

2021

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

LOPEZ EZCURRA, LEANDRO – RABINI, SANTIAGO
TRABAJO FINAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIA | UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA
MAR DEL PLATA



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar
documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y
Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto
de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo
con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad
entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

2021

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

LOPEZ EZCURRA, LEANDRO – RABINI, SANTIAGO
TRABAJO FINAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIA | UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA
MAR DEL PLATA



Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

López Ezcurra, Leandro Nicolás

Rabini, Santiago Julián

Evaluadores:

Mg. Ing. Company, Sergio Alejandro

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Ing. Schualle, Marcos Germán

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Director:

Dr. Ing. Onaine, Adolfo Eduardo

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Codirector:

Ing. Boloquy, Ignacio Daniel.

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos están dirigidos principalmente a nuestras familias por habernos criado, educado y acompañado durante todas las etapas de la vida con el mayor esfuerzo y amor, ya que nada de esto hubiera sido posible sin su apoyo.

También a nuestros amigos, que facilitaron nuestro transcurso en la Facultad, haciéndola un lugar más cálido.

Queremos agradecer a los directores de este trabajo, el Dr. Ing. Adolfo Onaine y el Ing. Ignacio Boloquy por su dedicación y colaboración en el desarrollo de nuestro trabajo final de carrera. También agradecemos a Laboratorios Pharmamerican por haber confiado en nosotros y brindarnos todo su apoyo en la realización de esta tesis, además de habernos permitido utilizar sus marcas registradas y proveernos con la información necesaria para llevarla a cabo. Particularmente dentro de la empresa agradecemos al Lic. Andrés Cunsolo por brindarnos la mayor de las atenciones en cada una de nuestras inquietudes.

Por último, a todos los docentes que aportaron su conocimiento para colaborar a nuestra formación como profesionales.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES	viii
ÍNDICE DE GRAFICOS	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	viii
TABLA DE SIGLAS	ix
RESUMEN	x
PALABRAS CLAVES	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Conceptos claves de un proceso	3
2.1.1. Productividad y eficiencia	3
2.1.2. Cuello de botella	5
2.2. Estudio de procesos	6
2.2.1. Diagrama de flujo	6
2.2.2. Diagrama SIPOC	7
2.3. Estudio del trabajo	8
2.3.1. Estudio de métodos	8
2.3.1.1. Cursograma analítico	10
2.3.1.2. Diagrama de recorrido	11
2.3.1.3. Diagrama bimanual	12
2.3.2. Medición del trabajo	13
2.3.2.1. Estudio de tiempos	14
2.4. Seguridad e higiene del operario	16
2.4.1. Ergonomía del trabajo	16
2.4.1.1. Método OWAS	17
2.5. Gestión de la calidad	18
2.5.1. Herramientas de la calidad	18
2.5.1.1. Hoja de verificación	18
2.5.1.2. Diagrama de Pareto	19
2.5.1.3. Diagrama de Ishikawa	20
2.5.2. Información documentada	21

2.5.2.1. Procedimiento	22
2.5.2.2. Instructivo de trabajo	22
2.5.2.3. Registro	22
2.6. Costos	23
2.7. Distribución Normal	24
2.8. Indicadores y Tablero de Control Operativo	26
3. DESARROLLO	28
3.1. La empresa	28
3.2. Diagnóstico de la situación actual	29
3.2.1. Estudio del proceso	29
3.2.1.1. Descripción del proceso	30
3.2.1.2. Diagrama de flujo	37
3.2.1.3. Problemas en el proceso productivo	38
3.2.2. Estudio del trabajo	39
3.2.2.1. Estudio de métodos	39
3.2.2.1.1. Diagrama de Recorrido	39
3.2.2.1.2. Cursograma Analítico	40
3.2.2.1.3. Diagrama Bimanual	41
3.2.2.2. Medición del trabajo	42
3.2.2.2.1. Estudio de tiempos	42
3.2.3. Parámetros de la línea	44
3.2.4. Costos	45
3.3. Análisis crítico	47
3.3.1. Operación de dosificado	47
3.3.2. Distribución en planta del proceso y Ergonomía	48
3.3.3. Análisis de los problemas de la línea	50
3.3.4. Información documentada	54
3.3.5. Costos	54
3.4. Propuestas de mejora	55
3.4.1. Distribución en planta del proceso y ergonomía	55
3.4.2. Modificación de la metodología	56
3.4.3. Información documentada	58
3.5. Análisis de mejora	59
3.5.1. Diagrama bimanual para el nuevo dosificado	59
3.5.2. Ergonomía	61
3.5.3. Estudio de tiempos	61

3.5.3.1. Alternativas de distribución de los operarios	63
3.5.3.2. Comparación de alternativas	65
3.5.3.2.1. Parámetros	65
3.5.3.2.2. Costos	66
3.5.3.3. Selección de alternativa	67
3.6. Propuesta	67
3.6.1. Mejora en el proceso	67
3.6.2. Seguimiento del proceso	69
3.6.2.1. Indicadores	69
3.6.2.1.1. Eficiencia General de los Equipos	69
3.6.2.1.2. Rendimiento de MP	70
3.6.2.1.3. Rendimiento de frascos vacíos	70
3.6.2.2. Tablero de Control Operativo	71
4. CONCLUSIONES	72
5. BIBLIOGRAFIA	74
6. ANEXO	75
Anexo I: Res. 295/2003 (anexo I)	75
Anexo II: Información documentada	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Balanceo de línea genérico.....	3
Tabla 2: Ejemplo de hoja de verificación.....	19
Tabla 3: Costos variables y fijos.....	23
Tabla 4: Hoja de verificación.....	38
Tabla 5: Hoja de verificación.....	38
Tabla 6: Referencia de símbolos diagrama de recorrido.....	40
Tabla 7: Suplementos del tiempo básico.....	43
Tabla 8: Estudio de tiempos de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo....	44
Tabla 9: Tiempos tipo de las tareas.....	44
Tabla 10: Balanceo de línea.....	45
Tabla 11: Consumos de potencia por máquina.....	46
Tabla 12: Costos variables unitarios del proceso.....	47
Tabla 13: Comparación de costos de las tapas actual y propuesta.....	57
Tabla 14: Comparación de los resultados del diagrama bimanual.....	60
Tabla 15: Estudios de tiempos de la propuesta de mejora.....	62
Tabla 16: Tiempos tipo de las tareas.....	62
Tabla 17: Balanceo de línea con la aplicación de las mejoras.....	63
Tabla 18: Balanceo de línea de la Alternativa 2.....	64
Tabla 19: Balanceo de línea de la Alternativa 3.....	65
Tabla 20: Comparación de las diferentes distribuciones de operarios.....	65

Tabla 21: Tabla comparativa de costos variables..... 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación del indicador OEE.	5
Figura 2: Símbolos para realizar diagrama de flujo.	7
Figura 3: Modelo genérico de diagrama de flujo de funciones cruzadas.	7
Figura 4: Diagrama SIPOC.	8
Figura 5: Etapas del Estudio de Métodos.	9
Figura 6: Simbología para los diagramas del Estudio de Métodos.	10
Figura 7: Ejemplo de Cursograma Analítico.	11
Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido.	12
Figura 9: Ejemplo de Diagrama Bimanual.	13
Figura 10: Etapas de la Medición del Trabajo.	14
Figura 11: Técnicas para la Medición del Trabajo.	14
Figura 12: Conformación del tiempo tipo.	15
Figura 13: Códigos para el registro de las posturas y de la carga o fuerza realizada.	17
Figura 14: Hoja para la evaluación de las posturas adoptadas.	18
Figura 15: Ejemplo de diagrama de Pareto.	20
Figura 16: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.	21
Figura 17: La curva normal.	24
Figura 18: Curvas normales con $\mu_1 < \mu_2$ y $\sigma_1 < \sigma_2$	25
Figura 19: $P(x_1 < X < x_2) =$ área de la región sombreada.	26
Figura 20: Ejemplo de Tablero de Comando.	27
Figura 21: Organigrama de Laboratorios Pharmamerican.	29
Figura 22: Diagrama de flujo de funciones cruzadas.	30
Figura 23: Diagrama SIPOC.	31
Figura 24: Diagrama de flujo.	37
Figura 25: Diagrama de recorrido del proceso.	39
Figura 26: Cursograma Analítico.	41
Figura 27: Diagrama bimanual.	42
Figura 28: Posturas adoptadas por los operarios – Método OWAS.	49
Figura 29: Diagrama de Ishikawa de los frascos vacíos fuera de rango.	51
Figura 30: Diagrama de Ishikawa de sellado defectuoso.	53
Figura 31: Distribución en planta del proceso propuesta.	55
Figura 32: Registro de frascos dañados.	59
Figura 33: Registro de la OEE.	59
Figura 34: Diagrama bimanual de la tarea de dosificado de la propuesta de mejora.	60
Figura 35: Método OWAS propuesto.	61
Figura 36: Distribución de operarios en la sala.	67
Figura 37: Diagrama de flujo del proceso propuesto.	68
Figura 38: Hoja de cálculo de Excel para registrar los datos de la línea.	69
Figura 39: Tabla dinámica de la OEE.	70
Figura 40: Tablero de control operativo.	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	3
Ecuación 2	4
Ecuación 3	4
Ecuación 4	25
Ecuación 5	70
Ecuación 6	71

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Diagrama de Pareto de los problemas de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	50
Gráfico 2: Histograma del peso de los frascos vacíos	53

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Granel de vitamina en polvo.....	31
Imagen 2: Tolva.	32
Imagen 3: Frascos vacíos dañados.....	32
Imagen 4: Máquina dosificadora.	33
Imagen 5: Cucharón de plástico oval de 25 ml.....	33
Imagen 6: Máquina detectora de metales.	34
Imagen 7: Tapa con sealing.	34
Imagen 8: Máquina etiquetadora.....	35
Imagen 9: Selladora de inducción magnética.....	35
Imagen 10: Acumulador de frascos.....	36
Imagen 11: Producto envasado, etiquetado y codificado	36
Imagen 12: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	86
Imagen 13: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	87
Imagen 14: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	88
Imagen 15: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	89
Imagen 16: Instructivo de dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	90
Imagen 17: Instructivo del dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	91
Imagen 18: Instructivo de dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.	92
Imagen 19: Instructivo de la línea corrección manual del dosificado de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.....	93
Imagen 20: Instructivo de la línea corrección manual del dosificado de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.....	94
Imagen 21: Registro de la orden de producción de la línea de envasado y etiquetado de la vitamina en polvo.	95

TABLA DE SIGLAS

OWAS: de sus siglas en inglés significa Sistema de Análisis de Posturas en el Trabajo Ovako.

WIP: de sus siglas en inglés significa Trabajo en Proceso.

ISO: de sus siglas en inglés significa Organización Internacional de Normalización.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

ASME: de sus siglas en inglés significa Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

OP: Orden de Producción.

Fd: Factor de disponibilidad.

Fr: Factor de rendimiento.

Fc: Factor de calidad.

CVu: Costo Variable unitario.

TC: Tiempo de Ciclo.

Cap: Capacidad de producción.

HH: hora-hombre.

CFu: Costo Fijo unitario.

PLC: Controlador lógico programable.

CAP: Capacidad de Producción.

TC: Tiempo de Ciclo.

V: Factor de valoración.

TB: Tiempo Básico.

TO: Tiempo Observado.

TT: Tiempo Tipo.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla alrededor de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo de la empresa Laboratorios Pharmamerican, localizada en el Parque Industrial Gral. Savio de la ciudad de Mar del Plata. Al ser una nueva línea dentro de la empresa, promovida a partir del constante crecimiento del mercado de vitamina, presenta diferentes deficiencias a lo largo del proceso. Partiendo de esta base, se establece como objetivo principal identificar dichos problemas y proponer soluciones que colaboren a mejorar el rendimiento general de la línea. Por lo tanto, se decide realizar un análisis completo de la situación actual, incluyendo un estudio integral del proceso, estudio del trabajo (estudio de métodos y medición del trabajo), análisis de la ergonomía de los operarios, identificación del cuello de botella y los parámetros de la línea, y un estudio de costos. A partir de esto, se identifican los problemas que afectan a la línea, tales como métodos ineficientes, demoras, tareas innecesarias, falta de información documentada, entre otros. Para lograr realizar este trabajo, se utilizan herramientas de distintas áreas de la Ingeniería Industrial, entre las cuales se pueden destacar el diagrama de flujo, el cursograma analítico, diagrama de recorrido, estudio de tiempos, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa y método OWAS. A partir del análisis realizado, se efectúan propuestas de mejora y se evalúan sus efectos sobre los parámetros de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo. Para finalizar, se implementan indicadores para realizar un seguimiento periódico de la línea y un tablero de control para facilitar la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVES

Línea de producción, envasado, productividad, cuello de botella, eficiencia.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa objeto del trabajo es Laboratorios Pharmamerican, fundada en 1994, la cual ha logrado un posicionamiento consolidado en el mercado local y regional. La compañía se especializa en el desarrollo y la fabricación de productos para el cuidado de la salud. Entre ellos se pueden destacar los suplementos nutricionales, medicamentos herbarios e infusiones a base de hierbas y frutos, en saquitos.

En un contexto en el que la competencia entre empresas es cada vez mayor, se vuelve aún más desafiante para una compañía subsistir en el mercado, tanto local como internacional. En esta búsqueda por mejorar la competitividad, se hace necesario realizar las actividades a mínimo costo, lo que impulsa llevar a cabo los procesos de manera eficiente y con el menor desperdicio posible. Reducir las actividades innecesarias y las operaciones que no agregan valor al producto final va de la mano con la filosofía Kaizen y la mejora continua (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008).

La motivación para este proyecto surge de la realización de las Prácticas Profesionales Supervisadas en la empresa, y de haberse observado oportunidades de mejora a partir de la reciente incorporación de la línea de envasado y etiquetado para la vitamina en polvo. Es por esto que se acuerda con la gerencia la posibilidad de analizar con profundidad los procesos involucrados para definir propuestas de mejora a partir de la realización del trabajo final de carrera.

A partir de lo expresado, se plantea como objetivo general “analizar la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo y proponer mejoras que permitan realizar el proceso de una manera más eficiente y a un menor costo”.

Como objetivos específicos surgen:

- Realizar un estudio y medición de los diferentes procesos que componen la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.
- Identificar los problemas que surjan de la línea de envasado y etiquetado de vitamina. Analizar los problemas y determinar las causas de aquellos que generan mayores inconvenientes en el proceso.
- Analizar la ergonomía, seguridad y metodología de realización de las tareas de los operarios en sus puestos de trabajo en la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.
- Medir parámetros del funcionamiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo. Para ello se proponen como objetivos determinar la eficiencia del proceso y su cuello de botella, medir la productividad de la línea y calcular los costos directos del proceso.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

- Analizar la distribución de las máquinas en el recinto, la disposición de los insumos necesarios para el correcto funcionamiento del proceso y la distribución de los puestos de trabajo de los operarios.
- Realizar propuesta/s de mejora para la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo a partir del diagnóstico derivado de los objetivos anteriores.

Una vez fijado el objetivo del trabajo final, se procede a establecer su estructura a fin de alcanzarlo. En su primera parte (punto 2), el contenido del documento se dedica al Marco Teórico, es decir, a la introducción de los fundamentos teóricos que van a ser empleados para el desarrollo de los posteriores puntos.

En el punto 3 se presenta el Desarrollo, compuesto de la descripción de la empresa, un diagnóstico de la situación actual, análisis crítico y finalmente las propuestas de mejora.

Concluye el cuerpo del documento con el punto 4, reservado a las Conclusiones donde se presentan tanto las conclusiones particulares como las generales, en virtud de los diferentes aspectos tratados.

El cuerpo expositivo se complementa con el listado de las referencias utilizadas y un conjunto de anexos que desarrollan partes que, por su extensión o contenido, podrían dificultar el seguimiento lineal de la exposición, habiéndose segregado del cuerpo central a los capítulos correspondientes donde se les hace referencia.

2. MARCO TEÓRICO

Se desarrolla el marco teórico para dar respuesta al objetivo general en función de los objetivos específicos. En el mismo quedan explicados los conceptos teóricos que son utilizados a lo largo del trabajo.

2.1. Conceptos claves de un proceso

2.1.1. Productividad y eficiencia

De acuerdo a Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), la productividad total es “el valor de los productos (bienes y servicios), dividido entre el valor de los recursos (salarios, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos”, ver ecuación 1:

$$Productividad = \frac{Productos}{Insumos} \quad (1)$$

Además, se puede medir la productividad de manera parcial, es decir, tomando como insumo un solo recurso.

La productividad es un índice que por sí solo no revela demasiada información. Es por ello que se la compara con otros índices de productividad en la industria, o dentro de la misma organización periódicamente. Por otra parte, la eficiencia es un valor porcentual, relativo a una situación de producción ideal. Este parámetro mide el grado en el que el proceso optimiza la utilización de sus recursos.

Para medir la eficiencia de una línea es útil confeccionar una tabla, a la que se la denomina balanceo de línea, de acuerdo a Meyers y Stephens (2006). En la tabla 1 se muestra una versión reducida de un balanceo de línea, con las columnas más relevantes para el cálculo de eficiencia descritas por los autores.

