invertido. Según lo propuesto se espera disminuir el lead time en por lo menos 1 día, de esta manera tener la optimización de los tiempos en la gestión del proceso de entrega de informes de ensayo. De igual manera, al tener mejores tiempos de entrega, se espera generar el aumento en la satisfacción del cliente final, así como también una mayor organización por parte de los colaboradores que involucren procesos dentro del laboratorio de fisicoquímica. Esto nos lleva a concluir que aparte de la reducción de costos y desperdicios para la organización, también los clientes están beneficiados con la aplicación de la metodología Lean.

Haciendo comparación entre el VSM actual y el VSM propuesto, destaca la disminución de actividades y de tiempo para cada proceso, así como también la eliminación de despilfarros detectados: despilfarro por movimiento, por tiempo y por proceso. Para las etapas de “espera” es donde se tiene la mayor disminución de tiempo.

VI. RECOMENDACIONES

Si bien para cada actividad se tienen propuestas de mejora con metodologías diferentes, se sugiere realizar un análisis a profundidad para identificar aquellas tareas internas que puedan transformarse en tareas externas, de esta manera aumentar la eficiencia de las actividades y procesos, reduciendo costos y tiempo invertido.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M. y Paucar, P. (2014). Desarrollo e implementación de la metodología de mejora continua en una MYPE metalmecánica para mejorar la productividad. Consultado 13 jun. 2022.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/337910>

Carbajal, M. y Ramos, L. (2018). Aplicación de la técnica Value Stream Mapping (VSM) en el proceso de producción de café soluble en planta Cafetera S.A. Consultado 8 abr. 2022

<http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4363?locale-attribute=en>

Carnero, P. (2018). Propuesta de implementación del Value Stream Mapping (VSM) para mejorar la productividad, empresa INDUGA FELIX E.I.R.L – Huánuco. Consultado 8 abr. 2022. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3913>

García, M. y Amador, A. (2019). Cómo aplicar Value Stream Mapping (VSM). Consultado 12 jun. 2022. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/06/3C-TECNO-ED.-30_VOL.-8_N%C2%BA-2_art-4-1.pdf

Harrington, J. (1993). Mejoramiento de los procesos de la empresa. Consultado 19 feb. 2022. https://www.academia.edu/11065235/mejoramiento_de_los_procesos_de_la_empresa_h_James_harrington

Hernández, A. y Vizán, M. (2013). Aplicación de principios de mantenimiento productivo total (TPM) en ROTOPLAST S.A.

ISO/TC 176 (2008). Sistema de gestión de calidad – Requisitos. Consultado 19 feb. 2022. <https://www.iso.org/obp>

Maldonado, G. (2008). Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en Sistemas de Producción y Calidad. Consultado 4 may. 2022. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/226>

Mallma, J. (2020). Aplicación de Lean Manufacturing en laboratorios para reducir el tiempo de entrega de resultados de los análisis. Consultado 4 may. 2022. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18052>

Perpiñán, A. (2018). Optimización de una planta de producción. Consultado 16 mar. 2022.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/181438>

Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad (2.a ed.).
Consultado 7 may. 2022.
https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesidad

Rivera, L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. Consultado 16 jun. 2022.
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/6139>

Serrano, L. (2012). Una revisión a los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. Consultado 17 feb. 2022.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592312700037>

Villaseñor, A. y Galindo, E. (2007). Conceptos y reglas de Lean Manufacturing.

Zairi, M. (1991). Total quality management for engineers.