Descripción de la Operación	Ciclo de Tiempo	Número de Estaciones	Ciclo de Tiempo Promedio	% de carga

Tabla 1: Balanceo de línea genérico.
Fuente: Elaboración propia en base a Meyers y Stephens (2006).

En la primera columna se detallan las operaciones que componen la línea de producción. En la segunda, va el ciclo de tiempo (tiempo estándar de la operación, o tiempo tipo). En la tercera se establece el número de estaciones que realizan cada operación, para luego en la cuarta colocar el ciclo de tiempo promedio, que es el cociente entre el ciclo de tiempo y el número de estaciones. En la última columna, por su parte, queda explicitado el porcentaje de carga, que dice qué tanta ocupación tiene cada estación en comparación con la más ocupada, es decir, aquella operación que tenga un mayor tiempo de ciclo promedio.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Una vez completo el balanceo de la línea, la eficiencia se podrá calcular fácilmente. Esta será el cociente entre la suma de los ciclos de tiempo, y el ciclo de tiempo promedio de la operación más lenta multiplicado por la cantidad de estaciones totales en la línea. Se puede observar dicho cálculo en la ecuación 2.

$$Eficiencia = \frac{\sum Ciclos\ de\ tiempo}{Max(CTP) \times \sum Número\ de\ Estaciones} \times 100\% \quad (2)$$

Siendo:

Max(CTP): ciclo de tiempo promedio cuya operación tiene 100% de carga.

Otra manera de medir la eficiencia de un proceso es a través del parámetro conocido como Eficiencia General de los Equipos (OEE, por sus siglas en inglés). Según Strano (2020), este indicador muestra el porcentaje de efectividad de una máquina¹ con respecto a su ideal equivalente. La diferencia está constituida por pérdidas de disponibilidad, de rendimiento y de calidad.

Un concepto importante para comprender este indicador de eficiencia es que una OEE del 100% (ideal) sería aquella situación en la que la línea trabaja de manera continua -100% del tiempo-, a plena capacidad -100% de la velocidad máxima- y con la totalidad de piezas de calidad -100% de piezas buenas-.

Por lo tanto, el indicador se calcula de la siguiente manera (ver ecuación 3):

$$OEE = (Fd * Fr * Fc) * 100\% \quad (3)$$

Siendo:

Fd: Factor de disponibilidad.

Fr: Factor de rendimiento.

Fc: Factor de calidad.

Para un mejor entendimiento de los factores que forman parte de la OEE, se puede ver la figura 1, que ilustra las distintas pérdidas previamente mencionadas, y los eventos que se tienen en cuenta en cada una de ellas.

¹ Aclaración: el módulo del INTI habla de OEE aplicada a las máquinas, pero es un concepto que se puede utilizar para una línea de producción (o proceso) en conjunto.

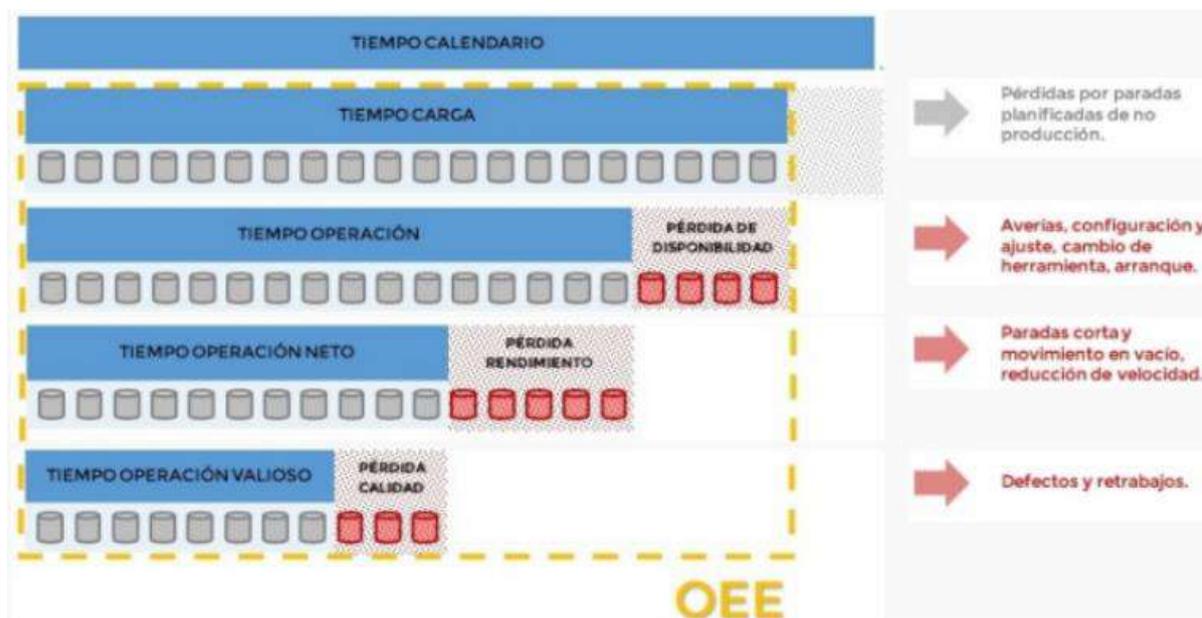


Figura 1: Representación del indicador OEE.
Fuente: Strano (2020).

La OEE acaba siendo, en pocas palabras, el cociente entre el tiempo de operación valioso (piezas buenas) y el tiempo de carga (piezas teóricas en el tiempo total del turno, sin incluir las pérdidas por paradas planificadas).

2.1.2. Cuello de botella

Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), se denomina cuello de botella (o recurso de restricción de capacidad) a “cualquier recurso cuya capacidad disponible limita la aptitud de la organización para satisfacer el volumen de productos, la mezcla de productos o la fluctuación de la demanda requerida por el mercado.” En otras palabras, son aquellas actividades que ralentizan el proceso de producción, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad. Uno de los problemas más frecuentes que ocurren en un proceso productivo es la presencia de inventarios en procesos (WIP por sus siglas en inglés Work in Process). Esto puede generar varios inconvenientes, entre ellos:

- Daño del material.
- Pérdida del material.
- Desorden.
- Accidentes laborales.
- Capital inmovilizado.

2.2. Estudio de procesos

2.2.1. Diagrama de flujo

Según Summers (2006), un diagrama de flujo “es una representación gráfica de todos los pasos involucrados en un proceso completo o en un segmento específico de un proceso. Al diagramar el flujo de un proceso o sistema se entiende mejor” (p. 214). La elaboración de diagramas de flujo es muy útil en las primeras etapas de la resolución de problemas porque los diagramas permiten, a quienes estudian el proceso, entender rápidamente lo que implica un proceso desde el principio hasta el final. Los diagramas de flujo de un proceso aclaran las rutinas que se realizan para dar servicio a los clientes. A través de un diagrama de flujo es fácil identificar las actividades de un proceso que causan problemas o que no agregan valor.

La construcción de un diagrama de flujo es bastante sencilla. Los pasos para elaborar estos diagramas son los siguientes:

1. Definir los límites del proceso. Para los fines del diagrama, determinar dónde empieza y termina el proceso.
2. Definir los pasos del proceso. Usar la técnica de lluvia de ideas para identificar los pasos de procesos nuevos. En el caso de los procesos existentes, observarlos en funcionamiento.
3. Clasificar los pasos en el orden en que ocurren en el proceso.
4. Colocar los pasos en los símbolos apropiados del diagrama de flujo y elaborar el diagrama.
5. Revisar que los pasos sean completos, sean eficientes y que estén libres de problemas como actividades que no agregan valor. (Summers, 2006)

Los diagramas de flujo se pueden elaborar con símbolos similares a los que se muestran en la figura 2.

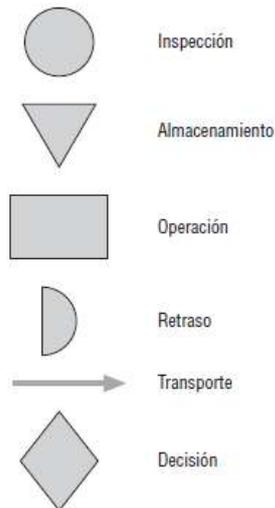


Figura 2: Símbolos para realizar diagrama de flujo.
Fuente: Summers (2006).

También se puede utilizar el diagrama de flujos cruzados que, a diferencia de los diagramas de flujos estándar, muestra las relaciones entre los procesos y su relación con las funciones o áreas de la organización. Dicho diagrama se muestra en la figura 3.

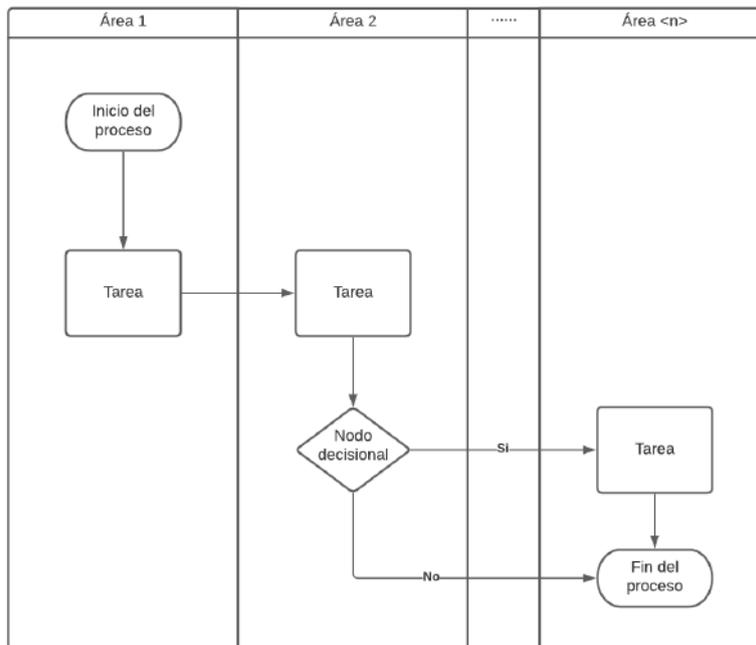


Figura 3: Modelo genérico de diagrama de flujo de funciones cruzadas.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Diagrama SIPOC

Proporciona el enfoque en los insumos y variables que pueden afectar el resultado del proceso:

- Proveedores de las entradas del proceso
- Entradas: materiales, recursos y datos requeridos por el proceso
- Proceso
- Salidas: productos o servicios resultantes del proceso
- Clientes: beneficiarios o clientes del proceso

Dicho diagrama (ver figura 4) se utiliza porque permite identificar qué entrada es necesaria para que se ejecute el proceso, quién las proporciona, quién es el verdadero cliente y qué necesita, cuál es el propósito y el alcance. Además, se pueden determinar las actividades del proceso que aportan valor para el cliente, por lo tanto, las actividades que no generen valor hay que eliminarlas.

También es muy importante su uso debido a que permite ilustrar un proceso complejo de forma simple, delimita las responsabilidades de cada proceso al definir el alcance. Se define el proceso, lo cual permite que sea más claro para el equipo, se identifican los requisitos y se determinan las mejores prácticas.

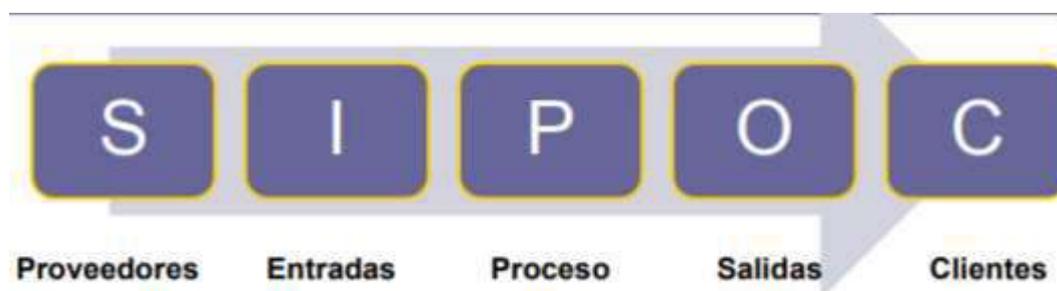


Figura 4: Diagrama SIPOC.
Fuente: Cátedra Gestión de la Calidad (2021).

2.3. Estudio del trabajo

El estudio del trabajo constituye el examen sistemático de los métodos utilizados para realizar las actividades de un proceso con el objeto de usar eficientemente los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se realizan.

2.3.1. Estudio de métodos

El estudio de métodos es, según Kanawaty (1996), “el registro y examen crítico (...) de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras” (p. 77). El enfoque básico de este estudio consiste en las siguientes ocho etapas (ver figura 5):

1 – SELECCIONAR	el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.
2 – REGISTRAR	por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
3 – EXAMINAR	de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.
4 – ESTABLECER	el método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.
5 – EVALUAR	las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.
6 – DEFINIR	el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir (dirección, capataces y trabajadores).
7 – IMPLANTAR	el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
8 – CONTROLAR	la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

Figura 5: Etapas del Estudio de Métodos.
Fuente: Kanawaty (1996).

En el libro se explica que, si bien estos son pasos utilizados regularmente, es probable que en la práctica las cosas no sucedan de esta manera. Podría suceder, por ejemplo, que al mensurar los resultados obtenidos con el nuevo método, se advierta que las ventajas no son significativas, y que por lo tanto no valga la pena implantarlo. En este caso, se debería recomenzar e idear una nueva propuesta.

La etapa de registro es fundamental, ya que ahí deben detallarse todos los hechos relativos al método actual. El éxito de todo el estudio depende del grado de exactitud con el que se releven los hechos, ya que serán la base para idear el método nuevo propuesto. Para ello, se utilizan distintos tipos de gráficos y diagramas para evitar la mayor cantidad de descuidos posibles, estandarizando el proceso de registro de hechos.

Muchos de los diagramas comúnmente empleados para el estudio de métodos utilizan la simbología mostrada en la figura 6:

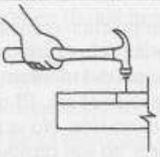
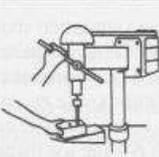
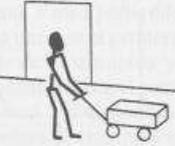
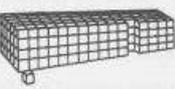
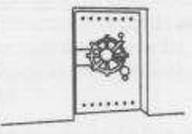
Actividad	Ejemplo		
OPERACION 	 Clavar	 Agujerear	 Mecanografiar
TRANSPORTE 	 Por carro	 Por aparejo	 A mano
INSPECCION 	 Control de cantidad y/o de calidad	 Lectura de indicador	 Lectura de un documento
ESPERA 	 Material en espera de ser procesado	 Trabajador en espera de ascensor	 Documentos en espera de clasificación
Almacena- miento 	 Almacenamiento a granel	 Depósito de productos terminados	 Archivo

Figura 6: Simbología para los diagramas del Estudio de Métodos.
 Fuente: Kanawaty (1996).

2.3.1.1. Cursograma analítico

El cursograma analítico es “un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda” (Kanawaty (1996), p. 91), y puede realizarse acerca de un operario, del material o del equipo.

A continuación, se muestra un ejemplo de un cursograma analítico (ver figura 7):

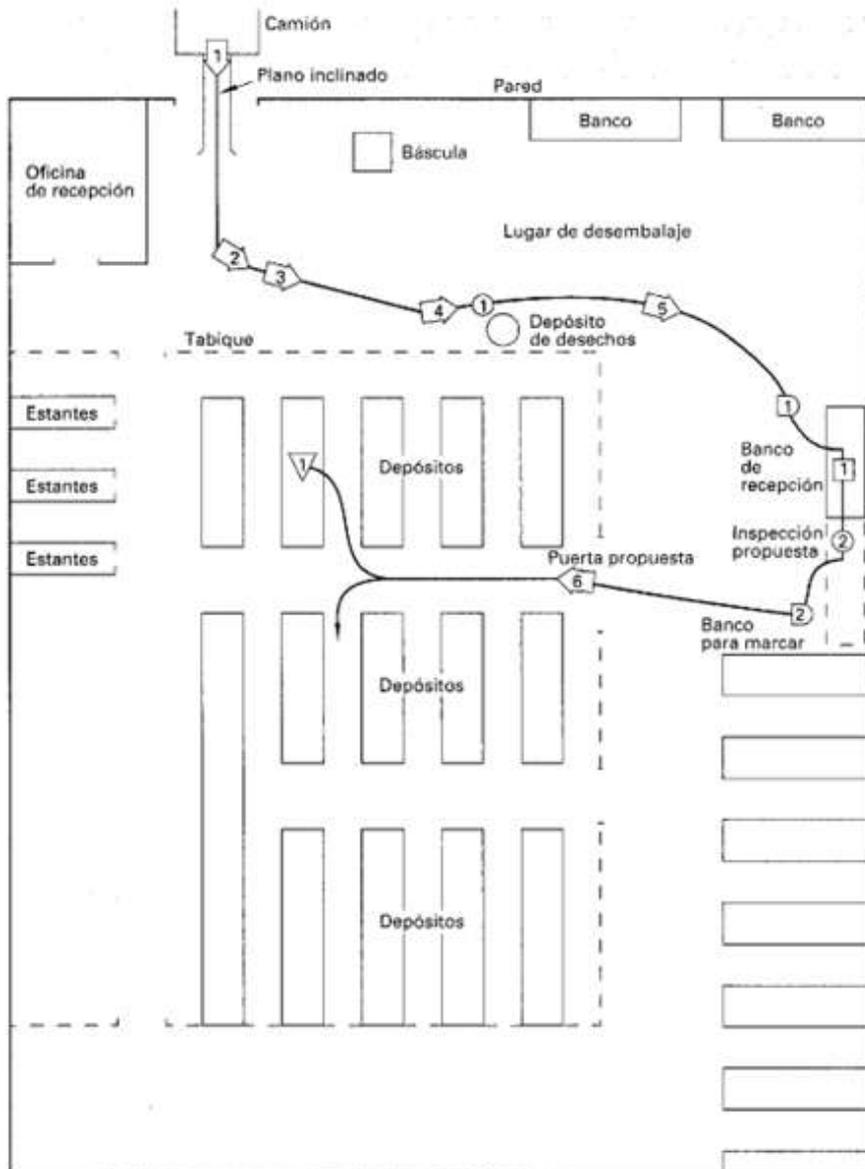


Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido.
Fuente: Kanawaty (1996).

2.3.1.3. Diagrama bimanual

De acuerdo a Kanawaty (1996), el diagrama bimanual es “un cursograma en que se consigna la actividad de las manos (o extremidades) del operario indicando la relación entre ellas” (p. 152).

En este diagrama se emplean los símbolos de operación, transporte, espera y sostenimiento (que reemplaza al almacenamiento, utilizando también un triángulo invertido). El símbolo de inspección casi no se emplea, ya que durante la inspección de un objeto los movimientos de la mano vienen a ser operaciones a los efectos del diagrama (sujetar, soltar, etc).

En la figura 9, se muestra un ejemplo de un diagrama bimanual:

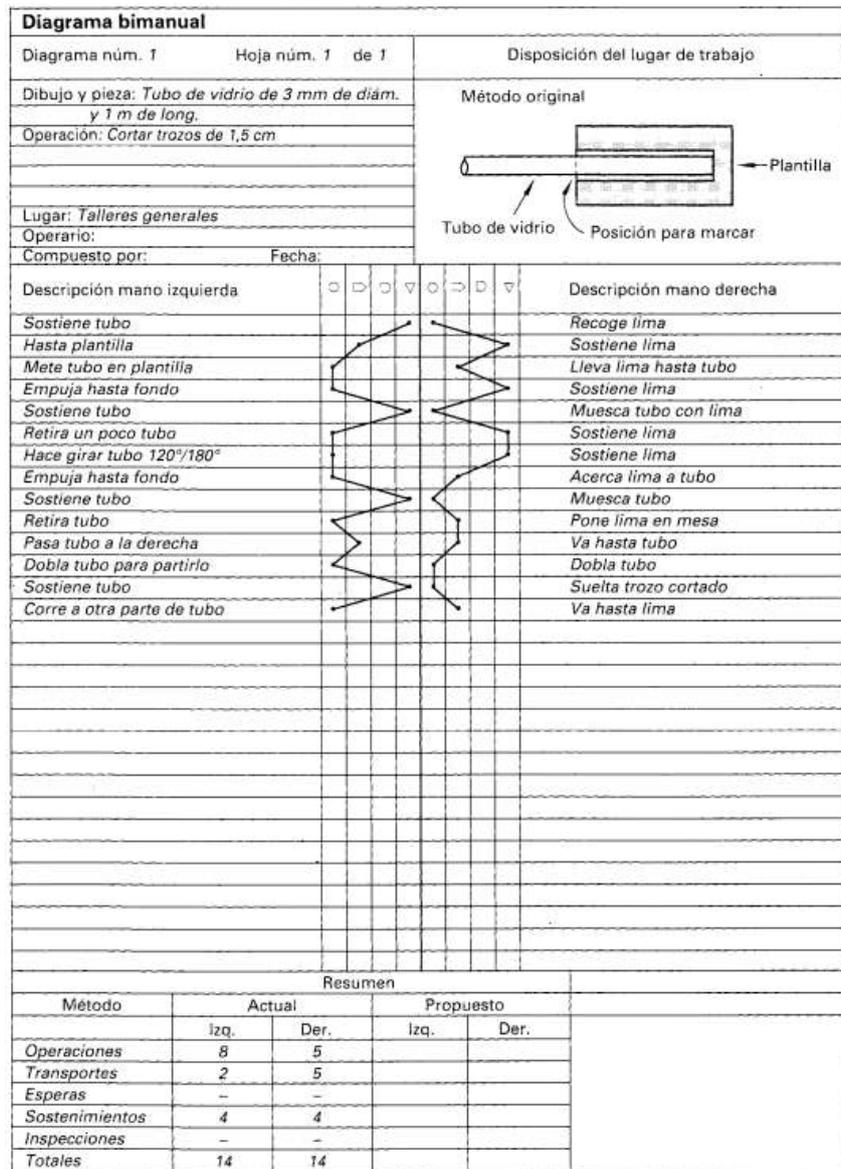


Figura 9: Ejemplo de Diagrama Bimanual.
Fuente: Kanawaty (1996).

2.3.2. Medición del trabajo

Según Kanawaty (1996), la medición del trabajo es: “la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida” (p. 251). Por lo tanto, permite a la dirección poder medir el tiempo que se invierte en ejecutar una operación o una serie de operaciones. De tal forma se puede discriminar el tiempo productivo del improductivo, siendo este último el tiempo durante el cual no se agrega valor al producto. En otras palabras, se utiliza para eliminar movimientos innecesarios del material o de los operarios y de esta manera mejorar los métodos empleados.

En la figura 10 se explicarán las etapas fundamentales de la medición del trabajo.

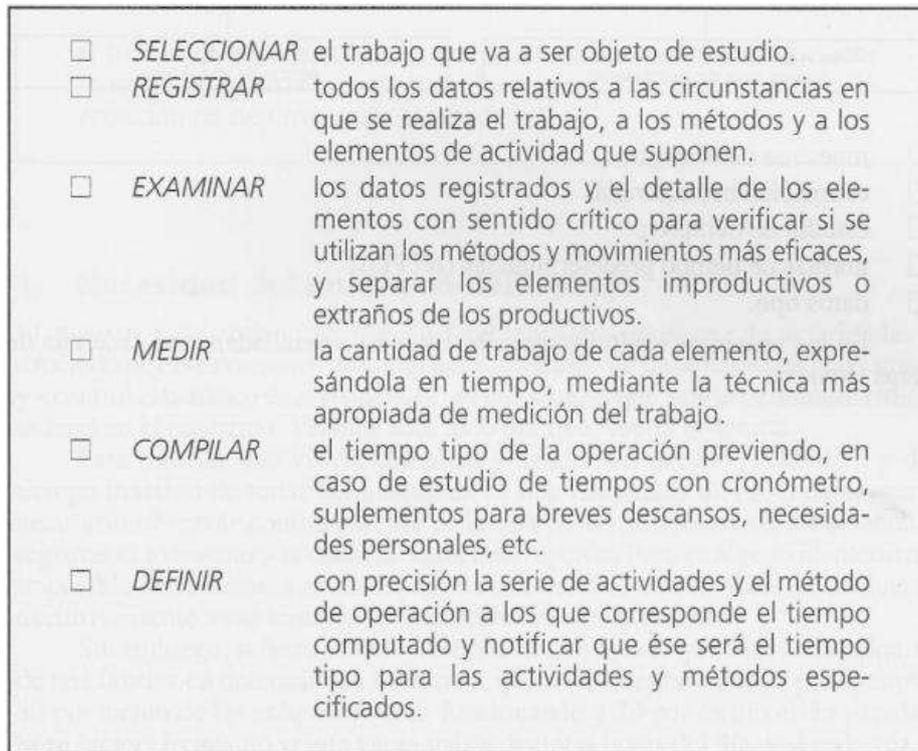


Figura 10: Etapas de la Medición del Trabajo.
Fuente: Kanawaty (1996).

En la figura 11 se pueden observar las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo.

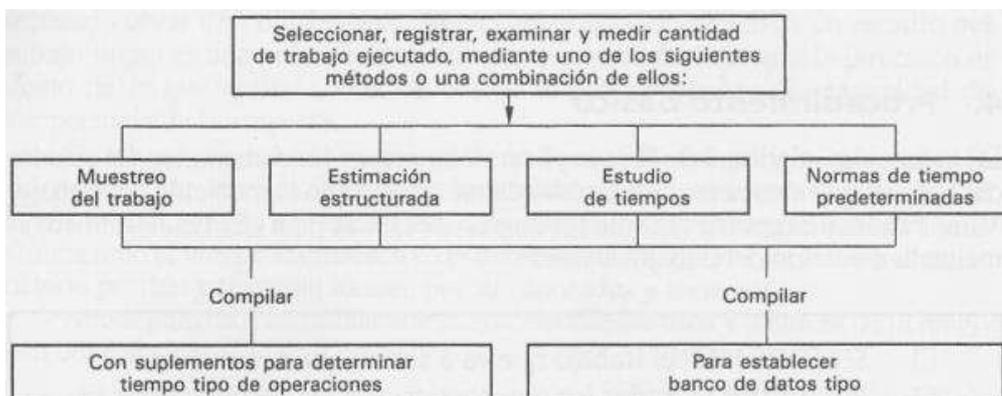


Figura 11: Técnicas para la Medición del Trabajo.
Fuente: Kanawaty (1996).

2.3.2.1. Estudio de tiempos

Este método en particular se utiliza para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo determinadas. En segundo lugar permite, a través del registro de los datos, estimar el tiempo requerido para efectuar una tarea según una norma de ejecución preestablecida.

Previo al estudio de tiempos, se debe realizar un estudio de métodos que asegure partir de un proceso óptimo, de lo contrario, el tiempo y ritmos de trabajo serían factibles de mejora.

Para implementar el estudio de tiempos es necesario reunir al personal y explicarle la razón del mismo para evitar generar un mal clima de trabajo. El operario seleccionado deberá trabajar a un ritmo normal y distendido mientras lo observan. Además, debe ser calificado, lo cual significa que tiene que tener la experiencia y los conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, calidad y cantidad.

En la figura 12 se puede observar cómo está conformado el tiempo tipo, que es el tiempo requerido para realizar una tarea u operación en una estación de manufactura. Para ello es necesario que se cumplan 3 condiciones:

- Que el operario sea calificado.
- Que el operario trabaje a ritmo “normal”.
- Que la tarea esté previamente definida.

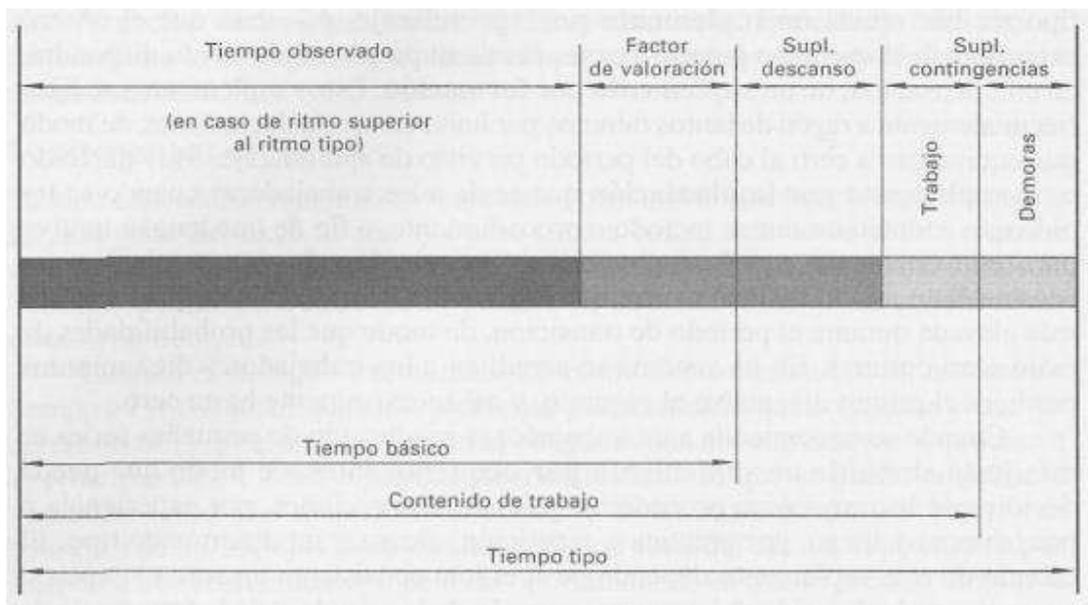


Figura 12: Conformación del tiempo tipo.
Fuente: Kanawaty (1996).

El tiempo tipo (TT) es la suma de las siguientes componentes:

- **Tiempo Básico (TB):** es el tiempo observado (TO) corregido por el factor de valoración (V). El factor de valoración tiene por fin determinar, a partir del

tiempo que invierte realmente el operario observado, cuál es el tiempo tipo que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base para la planificación, control y los sistemas de remuneración. Por ejemplo, si un operario desempeña una tarea en un minuto y el analista del estudio de los tiempos considera que su desempeño es alrededor de 10% más rápido del normal, el índice del desempeño de ese operario sería 1.1 o 110% del normal. De este modo, si el factor de valoración supera el 100% el tiempo normal aumenta, es decir que el promedio de todos los operarios será más lento.

- Suplementos por descanso: se compone por suplementos fijos y variables. Los fijos son por necesidades personales (oscila entre el 5% y el 7% del TB) y por fatiga básica (se suele fijar en 4% del TB). Los suplementos variables se añaden “cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas; por ejemplo, cuando las condiciones ambientales son malas y no se pueden mejorar, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea, etc.” (p. 339). En los suplementos por descanso también se incluyen las pausas para descansar estipuladas por la empresa.
- Suplementos por contingencias: pequeño margen que se incluye en el tiempo tipo por demoras no previstas.

2.4. Seguridad e higiene del operario

De acuerdo con los apuntes de la Cátedra de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (2021) la seguridad en el trabajo es “el conjunto de principios, leyes, criterios y normas formuladas cuyo objetivo es prevenir accidentes y controlar riesgos que pueden ocasionar daños a personas, equipos, materiales y al medio ambiente”.

La Ley Nacional que regula las condiciones de seguridad en el trabajo es la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley Nacional N° 19.587).

2.4.1. Ergonomía del trabajo

Según Meyers y Stephens (2006), la ergonomía es “la ciencia para impedir lesiones musculares y óseas en el lugar de trabajo. Es el estudio del diseño del sitio laboral y la integración de los trabajadores con su ambiente. Las consideraciones ergonómicas incluyen estatura, fuerza, alcance, visión, capacidad cardiovascular, cognición, capacidad de supervivencia y lesiones musculares y esqueléticas acumuladas por los empleados” (p. 203)

En el anexo I se presenta el anexo I de la Resolución 295/2003 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social que aprueba especificaciones técnicas sobre ergonomía y

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

levantamiento manual de cargas, y sobre radiaciones modificando el Decreto del Poder Ejecutivo N° 351/79 y dejando sin efecto la Resolución N° 444/91.

2.4.1.1. Método OWAS

En España, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2015) introduce esta herramienta de la siguiente manera:

“El método finlandés OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System) fue desarrollado entre 1974 y 1978 por la empresa Ovako Oy junto al Instituto Finlandés de Salud Laboral para la Industria Siderúrgica, y aplicado posteriormente a otras industrias y a Construcción. Inicialmente, el método se basaba en la observación y registro de las posturas adoptadas por los segmentos corporales: tronco, extremidades superiores e inferiores. En 1991 se publicó una versión informatizada del método que incluye el esfuerzo realizado o la carga manipulada” (p. 24).

El método consiste en registrar las posturas observadas, asignándole a cada postura del cuerpo un código compuesto por seis dígitos, tres que corresponden a las posturas del tronco, brazos y piernas, otro para la carga o fuerza a realizar y otros dos, complementarios, que corresponden al asignado a la fase de trabajo en la que se hizo la observación. Se registran como se muestra en la figura 13:

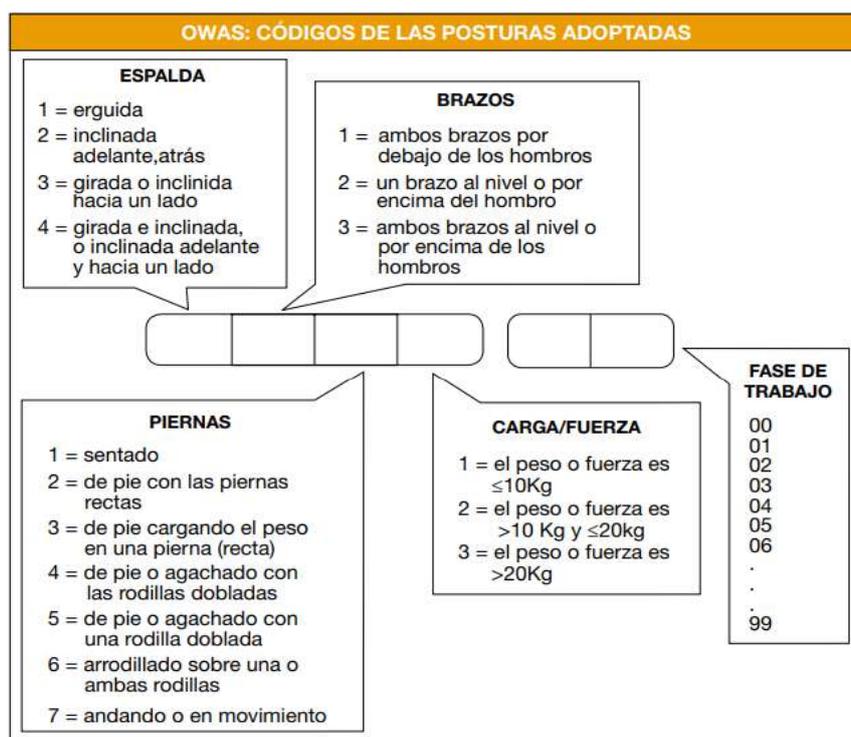


Figura 13: Códigos para el registro de las posturas y de la carga o fuerza realizada.

Fuente: INSHT (2015).

De acuerdo a la figura 14, se evaluarán las posturas adoptadas.

EVALUACIÓN DE LAS POSTURAS ADOPTADAS									
ESPALDA	BRAZO	1	2	3	4	5	6	7	PIERNAS
		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
1	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 2	
2	1	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	2 3 3	
	2	2 2 3	2 2 3	2 3 3	3 4 4	3 4 4	3 3 4	2 3 4	
	3	3 3 4	2 2 3	3 3 3	3 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
3	1	1 1 1	1 1 1	1 1 2	3 3 3	4 4 4	1 1 1	1 1 1	
	2	2 2 3	1 1 1	1 1 2	4 4 4	4 4 4	3 3 3	1 1 1	
	3	2 2 3	1 1 1	2 3 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	1 1 1	
4	1	2 3 3	2 2 3	2 2 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	2	3 3 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	3	4 4 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	

Figura 14: Hoja para la evaluación de las posturas adoptadas.

Fuente: INSHT (2015).

El valor final obtenido da como resultado la categoría de acción para cada una de las posturas registradas, que son las siguientes:

- Categoría de acción 1: No se requieren medidas correctoras.
- Categoría de acción 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano.
- Categoría de acción 3: Se requieren medidas correctoras tan pronto como sea posible.
- Categoría de acción 4: Se requieren medidas correctoras inmediatas.

2.5. Gestión de la calidad

2.5.1. Herramientas de la calidad

2.5.1.1. Hoja de verificación

Según Summers (2006), una hoja de verificación es “un recurso para registrar datos y en esencia se trata de una lista de categorías. Conforme ocurren eventos de esta categoría, se coloca una marca en la categoría correspondiente de la hoja de verificación” (p. 242).

En la tabla 2 se puede ver un ejemplo de una hoja de verificación:

Proyecto: Demoras en la admisión				Nombre: (De ser pertinente)				
Lugar: Sala de emergencias				Fecha:	Del 10/3 a 16/3			Turno: Mañana
Problemas	Fecha							Total
	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar	15-mar	16-mar	
Demoras del laboratorio	9	4	6	6	3	12	12	28
No disponibilidad de camas	2	7	2	4	5	8	3	20
Información de la paciente incompleta	7	3	1	2	2	4	5	15
Total	18	14	9	12	10	24	20	63

Tabla 2: Ejemplo de hoja de verificación.
Fuente: Elaboración propia en base a Summers (2006).

2.5.1.2. Diagrama de Pareto

Según Summers (2006), el diagrama de Pareto es “una herramienta gráfica para clasificar las causas de un problema desde la más significativa hasta la menos significativa” (p. 244). Esta herramienta establece que el 80 por ciento de las actividades (problemas y oportunidades) proviene del 20 por ciento de las causas. Por lo tanto, permite separar los problemas vitales de los muchos que son triviales.

Según Summers (2006), un diagrama de Pareto se elabora a partir de los siguientes pasos:

1. Seleccionar el objeto para el diagrama, por ejemplo, una línea de producto específica que presente problemas, o un departamento o un proceso.
2. Determinar qué datos necesitan recopilarse. Determinar si van a registrarse cifras, porcentajes o costos. Determinar cuáles no conformidades o defectos se van a registrar.
3. Recopilar los datos relacionados con el problema de calidad. Asegurarse de que se establezca el periodo durante el cual se recopilaran los datos.
4. Utilizar una hoja de verificación para recopilar datos. Registrar las veces que se presentan los eventos de cada categoría. Las categorías deben ser de los tipos de defectos o no conformidades.
5. Determinar el número total de no conformidades y calcular el porcentaje del total en cada categoría.

6. Seleccionar las escalas del diagrama. Por lo general, en la escala del eje y va el número de ocurrencias, el número de defectos, la pérdida monetaria por categoría o el porcentaje. Mientras tanto, en el eje x se muestran las categorías de no conformidades, defectos o elementos de interés. Un ejemplo de esto se presenta en la figura 15.
7. Dibujar un diagrama de Pareto organizando los datos de la categoría más grande a la más pequeña. Incluir en el diagrama toda la información relevante.
8. Analizar el diagrama o diagramas. Las barras más grandes representan los pocos problemas importantes. Si pareciera no haber uno o dos problemas mayores, revise las categorías para determinar si es necesario otro análisis.

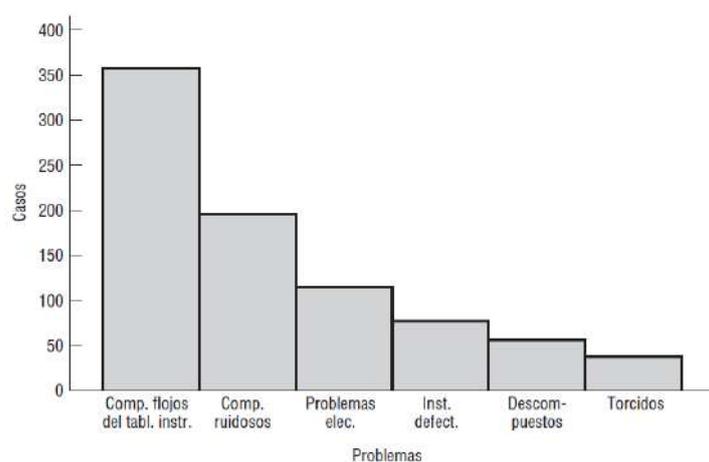


Figura 15: Ejemplo de diagrama de Pareto.

Fuente: Summers (2006).

2.5.1.3. Diagrama de Ishikawa

Se utiliza para poder identificar causas de no conformidad o productos o servicios defectuosos. Esta herramienta se puede utilizar junto con el diagrama de flujo y diagrama de Pareto para identificar la(s) causa(s) de un problema. También sirve como representación visual para comprender los problemas y sus causas. Además, el diagrama no solo permite la representación de las causas del problema, también muestra las subcategorías relacionadas con estas causas.

Según Summers (2006), los pasos a seguir para construir un diagrama de Ishikawa son:

1. Identificar claramente el efecto o problema. Colocar de manera concisa, en un recuadro al final de la línea, el efecto o problema señalado.

2. Identificar las causas. Establecer un debate sobre las posibles causas del problema. Para conducir el debate, abordar sólo una posible área de causa a la vez. Por lo general, las áreas comunes son métodos, materiales, máquinas, gente, ambiente e información, aunque se pueden agregar otras áreas si es necesario. Bajo cada área principal, se deben anotar las subcausas relacionadas con la causa principal. La lluvia de ideas es el método más utilizado para identificar estas causas.
3. Elaborar el diagrama. Organizar las causas y subcausas en el formato del diagrama.
4. Analizar el diagrama. En este punto es necesario identificar soluciones. También se deben tomar decisiones respecto a la rentabilidad y la viabilidad de la solución.

En la figura 16, se muestra un ejemplo de un diagrama de Ishikawa, o diagrama de espina de pescado.

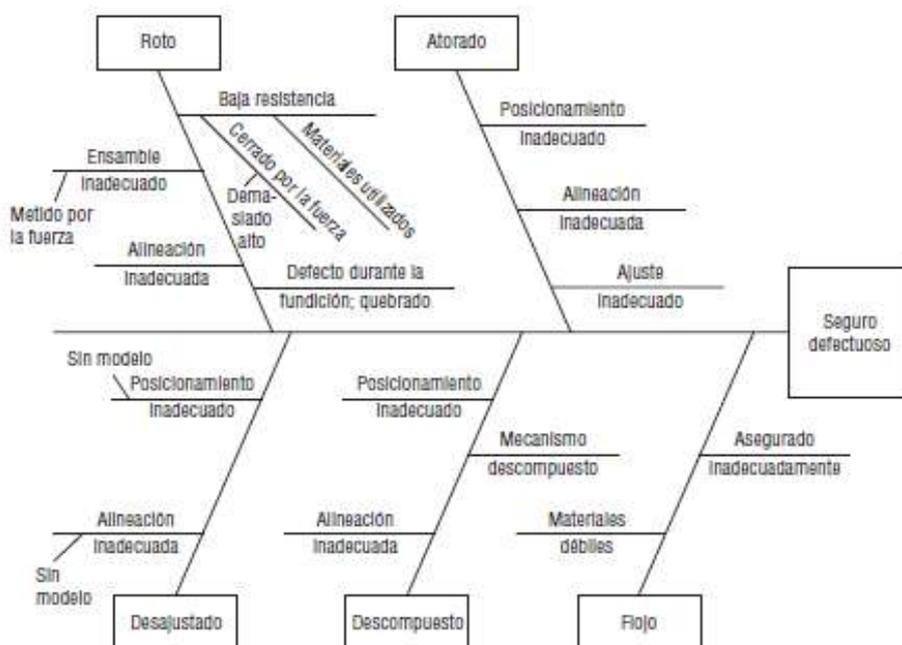


Figura 16: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.
Fuente: Summers (2006).

2.5.2. Información documentada

A partir del año 2015, la norma ISO no exige disponer de procedimientos e instructivos como información documentada para todos los procesos, como lo requería la versión 2000.

2.5.2.1. Procedimiento

Son los principios y estrategias que describen el funcionamiento del SGC. La norma ISO 9000/2000 define: “Un procedimiento es una forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso”. Es importante su utilización debido a que permite determinar QUÉ, CÓMO, CUÁNDO, DÓNDE debe hacerse y QUIÉN es responsable de llevarlo a cabo. Además, debe proporcionar información clara y concisa.

El contenido del mismo será:

1. Objetivo
2. Alcance
3. Responsabilidades
4. Referencias
5. Definiciones
6. Desarrollo
7. Registros
8. Anexos

2.5.2.2. Instructivo de trabajo

Los instructivos de trabajos son documentos que explican paso a paso la forma de llevar a cabo una tarea específica. Estos documentos son narrados en infinitivo y para su redacción es necesario que el operario que realice el trabajo participe en su elaboración.

El contenido de la misma será:

1. Objetivo
2. Alcance
3. Desarrollo
4. Diagrama de flujo

2.5.2.3. Registro

Los registros son documentos que “proporcionan resultados conseguidos o evidencias de actividades efectuadas” (ISO 9000/2000). Por lo tanto, son muy importantes debido a que provee evidencia objetiva del cumplimiento con los requisitos de calidad y de la operación eficaz del Sistema Gestión de Calidad.

La organización debe elaborar todo aquel registro que considere necesario para evidenciar su SGC y aquellos requeridos por la norma. Además, determinará el contenido y formato más conveniente para cada registro que responda a aquello que se quiera evidenciar.

2.6. Costos

Existen diferentes clasificaciones de costos para una organización. La empresa distingue sus costos como fijos y variables.

Costos variables

Según los apuntes de la Cátedra de Ingeniería Económica para empresas industriales y de servicios (2020), los costos variables “son proporcionales a la producción como por ejemplo el costo de materia prima” (en la tabla 3 se pueden ver algunos otros ejemplos). Por lo tanto, es fácilmente asignable y cuantificable.

Costos fijos

De acuerdo al material de estudio de la Cátedra de Ingeniería Económica para empresas industriales y servicios (2020), los costos fijos “son independientes de la producción, como por ejemplo el costo de los impuestos que paga el edificio”. Por lo tanto, se hace más complejo cuantificar y asignar debido a que no se incorpora de manera física al producto finalizado, aunque sí es parte del proceso productivo. Por ejemplo: el gasto de oficinas o gasto por el personal administrativo (en la tabla 3 se pueden ver algunos otros ejemplos).

En la tabla 3 se presenta una guía orientativa de costos que, dependiendo de la empresa, algunos de los costos variables pueden estar en costos fijos y viceversa.

Costos Variables	Costos Fijos
Costos de materia prima	Costos de impuestos
Costos de envases	Costos de seguros
Costos de mano de obra directa	Costos de financiamiento
Costos de supervisión	Costos de ventas y distribución
Costos de servicios	Costos de depreciación
Costos de laboratorios	Costos de dirección y administración
Costos de regalías y patentes	Costos de investigación y desarrollo
Costos de mantenimiento	
Costos de suministro	

Tabla 3: Costos variables y fijos.

Fuente: Elaboración propia en base a Cátedra de Ingeniería Económica para empresas industriales y servicios (2020).

Laboratorios Pharmamerican considera los siguientes costos como variables:

- Costos de materia prima.
- Costos de envases.
- Costos de mano de obra directa.
- Costos de servicios.
- Costos de otros insumos.

2.7. Distribución Normal

Como mencionan Walpole, Myers y Myers (2012), “la distribución de probabilidad continua más importante en todo el campo de la estadística es la distribución normal. Su gráfica, denominada curva normal, (...) describe de manera aproximada muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación” (p. 172).

En la figura 17 se puede observar la curva normal.

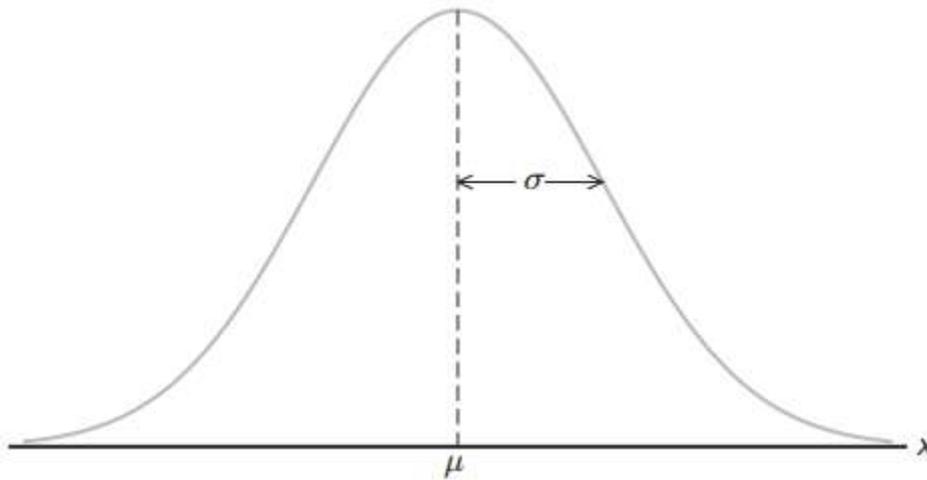


Figura 17: La curva normal.
Fuente: Walpole, Myers y Myers (2012).

La ecuación matemática que define la distribución de probabilidad de esta curva depende de los parámetros μ y σ , su media y su desviación estándar, respectivamente. La media determinará la posición de la curva a lo largo del eje x , mientras que la desviación estándar determinará su forma.

En la figura 18 se muestran dos curvas normales de distinta media y distinta desviación estándar.

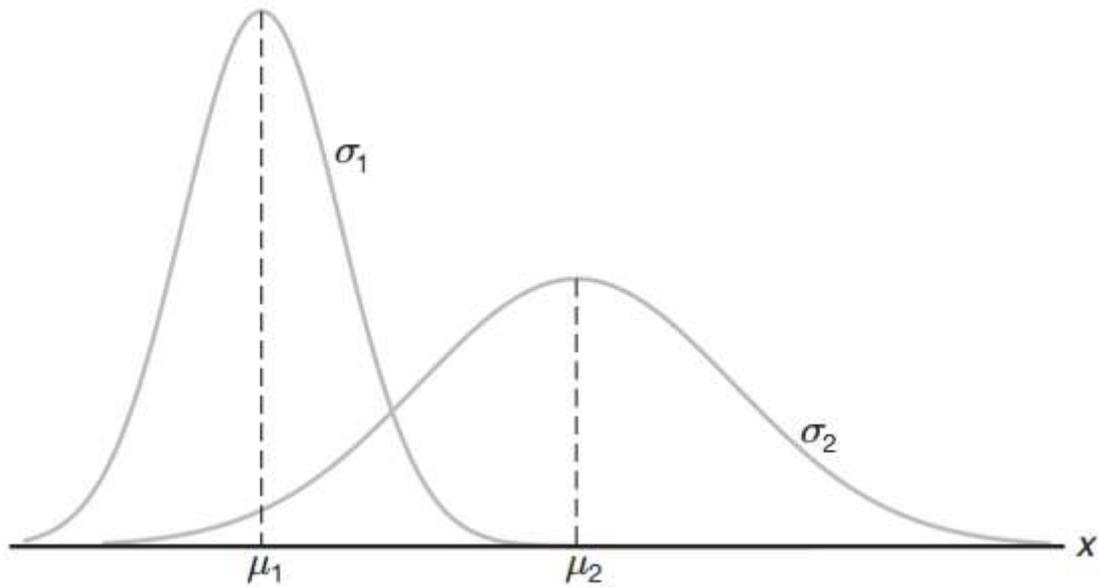


Figura 18: Curvas normales con $\mu_1 < \mu_2$ y $\sigma_1 < \sigma_2$.
Fuente: Walpole, Myers y Myers (2012).

A continuación, se detallan las propiedades principales de la curva normal, según Walpole, Myers y Myers (2012):

1. La moda, que es el punto sobre el eje horizontal donde la curva tiene su punto máximo, ocurre en $x = \mu$.
2. La curva es simétrica alrededor de un eje vertical a través de la media μ .
3. La curva tiene sus puntos de inflexión en $x = \mu \pm \sigma$, es cóncava hacia abajo si $\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$, y es cóncava hacia arriba en otro caso.
4. La curva normal se aproxima al eje horizontal de manera asintótica, conforme nos alejamos de la media en cualquier dirección.
5. El área total bajo la curva y sobre el eje horizontal es igual a uno.

Lo más interesante de esta curva es analizar las probabilidades de que ocurra un suceso entre un valor $x = x_1$ y $x = x_2$. Esto se puede escribir matemáticamente como $P(x_1 < X < x_2)$, y se calcula matemáticamente como se muestra en la ecuación 4:

$$P(x_1 < X < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} n(x; \mu, \sigma) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} dx \quad (4)$$

Gráficamente, esto se puede ver como el área bajo la curva entre dichos valores, como muestra la figura 19:

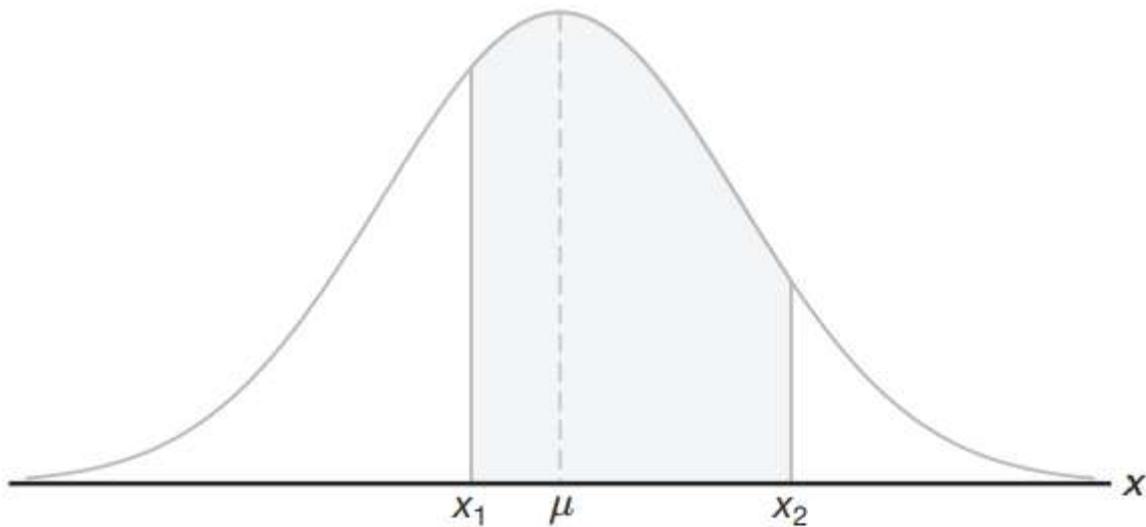


Figura 19: $P(x_1 < X < x_2)$ = área de la región sombreada.
Fuente: Walpole, Myers y Myers (2012).

Lógicamente, esto es equivalente a calcular la diferencia entre la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor menor a x_2 , es decir, $P(X < x_2)$, y la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor menor a x_1 , es decir, $P(X < x_1)$.

Por lo tanto, la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor entre x_1 y x_2 podría expresarse de la siguiente manera:

- $P(x_1 < X < x_2) = P(X < x_2) - P(X < x_1)$.

2.8. Indicadores y Tablero de Control Operativo

El tablero de control operativo se encuentra entre los mecanismos utilizados para llevar a cabo el seguimiento y medición de los procesos de determinado sector o área de la organización. Según Kaplan y Norton (2002), los tableros de control son herramientas de gestión que empleadas adecuadamente representan:

- Un sistema para medir: Agrupa un conjunto de indicadores cuyo seguimiento periódico permitirá contar con un mayor conocimiento de la situación de la organización.
- Un sistema de gestión: Busca integrar los objetivos y estrategias a través de un conjunto de indicadores claves, que permitan comparar los resultados obtenidos con los objetivos propuestos, ayudando a la toma oportuna de decisiones.
- Una herramienta de comunicación: Bien diseñado describe los objetivos y estrategias, y permite comunicarlos dentro y fuera de la organización.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Para su elaboración es necesario:

1. Definir inicialmente qué aspectos o actividades de los procesos se esperan medir.
2. Definir indicadores que faciliten el monitoreo y que proporcionen información relevante para la toma de decisiones. Además deben ser lógicos, factibles y fáciles de medir e interpretar.
3. Establecer valores meta para los indicadores, en base al desempeño actual y al que se quiere alcanzar.
4. Establecer parámetros de alarma en forma de límite inferior y superior del indicador. El modelo más común para evidenciarlos es el de semaforización (utilizando los colores rojo, amarillo y verde) según sea la magnitud del desvío.
5. Definir la frecuencia en la que se realiza una nueva medición de cada indicador.
6. Establecer un responsable para medir cada uno de los indicadores y un responsable de monitorear el tablero.
7. Volcar esta información en un tablero con un formato que permita evidenciar fácilmente la situación del desempeño real de los procesos e identificar qué cuestiones se deben atender con mayor prioridad.
8. Mantener el tablero actualizado.

En la figura 20 se muestra un ejemplo de un Tablero de Control Operativo.

TABLERO DE CONTROL OPERATIVO																
Responsable:																
Indicador	Limite inferior	Limite superior	Meta	Ultima fecha de revision	Mediciones											
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Indicadores de medición mensual																
Indicador 1	0%	30%	15%	21/07/2021	18	13	25	33	16	28	13	16	17			
Indicador 2	40%	70%	63%	21/07/2021	60	74	64	30	45	62	69	63	50			
Indicador 3	0%	30%	20%	21/07/2021	5	21	19	23	40	26	10	23	19			
Indicador 4	70%	100%	90%	21/07/2021	68	80	92	89	99	88	92	90	80			

Figura 20: Ejemplo de Tablero de Comando.
Fuente: Elaboración propia.

3. DESARROLLO

3.1. La empresa

De acuerdo con la tienda online de la empresa (*Pharmamerican*, 2021), la visión de la compañía es: “consolidar el liderazgo internacional de la compañía en creación, desarrollo y venta de productos saludables con alto valor agregado pensando siempre en mejorar el bienestar y contribuir a la calidad de vida de nuestros consumidores”.

Por otro lado, la misión es: “garantizar a nuestros clientes la calidad de nuestros productos destacando sus beneficios naturales para vivir más y mejor, mediante el compromiso por la excelencia de nuestros procesos y el cuidado del medioambiente”.

Como se menciona en su sitio web (*Pharmamerican*, 2021) las tres marcas que posee la empresa para comercializar sus productos son: Vitamin Way®, Saint Gottard® y Adelgafruta®. La marca Vitamin Way® corresponde a los suplementos nutricionales y medicamentos herbarios en cápsulas, mientras que las restantes son utilizadas para las infusiones.

La empresa distribuye sus productos en el plano nacional e internacional, siendo algunos de los países más importantes: Uruguay, Perú, Bolivia, Chile, Ecuador, Paraguay, República Dominicana y Estados Unidos.

Con la intención de garantizar al cliente la calidad deseada, la compañía trabaja bajo normas de Buenas Prácticas de Fabricación y Control (GMP, *Good Manufacturing Practices*). Dichas prácticas abarcan la producción en su totalidad, incluyendo materia prima, insumos, productos terminados, instalaciones, equipos, procesos, personal y mejora continua. Por otro lado, todos los procesos de elaboración de infusiones y suplementos nutricionales cuentan con certificación sobre Seguridad e Inocuidad Alimentaria, según la Norma Internacional FSSC 22000 (*Food Safety System Certification*). Los valores sobre los cuales se basa la estructura de la empresa son la calidad, el conocimiento, la innovación y la eficacia.

En la figura 21, se muestra el organigrama de la empresa, donde se muestran los niveles medios y altos de la organización.

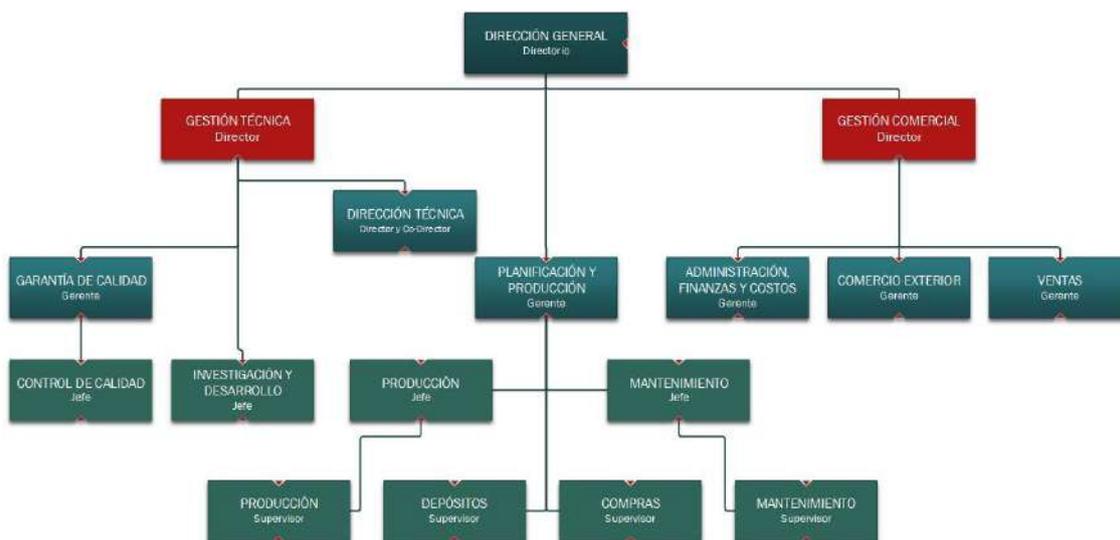


Figura 21: Organigrama de Laboratorios Pharmamerican
 Fuente: Elaboración propia en base a información provista por la empresa.

Jerárquicamente, el cargo de Director Técnico no tiene la misma relevancia que el Director de la Gestión Técnica y el Director de Gestión Comercial. Si bien comparten el nombre de Director, no tienen el mismo peso en la organización.

3.2. Diagnóstico de la situación actual

El envasado y etiquetado de vitamina en polvo es una línea relativamente nueva dentro de la empresa, y por ello requiere de un estudio integral del proceso con el objetivo de aumentar su eficiencia disminuyendo desperdicios y costos. Además, es un producto cuyo mercado está en expansión, por lo que un aumento de productividad sería ideal para enfrentar la demanda futura.

A partir de esto se realizará el diagnóstico para posteriormente realizar el análisis crítico y las correspondientes propuestas de mejora.

3.2.1. Estudio del proceso

Se realiza un diagrama de flujo de funciones cruzadas (ver figura 22) de todas las actividades involucradas en la elaboración del frasco de vitamina en polvo, desde la emisión de la orden de producción de la mezcla hasta que se deja la caja con frascos en el depósito de productos terminados. Se excluyen algunas actividades, como por ejemplo aquellas realizadas por el Área de Compras o el Área de Mantenimiento debido a que exceden al flujo del proceso de producción *per se*. La razón por la que se realiza el diagrama es para comprender el contexto en el que está involucrado el proceso que se estudia, en profundidad, en este trabajo.

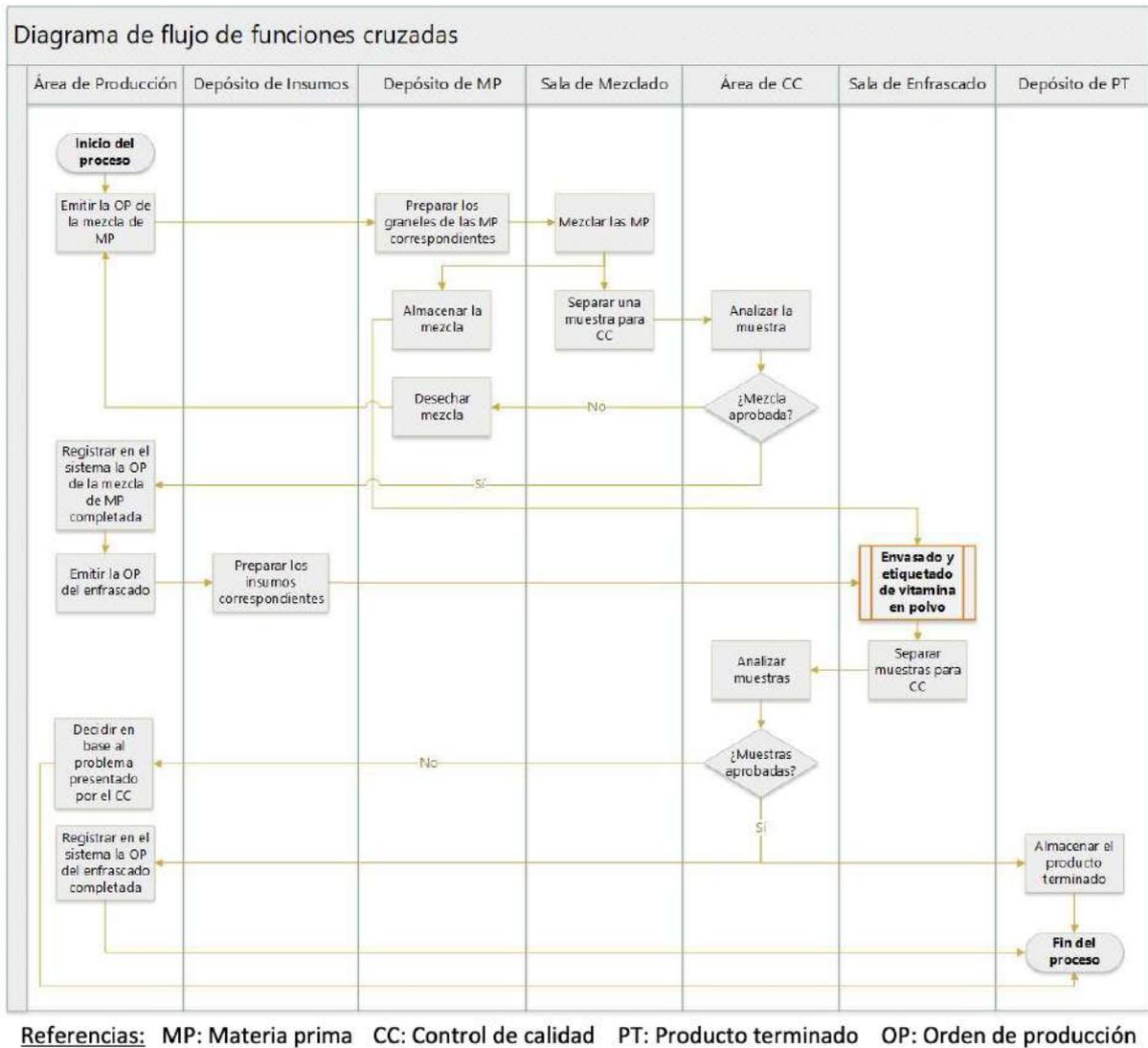


Figura 22: Diagrama de flujo de funciones cruzadas
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.1. Descripción del proceso

A continuación, se detalla el proceso productivo llevado a cabo por la organización para el envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

El proceso está definido desde la recepción de la materia prima en el recinto (lista para ser envasada) hasta el empaque del producto envasado dentro de la caja. Con el fin de tener un panorama de los factores más relevantes del proceso a estudiar, se muestra en la figura 23 el diagrama SIPOC:

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

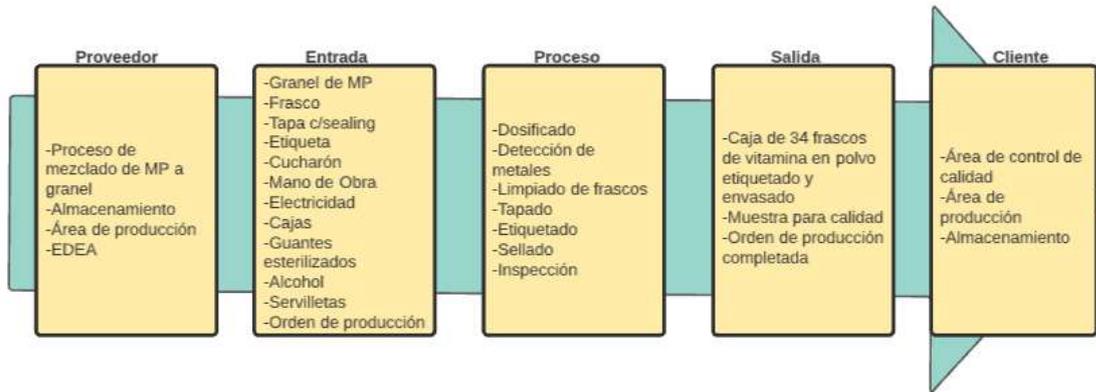


Figura 23: Diagrama SIPOC.

Fuente: Elaboración propia.

Recepción de materia prima

El granel de vitamina (imagen 1) es transportado desde el proceso anterior, que es el de mezclado de las materias primas que componen el polvo del producto final. Al recibir este granel, se inspecciona que la materia prima corresponda al lote que está especificado en la orden de producción (ver anexo I, imagen 21). En caso de no coincidir, se debe dar aviso al Supervisor de Producción para que se realice el cambio de materia prima.



Imagen 1: Granel de vitamina en polvo

Fuente: Elaboración propia.

Una vez revisada, se carga la materia prima en la tolva que se puede observar en la imagen 2.



Imagen 2: Tolva.
Fuente: Elaboración propia.

Dosificado

Antes de comenzar a dosificar en la máquina, se tara la balanza con un frasco vacío aleatorio, con el fin de que la balanza muestre únicamente el peso del contenido. El operario realiza un control visual de cada frasco para inspeccionar que no esté dañado. Si el frasco estuviera dañado, tuviera irregularidades, o lo que fuere debe ser desechado (ejemplos en imagen 3).



Imagen 3: Frascos vacíos dañados.
Fuente: Elaboración propia.

Luego, se coloca el frasco vacío sobre la balanza tarada y se verifica que el frasco no caiga fuera del rango aceptable. En caso de caer fuera, se separa dicho frasco para luego tararlo individualmente. El único valor que acepta la empresa al pesar el frasco vacío en la balanza de la máquina dosificadora es que devuelva 0 g (diferencia con la tara). Esto se debe a que la balanza tiene una resolución de 1 g. Por lo tanto, con esta política se intenta asegurar que el frasco dosificado cumpla la especificación sin necesidad de verificar con una balanza de mayor resolución. Si la empresa aceptara los frascos que devuelvan 1 g de diferencia (positivo o negativo), podría suceder el caso en el que un frasco vacío se encuentre a 1,4 g del 0, y la balanza mostrará 1 g. Cuando el operario dosifique ese frasco,

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

quizás la balanza muestre 361 g. Por lo tanto, pasaría la inspección de peso. Sin embargo, ese frasco podría tener como contenido real un valor menor a 360 g, lo cual es inaceptable para la empresa.

El dosificado se realiza con una máquina semiautomática (ver imagen 4) a la cual se le indica como peso objetivo 363 g. Luego se lo pesa, para verificar que el contenido del polvo esté dentro de las especificaciones (361 g a 365 g). Si está fuera de este rango, se corrige el peso manualmente (agregando o quitando polvo) sobre la balanza de la dosificadora. Seguido a esto se coloca el cucharón (imagen 5) dentro del frasco y se lo posiciona en la cinta transportadora que lleva al detector de metales.



Imagen 4: Máquina dosificadora.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5: Cucharón de plástico oval de 25 ml
Fuente: Elaboración propia.

Detección de metales

Al ser un alimento que se ingiere de manera directa, necesariamente debe controlarse los niveles de metales. En caso que contenga metales, se desechará el contenido del frasco, y el frasco vacío será nuevamente dosificado. Se puede observar en la imagen 6 la máquina que se encarga de detectar metales.



Imagen 6: Máquina detectora de metales.
Fuente: Elaboración propia.

Limpiado de frasco y tapado

Antes de cerrar el frasco con la tapa (imagen 7), se debe limpiar para eliminar el resto de polvo que haya quedado en la rosca al dosificar. Esto se debe a que, si hay restos de polvo en esta parte del frasco, puede afectar al sellado del *sealing* que viene incorporado a la tapa, generando un reproceso. Luego, se tapa el frasco y se limpia su exterior, para evitar reprocesos en el etiquetado. Finalmente, se coloca el frasco en un cajón de 34 unidades a la espera de ser trasladados a la etiquetadora.



Imagen 7: Tapa con *sealing*.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Colocación de frascos en la etiquetadora

Esta actividad consiste en tomar el cajón de 34 frascos listos para ser etiquetados, y colocarlos en la cinta transportadora de la máquina etiquetadora, teniendo en cuenta que entre cada frasco se debe esperar 1 segundo antes de apoyar el siguiente, para evitar fallas de la máquina.

Etiquetado y sellado por inducción

El etiquetado del frasco es realizado por la máquina etiquetadora (imagen 8), que además se encarga de codificarlo. Después pasa por una máquina (imagen 9) que se encarga, a través de inducción magnética, de sellar el *sealing* en la abertura del frasco. Cuando finaliza, el frasco sigue por la misma cinta transportadora y se depositan en el acumulador de frascos (imagen 10).



Imagen 8: Máquina etiquetadora.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 9: Selladora de inducción magnética.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 10: Acumulador de frascos.
Fuente: Elaboración propia.

Inspección y empaque

El operario toma el frasco del acumulador, lo abre y verifica que el *sealing* esté bien pegado. Si no está en condiciones, vuelve a colocar el frasco cerrado en la máquina para que lo selle nuevamente. Luego, verifica que el etiquetado haya quedado en óptimas condiciones, sin arrugas, de no ser así se lo corrige manualmente. Finalmente, se lo coloca en una caja.

En la imagen 11 se puede observar el producto envasado, etiquetado y codificado.



Imagen 11: Producto envasado, etiquetado y codificado
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2. Diagrama de flujo

En la figura 24, se muestra el diagrama de flujo del proceso de envasado y etiquetado de vitamina en polvo. El alcance del mismo es desde la recepción de materia prima hasta el empaque del producto envasado dentro de la caja.

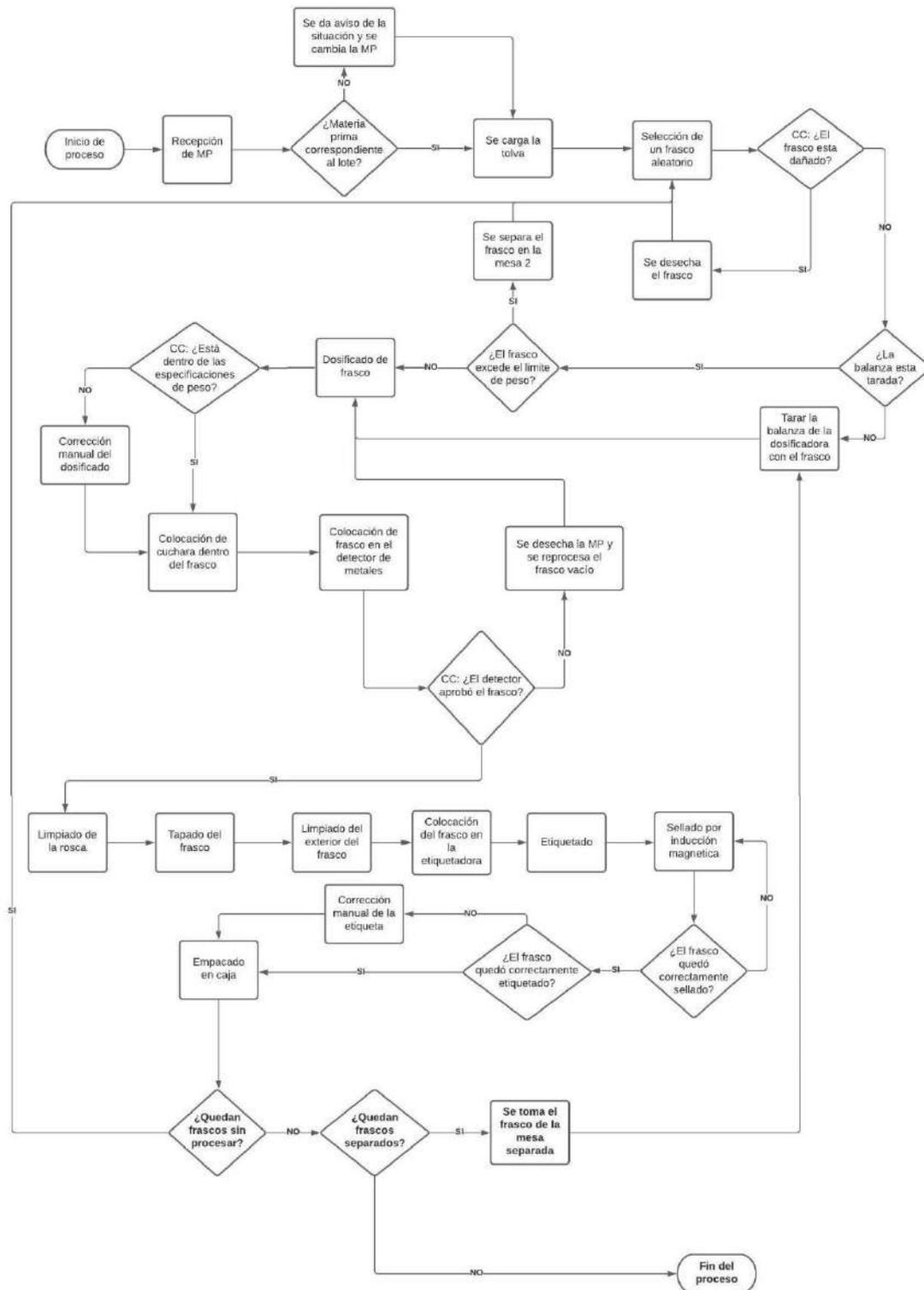


Figura 24: Diagrama de flujo.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3. Problemas en el proceso productivo

Con el objetivo de poder realizar un análisis más profundo, se enumeran los problemas recurrentes que sufre la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo. Para poder recabar la información necesaria, se diseña una hoja de verificación y se pone en práctica durante dos semanas. Los resultados se pueden observar en las tablas 4 y 5.

Línea: Envasado y etiquetado de vitamina en polvo					Nombre:		
Lugar: Sala 7					Fecha:	Del 26/7 a 30/07	Turno: Mañana
Problemas	Fecha					Total	
	26-jul	27-jul	28-jul	29-jul	30-jul		
Frascos vacíos fuera de rango	65	50	59	72	42	288	
Etiquetado defectuoso	10	14	10	13	15	62	
Sellado defectuoso	15	15	20	14	25	89	
Frasco dañado	1	3	4	1	2	11	
Detector de metales	0	0	0	0	0	0	
Total	91	82	93	100	81	450	

Tabla 4: Hoja de verificación.
Fuente: Elaboración propia.

Línea: Envasado y etiquetado de vitamina en polvo					Nombre:		
Lugar: Sala 7					Fecha:	Del 2/08 a 6/08	Turno: Mañana
Problemas	Fecha					Total	
	2-ago	3-ago	4-ago	5-ago	6-ago		
Frascos vacíos fuera de rango	53	60	48	57	55	273	
Etiquetado defectuoso	15	17	15	19	15	81	
Sellado defectuoso	20	23	26	19	20	108	
Frasco dañado	1	3	4	1	2	11	
Detector de metales	0	0	0	0	0	0	
Total	89	103	93	96	92	473	

Tabla 5: Hoja de verificación.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Estudio del trabajo

3.2.2.1. Estudio de métodos

3.2.2.1.1. Diagrama de Recorrido

En la figura 25, se puede observar el diagrama de recorrido del proceso con la ubicación de los distintos equipos utilizados para el envasado y etiquetado de vitamina en polvo. El flujo se asemeja a una “U”, comenzando su recorrido en la tolva y finalizando en el pallet donde se apilan las cajas con el producto terminado. La mesa 1 sirve para que los operarios apoyen los insumos y la orden de producción. En cambio, la mesa 2 se utiliza para colocar los cucharones y los frascos que van a ser utilizados para el dosificado. Además, se dejan los frascos que no pasan el control visual y los que no coinciden con la tara (que luego son tarados individualmente). En la mesa 3 se realiza el proceso de limpieza de frasco y tapado.

Los círculos negros son operarios, de los cuales el 1 y el 2 están sentados y realizan movimientos con las manos. En cambio, el operario 3 se encarga de agarrar los frascos tapados y colocarlos en la cinta transportadora, para luego ser etiquetados y sellados. Además, este operario se encarga del puesto de inspección y empaque.

Las barras negras que unen las distintas máquinas son cintas transportadoras. La barra gris, por su parte, es un sinfín que eleva el polvo desde la tolva hasta la dosificadora.

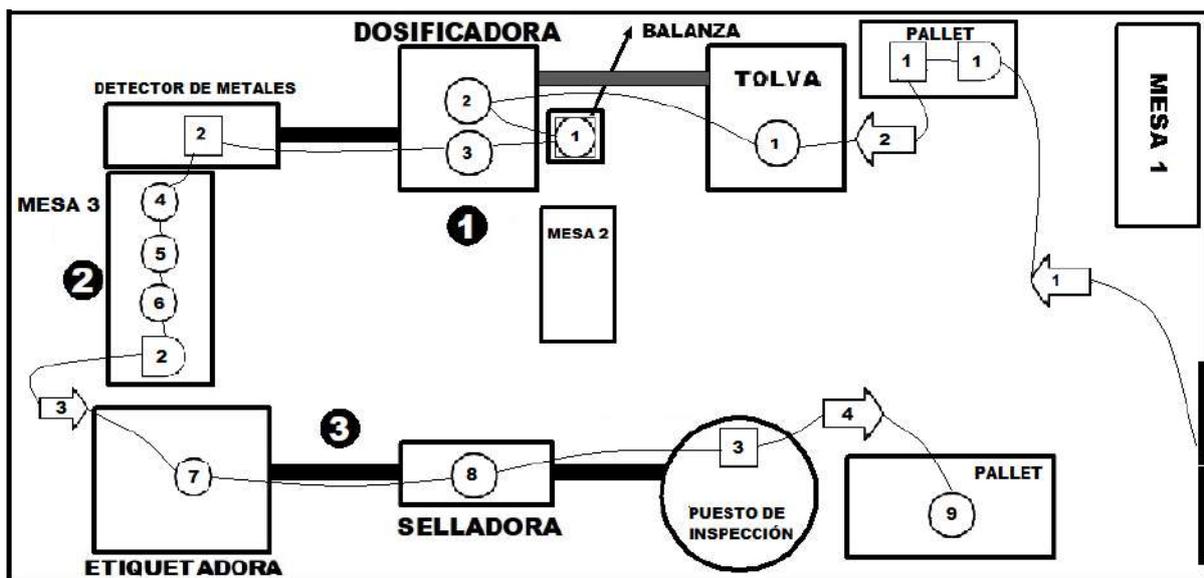


Figura 25: Diagrama de recorrido del proceso.
Fuente: Elaboración propia.

Los símbolos que aparecen en la figura 25, se detallan en la tabla 6.

Referencias	Descripción
	El granel es trasladado al pallet donde será inspeccionado
	La MP espera en el pallet a ser inspeccionada
	Inspección de materia prima
	Traslado de la materia prima a la tolva
	Se coloca la materia prima en la tolva
	Dosificado del frasco
	Se verifica que la balanza indique un peso de frasco de entre 361 g y 365 g, y se corrige en caso de desviación
	Se agrega el cucharón
	Detección de metales
	Limpiado de rosca
	Tapado de frasco
	Limpiado de exterior de frasco
	El frasco aguarda a ser trasladado a la máquina etiquetadora
	Traslado del frasco a la máquina etiquetadora
	Etiquetado
	Sellado
	Verificación del sellado y el etiquetado
	Traslado de frasco verificado a la caja
	Empaque del frasco en la caja

Tabla 6: Referencia de símbolos diagrama de recorrido.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.1.2. Cursograma Analítico

Con el fin de analizar con mayor precisión el envasado (línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo), se confecciona un cursograma analítico, que se puede ver en la figura 26. En el mismo se detallan las operaciones, las inspecciones, los transportes, las esperas y los almacenamientos que sufre el material a lo largo del proceso.

Diagrama Bimanual									
Diagrama num:				Disposición del puesto de trabajo					
Dibujo y pieza:									
Operación:									
Lugar:									
Operario:									
Descripción de mano izquierda								Descripción de mano derecha	
	○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
Inactiva									Toma el frasco vacío
Inactiva									Coloca en la balanza
Inactiva									Toma el frasco vacío
Inactiva									Coloca en la dosificadora
Sujeta el frasco									Inactiva
Inactiva									Toma el frasco lleno
Inactiva									Coloca en la balanza
Agrega/quita polvo sobre la balanza									Sujeta el frasco
Sujeta el frasco									Agrega cucharón
Inactiva									Toma el frasco
Inactiva									Coloca en la dosificadora
Toma el frasco									Inactiva
Traslada el frasco a la cinta transp.									Inactiva
Total:	2	1	8	2	5	4	3	1	

Figura 27: Diagrama bimanual
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2. Medición del trabajo

3.2.2.2.1. Estudio de tiempos

Antes de comenzar con el estudio de tiempos, se dividen los subprocesos más importantes para el envasado y etiquetado de vitamina en polvo:

- Dosificado.
- Detección de metales.
- Limpiado de rosca.
- Tapado.
- Limpiado exterior.
- Colocación de frasco en la etiquetadora.
- Etiquetado y sellado por inducción.
- Inspección y empaque.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Se considera al etiquetado y sellado por inducción como un solo subproceso debido a que los frascos son trasladados por la misma cinta transportadora, donde el operario alimenta a la etiquetadora con los frascos tapados.

Se determina que la detección de metales y el etiquetado y sellado por inducción no requieren un estudio de tiempos, ya que la velocidad máxima de estas máquinas es mucho mayor a la del resto de actividades. Esta decisión se toma teniendo en cuenta que la finalidad de esta medición del trabajo es determinar el subproceso cuello de botella y encontrar diferentes variantes en la forma de producir. La velocidad de la cinta puede ser regulada en caso de ser necesario, por lo que no será un factor limitante en la asignación de tareas para los operarios.

A la hora de determinar el tiempo tipo, se tiene en cuenta que al momento de tomar las mediciones, los operarios estaban trabajando a ritmo normal, por lo que el tiempo observado es representativo y el factor de valoración se considera 1. Además, se determinan cuatro tipos de suplementos, los cuales se detallan en la tabla 7.

El descanso pautado surge de una política de la empresa que consiste en brindarles a los operarios 45 minutos de la jornada para descansar de sus actividades. Las necesidades personales se cuantifican, según la bibliografía consultada, entre el 5% y 7% del tiempo de trabajo. El suplemento por fatiga básica se establece como el 4% del tiempo de trabajo ya que las condiciones no requieren de un número mayor para esta holgura, según Kanawaty (1998).

Suplementos	
Descanso pautado	45 minutos/jornada
Necesidades personales	7%
Fatiga básica	4%
Contingencias	4%

Tabla 7: Suplementos del tiempo básico.

Fuente: Elaboración propia a partir de bibliografía y políticas de la empresa.

En la tabla 8, se muestra el estudio de tiempos de las tareas que se realizan en la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Laboratorios Pharmamerican Planilla de estudio de tiempos: Envasado y etiquetado de vitamina en polvo								
Área:							Estudio N°	
Realizado por:							Hoja N°:	
Operarios a cargo:							Fecha: 1/09/2021	
Subprocesos	Cantidad [unidades]	TO [s]	Promedio [s]	TO [s/unidad]				
Dosificado	20	335,4	312	292,5	234	273	289,38	14,47
Limpiado de rosca	16	113,2	129,6	94	124	109,6	114,096	7,13
Tapado	16	65,6	62,4	60,8	56	64,32	61,824	3,86
Limpiado exterior	16	133,2	120	157,2	132	138	136,08	8,51
Colocación de frasco en la etiquetadora	34	71,4	61,2	54,4	49,98	64,26	60,248	1,77
Inspección y empaque	31	240,2	250,4	257,2	261,6	247,3	251,402	8,11

Tabla 8: Estudio de tiempos de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se pueden ver los tiempos tipo de cada actividad, por unidad producida.

Tareas	TO [s]	V	TB [s]	Suplementos [s]	TT [s]
Dosificado	14,47	1	14,47	2,17	16,64
Limpiado de rosca	7,13	1	7,13	1,07	8,20
Tapado	3,86	1	3,86	0,58	4,44
Limpiado exterior	8,51	1	8,51	1,28	9,78
Colocación de frasco en la etiquetadora	1,77	1	1,77	0,27	2,04
Inspección	8,11	1	8,11	1,22	9,33

Tabla 9: Tiempos tipo de las tareas.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Parámetros de la línea

Si nos guiamos únicamente por el estudio de tiempos (ver tabla 9) parecería que el cuello de botella es la tarea de dosificado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no hay un operario por cada actividad, sino que varias actividades son realizadas por una sola

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo persona. Con el diseño actual, el operario 1 se encarga exclusivamente de dosificar. El operario 2 debe limpiar la rosca del frasco, taparlo y limpiar su exterior. Por último, el operario 3 se encarga de colocar los frascos en la cinta transportadora de la etiquetadora, inspeccionar los frascos y empacarlos.

A partir del estudio de tiempos se confecciona la tabla 10 que muestra el balanceo de la línea. De esta manera se puede determinar que el cuello de botella son las actividades realizadas por el operario 2, que cuenta con el 100% de carga.

Operación	Ciclo de Tiempo [s]	Estaciones	Ciclo de Tiempo Promedio [s]	% de carga
Dosificado	16,64	1	16,64	75%
Limpio y tapado	22,42	1	22,42	100%
Colocación de frasco en la etiquetadora + Inspección y empaque	11,36	1	11,36	51%

Tabla 10: Balanceo de línea
Fuente: Elaboración propia.

De este análisis también se pueden extraer algunos parámetros de la línea, para la cual la tasa de salida de la línea es de 22,42 s. Esto quiere decir que:

- Tiempo de Ciclo (TC) = 0,374 min/u.
- Capacidad de Producción (Cap) = 160,57 u/h.

Teniendo en cuenta que se requieren 3 operarios para obtener estos valores, la Productividad (P) será igual a 53,52 u/HH.

Por otro lado, cabe calcular la eficiencia de esta línea en términos porcentuales. Es decir, qué porcentaje del tiempo se está realmente utilizando en la producción. La suma de los ciclos de tiempo da un total de 50,42 s, mientras que el total de ciclo de tiempo se obtiene multiplicando el ciclo de tiempo de la operación cuello de botella por la cantidad de estaciones totales en la línea. En este caso el total de ciclo de tiempo es de 67,26 s.

La eficiencia entonces, de acuerdo a la ecuación 2, será el cociente entre estos dos valores, por lo que:

- Eficiencia = 74,96%.

3.2.4. Costos

La línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo fue agregada recientemente y no fue necesario contratar personal en el área administrativa, ni en supervisión, ni tampoco en las oficinas de producción y de calidad. Por lo tanto, agregar esta línea no generó costos fijos adicionales a la estructura de la empresa.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Los valores de los distintos costos variables que influyen en el proceso son los siguientes:

- Mano de Obra: 1.150 \$/hora-hombre
- Electricidad: 2,7436 \$/kWh
- Materia prima: 1.187,86 \$/kg de granel
- Insumos
 - Cucharón: 6 \$/u
 - Etiqueta: 30,44 \$/u
 - Frasco: 35 \$/u
 - Tapa c/sealing: 20 \$/u
 - Caja (x34 frascos): 20 \$/caja

Aclaración: para el costo de materia prima se toma solo uno de los productos de vitamina en polvo que comercializa Laboratorios Pharmamerican, para simplificar el análisis, ya que los costos de los graneles del resto de dichos productos oscilan alrededor del valor adoptado.

En la tabla 11 se muestra la potencia consumida por cada una de las máquinas que se involucran en el proceso.

Máquina	Consumo [kW]
Tolva	1,5
Dosificadora	1,2
Etiquetadora	1,5
Detector de metales	0,1
Motor cinta transportadora detector	0,25
Motor cinta transportadora etiquetadora	0,18
Motor cinta transportadora selladora	0,08
Selladora	2
Acumuladora	0,12

Tabla 11: Consumos de potencia por máquina.
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la tabla 12 se muestran los costos variables unitarios del proceso. Para el cálculo de los costos dependientes de la electricidad, se tienen en cuenta los consumos de

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo potencia, el tiempo de ciclo (en horas) y el costo del kWh. Para el cálculo del costo de mano de obra, se tienen en cuenta la productividad de la línea y el costo de la hora-hombre.

Costos Variables	Costo unitario [\$/u]
Cucharón	6
Etiqueta	30,44
Frasco	35
Tapa c/ <i>sealing</i>	20
Caja	0,5882
Materia prima	431,19
Dosificadora (c/tolva)	0,0461
Detector de metales (c/cinta transportadora)	0,006
Etiquetadora (c/cinta transportadora)	0,0287
Selladora (c/cinta transportadora)	0,0355
Acumuladora (puesto de inspección)	0,0021
Mano de Obra (*)	21,4873

Tabla 12: Costos variables unitarios del proceso
Fuente: Elaboración propia con información provista por la empresa.

(*) Se consideran todos los costos que tiene la empresa para las horas-hombre efectivas (incluye vacaciones, impuestos, cargas sociales, etc).

Aclaración: Para el costo de materia prima, se considera que el frasco promedio contiene 363 g de polvo, ya que es el valor medio entre los valores aceptables por la empresa. Todos los costos están en términos de unidades brutas.

A partir de esto, se extrae que el costo variable unitario bruto del producto final es de \$544,82 por frasco.

3.3. Análisis crítico

3.3.1. Operación de dosificado

La máquina dosificadora dispone de un PLC (controlador lógico programable, por sus siglas en inglés) que se encarga de ajustar la cantidad de polvo que tiene que depositar

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo en cada frasco para poder cumplir con el peso objetivo, y lo hace con un error del 1%. Para que este dispositivo funcione correctamente deben colocar, una vez dosificado, el frasco sobre la balanza y no hacerle correcciones ahí mismo, ya que la máquina pierde información y no logrará su objetivo de autorregularse.

Con el método actual no se está aprovechando el máximo potencial de la máquina, ya que el operario modifica la cantidad de polvo en el frasco manualmente encima de la balanza de la dosificadora y le envía señales erróneas a la retroalimentación del PLC. Esto genera mayores reprocesos, los cuales se podrían solucionar modificando el método efectuado por el operario.

3.3.2. Distribución en planta del proceso y Ergonomía

De la interacción con los operarios, se pueden encontrar algunas fallas en el *layout* y cómo esto impacta en la ergonomía del puesto de trabajo. A continuación se mencionan los movimientos de los operarios y qué valor del código de la postura adoptada del método OWAS (ver figura 13) le corresponde.

En el dosificado, el operario 1 tiene que girar el cuerpo hacia la derecha para tomar el frasco vacío y apoyarlo en la balanza para verificar que cumple con el rango aceptable. Si esto no sucede, debe volver a rotar hacia la derecha y estirarse para depositar el pote en el lugar correspondiente. Además, si se terminan los frascos, el operario debe extender la mano por debajo de la mesa 2 para abrir la nueva bolsa de frascos. Entonces, los valores obtenidos para el operario 1 son los siguientes:

- Espalda girada e inclinada: 4
- Ambos brazos por debajo de los hombros: 1
- Sentado: 1
- Cargas menores a 10 Kg: 1

El operario 2 está algo alejado de la cinta del detector de metales, por lo que debe estirarse para tomar los frascos y poder limpiarlos. El operario procesa aproximadamente mil frascos por día, por lo que esta acción repetidamente puede generar una lesión a futuro. También está alejado de la cinta transportadora de la etiquetadora, por lo que deja los frascos en un cajón donde entran 34 unidades, a la espera de ser trasladados a la cinta de la etiquetadora. Los valores obtenidos son:

- Espalda inclinada hacia adelante: 2
- Ambos brazos por debajo de los hombros: 1
- Sentado: 1
- Cargas menores a 10 Kg: 1

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

El operario 3 está de pie las 8 h del turno, ya que debe recoger los frascos del cajón anteriormente mencionado y ponerlos sobre la cinta de la etiquetadora. Esta operación fuerza al operario a desplazarse 5 metros desde su puesto de trabajo hasta la mesa 3. Además, si encuentra que está mal sellado debe volver a poner ese frasco en la cinta de sellado. Otra razón por la que está de pie todo el turno es que este operario debe armar las cajas para meter los frascos aprobados y dejarlos sobre el pallet. Por ello, los valores obtenidos para este operario son:

- Espalda erguida: 1
- Ambos brazos por debajo de los hombros: 1
- Andando o en movimiento: 7
- Carga menor a 10 Kg: 1

Con lo mencionado anteriormente, se utiliza el método OWAS (Ovako Working Analysis System) para evaluar las posturas de los distintos operarios. En la figura 28, se ve cómo quedan ubicados los operarios con este método:

EVALUACIÓN DE LAS POSTURAS ADOPTADAS																								
ESPALDA	BRAZO	1			2			3			4			5			6			7			PIERNAS	USO DE FUERZA
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1		
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1		
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2		
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3		
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1		
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1		
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1		
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		

Referencias: Operario 1: círculo rojo Operario 2: círculo verde Operario 3: círculo azul

Figura 28: Posturas adoptadas por los operarios – Método OWAS.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la figura 28, los operarios 1 y 2 obtienen un valor final de 2, que indica que la postura de trabajo adoptada por el personal tiene efectos dañinos sobre su sistema músculo-esquelético, y por lo tanto requiere de medidas correctoras en un futuro

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

cercano. En cambio, el operario 3 obtuvo un valor final de 1, que indica que la postura de trabajo adoptada por el personal no tiene efectos dañinos sobre su sistema músculo-esquelético, y por lo tanto no requiere de medidas correctoras.

3.3.3. Análisis de los problemas de la línea

Se analizan los datos obtenidos en la hoja de verificación (tabla 4 y tabla 5) para diseñar un Diagrama de Pareto (gráfico 1) y determinar cuál de los problemas es de mayor relevancia.

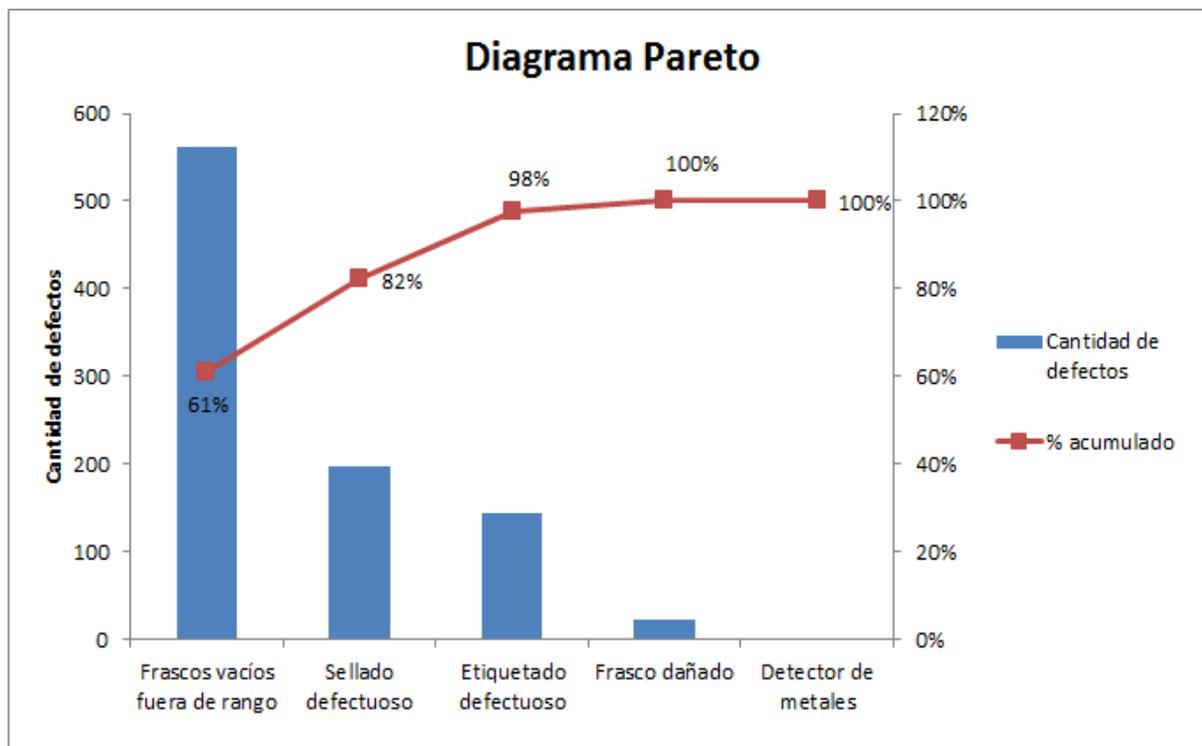


Gráfico 1: Diagrama de Pareto de los problemas de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

Si bien los datos tomados fueron relevados mediante observación directa durante dos semanas de producción, se los considera representativos ya que fueron validados por la experiencia de los operarios de la línea.

A partir de este diagrama, se puede determinar que el 82% de los problemas que sufre la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo son ocasionados por los frascos vacíos que caen fuera de rango y los sellados defectuosos. Para determinar las causas de estos dos problemas, se realizan dos diagramas de Ishikawa, para de esta manera poder encontrar las causas raíz para intentar reducir o eliminar dicho inconveniente.

En cuanto al problema de los frascos vacíos fuera de rango se identifican las siguientes causas (ver figura 29):

- Proveedor
- Falta de instructivo
- Método ineficiente
- Falta de capacitación
- Falta de motivación
- Balanza de baja precisión
- Mesa inestable o con vibraciones
- Ambiente no adecuado: Bajas temperatura, carga electrostática y variación en la humedad.

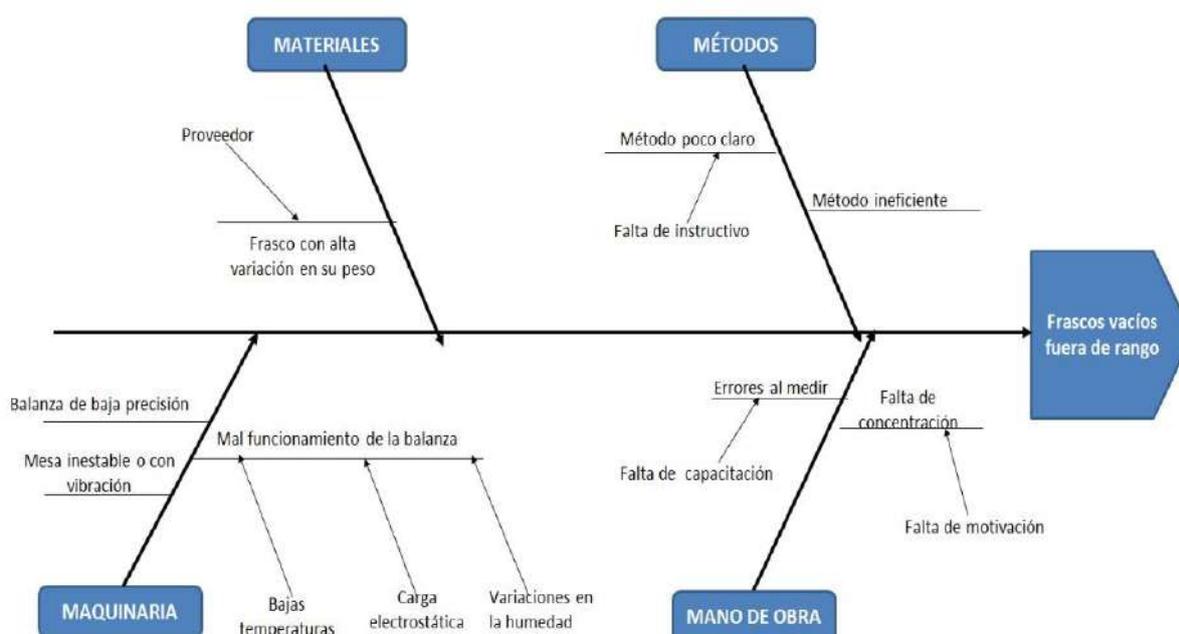


Figura 29: Diagrama de Ishikawa de los frascos vacíos fuera de rango
Fuente: Elaboración propia.

De la observación del funcionamiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo y haber dialogado con los operarios, se arriba a la conclusión de que la mano de obra está bien capacitada y motivada para realizar la actividad. Respecto al ambiente, se encuentra controlado por lo que se puede considerar que la balanza funciona en forma correcta. Además, la superficie de apoyo de la balanza es plana y libre de vibraciones que pueda afectar su funcionamiento. A partir de estas conclusiones nos quedan por analizar: método ineficiente, balanza de baja precisión, falta de instructivo y proveedor.

Método ineficiente

El operario encargado del dosificado debe tomar un frasco vacío y verificar que cumpla con el rango aceptable de peso. Esta actividad no le agrega valor al producto, por lo

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo que es una tarea que se tendría que eliminar, ya que solo dificulta el trabajo del operario. La empresa decide tener esta tarea debido a que sus productos son de alta calidad y considera inaceptable tener frascos por debajo de la cantidad de polvo que indica la etiqueta, y el peso del frasco vacío podría influir en la cantidad de polvo dosificado. A su vez, la empresa intenta no tener frascos que estén muy por encima, por lo que considera un límite de 365 g por el consecuente costo.

Además, hay que tener en cuenta que el operario selecciona un frasco ALEATORIO para tarar la balanza, es decir que puede tomar un frasco que sea muy liviano o muy pesado, condicionando al resto de los frascos a ser tarados individualmente.

Balanza de baja precisión

La balanza acoplada a la máquina dosificadora tiene una resolución de 1 g, es decir, no detecta fracciones de gramo. Entonces, si se pesa un frasco con la balanza tarada y esta indica un valor de 1 g, el frasco puede tener una diferencia entre 0,5 g y 1,5 g con respecto al frasco utilizado para la tara. Por lo tanto, el operario no puede determinar si ese frasco entra dentro del rango aceptable (± 1 g). Por ejemplo, si el operario toma un frasco con una diferencia real de 0,6 g respecto de la tara, con esta balanza lo rechazaría. Sin embargo, si se usara una balanza con mayor resolución, el operario detectaría las fracciones de gramo y consideraría ese frasco aceptable.

Falta de instructivo

Los operarios no cuentan con un instructivo de cómo efectuar la actividad descrita en el párrafo anterior, lo cual introduce incertidumbre al proceso. La única información que tienen es que si la balanza acoplada a la máquina dosificadora muestra que el frasco vacío tiene una variación mayor o igual a ± 1 g, no deben utilizar ese frasco hasta que se tare la balanza individualmente con ese frasco.

Proveedor

Debido a la alta variabilidad en el peso de los frascos se decide pesar 180 frascos para determinar dicha variación y su relación con la tasa de reproceso. Con esta información se realiza el histograma que se presenta en el gráfico 2.

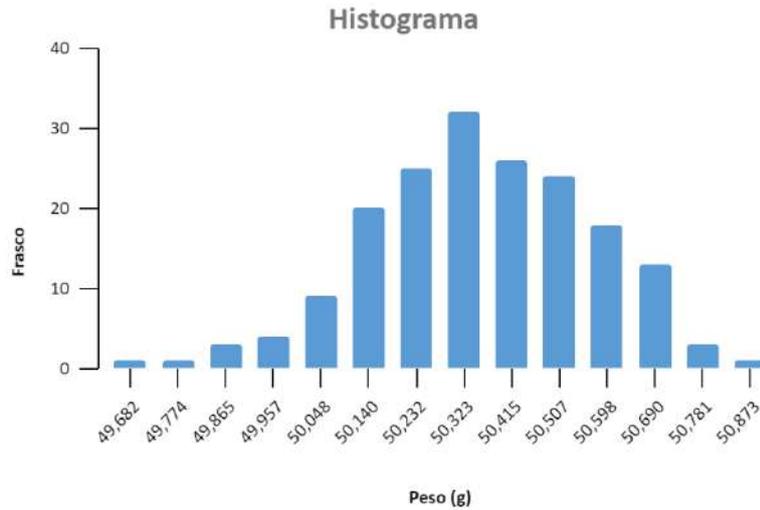


Gráfico 2: Histograma del peso de los frascos vacíos
Fuente Elaboración propia

Se puede apreciar que la distribución se asemeja a una normal, por lo que para el análisis posterior se asumirá de esta manera, con una media de 50,31 g y una desviación estándar de 0,21 g.

En cuanto al problema del sellado defectuoso se identifican las siguientes causas (ver figura 30):

- Proveedor
- Falta de instructivo
- Sobrecarga del sistema
- Falta de motivación
- Falta de mantenimiento

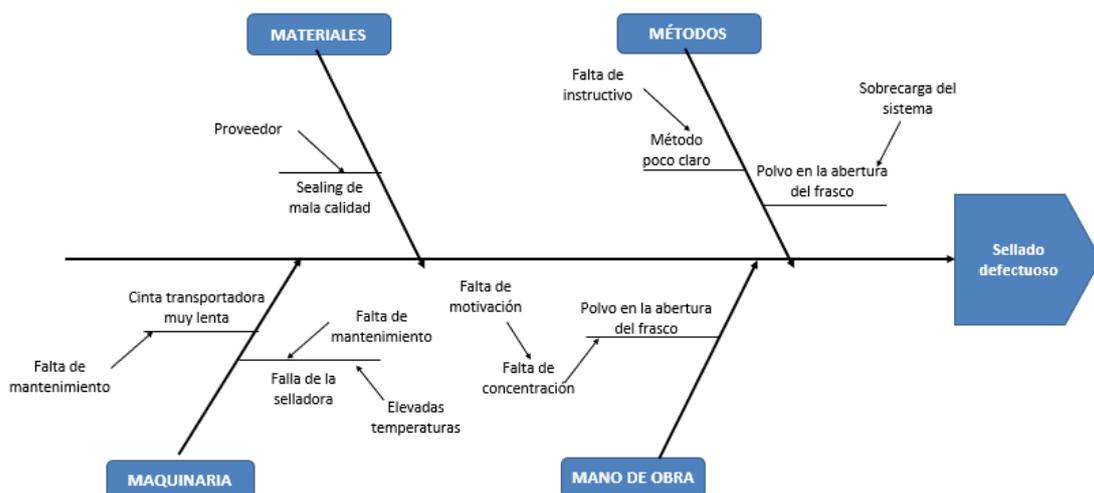


Figura 30: Diagrama de Ishikawa de sellado defectuoso.
Fuente: Elaboración propia.

De la observación y el diálogo realizado con los operarios, se puede desestimar la falta de motivación y la necesidad de un instructivo debido a que la tarea que debe realizar el operario 2 es sencilla. Además, se descarta como causa del problema al mantenimiento dado que la empresa cuenta con tres técnicos para resolver cualquier inconveniente que se genere y un jefe de mantenimiento encargado de planificar el mantenimiento preventivo. Por los motivos expuestos, se analizan el proveedor y la sobrecarga del sistema.

Sobrecarga del sistema

Por lo analizado en el punto 3.2.3, la tarea realizada por el operario 2 es el cuello de botella de la línea de producción de envasado y etiquetado, por lo tanto, la acumulación frascos puede generar que el operario intente realizar la tarea con mayor velocidad provocando una no conformidad en la tarea y aumentando posteriormente la probabilidad de falla en el sellado.

Proveedor

Como resultado de una entrevista con el Gerente de Planificación y Producción, se desprende que el *sealing* contenido en la tapa del proveedor es de mala calidad, por lo que podría ser una de las causas que genere el sellado defectuoso.

3.3.4. Información documentada

Al ser la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo relativamente nueva la empresa aún no ha desarrollado información documentada que acompañe al proceso. Es importante destacar que disponer de información sistemática y actualizada es vital para el correcto desarrollo de los procesos involucrados y la eficaz toma de decisiones acorde a las necesidades de la organización.

3.3.5. Costos

A partir de la tabla 12, se puede observar que aproximadamente el 96% del CVu se compone de la materia prima e insumos (tapa, cucharón, entre otros). La materia prima depende de procesos anteriores al estudiado, por lo que es muy complejo reducir su costo a través de una propuesta de mejora en la línea de producción de envasado, debido a la variabilidad que presenta la máquina dosificadora y a la baja precisión de su balanza. En cuanto a los insumos, son costos que dependen de los proveedores y de la capacidad de negociación del área de compras. Por lo tanto, solo se puede reducir el 4% del CVu que depende del costo de mano de obra y de la energía utilizada en las máquinas, a través de un aumento en la productividad y la capacidad productiva, respectivamente.

3.4. Propuestas de mejora

Una vez realizado el análisis crítico correspondiente, se realizan las diferentes propuestas para solucionar los problemas previamente mencionados.

3.4.1. Distribución en planta del proceso y ergonomía

En primer lugar, se propone **modificar la distribución de las máquinas en el recinto**. Se comienza modificando dos puntos que afectan a la ergonomía del puesto de trabajo de los operarios. De la observación a partir del análisis crítico, resulta que la mesa donde se apoyan los frascos vacíos a dosificar no era fácilmente accesible, por lo cual el operario debe girar el cuerpo para alcanzarlos. Con la distribución existente (ver figura 25), no se podía adelantar más la mesa porque la balanza lo impedía, entonces se rediseña para evitar que el operario realice el movimiento de rotación, teniendo la balanza a un lado y la mesa al otro.

En segundo lugar, se observa que el operario 2 debe poder tomar y colocar los frascos sobre las respectivas cintas transportadoras sin la necesidad de estirarse ni pararse. Además, con esta última modificación el operario de inspección no debe caminar los 5 metros que hay entre su puesto de trabajo y la mesa 3. En la figura 31, se puede observar el nuevo *layout*.

De la misma manera que en el diagrama de recorrido realizado en el apartado 3.2.2.1.1, los círculos negros son operarios (con la misma nomenclatura), las barras negras son cintas transportadoras, y la barra gris es el sinfín que eleva el polvo desde la tolva hacia la máquina dosificadora.

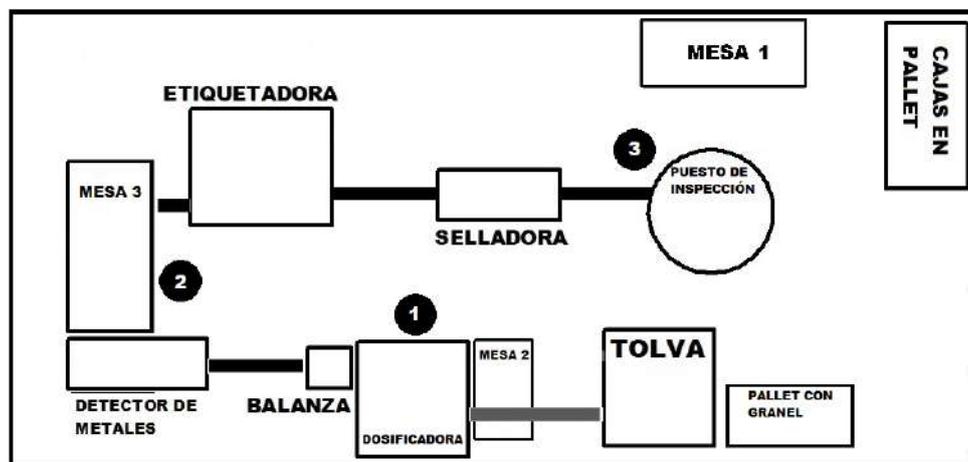


Figura 31: Distribución en planta del proceso propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Modificación de la metodología

A continuación, se detallan las modificaciones que se le realizan a la metodología de cada etapa del proceso de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Recepción de materia prima

La recepción de materia prima no se ve modificada por la propuesta de mejora realizada en este trabajo.

Dosificado

Luego de lo observado en el análisis crítico, se decide proponer un cambio en la forma de realizar la tarea del dosificado, ya que la máquina no se utiliza de la manera óptima y el método es ineficiente debido a que el operario tiene que pesar cada frasco antes de dosificar.

A partir del análisis realizado acerca de los pesos de los frascos vacíos que recibe la empresa desde el proveedor, se decide plantear que, en lugar de que se tare un frasco aleatorio y se acepten o se rechacen los frascos de acuerdo a eso, **se establezca un frasco patrón que pese 50,31 g y tarar la balanza con dicho frasco.**

Si llamamos “x” al peso de un frasco aleatorio, según la distribución de los pesos de los frascos (ver gráfico 2) se obtiene que:

- $P(x < 49,81 \text{ g}) = 0,0096.$
- $P(x > 50,81 \text{ g}) = 0,9902.$

Entonces:

- $P(49,81 \text{ g} < x < 50,81 \text{ g}) = 0,9806.$

Esto quiere decir que el 98,06% de los frascos estarán dentro del intervalo $50,31 \text{ g} \pm 0,50 \text{ g}.$

También se puede analizar el rango de pesos que asegura que los frascos cumplirán con una variación de 3 desviaciones estándar para cada lado de la media (99,73%). A partir de esto, se obtiene que el 99,73% de los frascos entrarán en el intervalo $50,31 \text{ g} \pm 0,64 \text{ g}.$

A partir de estos resultados se puede asegurar que, estadísticamente, todos los frascos entrarán en el rango permitido por la empresa, de que tengan una tolerancia de $\pm 1 \text{ g}$ respecto al valor tarado en la balanza de la dosificadora. Por ello, se propone **eliminar la tarea de revisar el peso de cada frasco antes de dosificarlo**, y de esta manera ahorrarle ese tiempo a la tarea de dosificado.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de los frascos vacíos y lo explicado en el apartado 3.3.1.1, se puede determinar como **valor objetivo de la máquina dosificadora 365 g** de polvo, **modificando el rango aceptable**. En la metodología actual se aceptan los frascos entre 361 g y 365 g. Con esta propuesta, este intervalo quedaría entre 361 g y 369 g. Esto se debe a que el error de la máquina es del 1% y sigue una distribución normal, por lo tanto, el peso variará el 99,73% de las veces entre 361,35 y 368,65.

Entonces, sumando los errores absolutos de la máquina dosificadora y los frascos del proveedor, nos da un intervalo del polvo dosificado de 360,71 a 369,29. Como se puede ver, estadísticamente todos los frascos estarán por encima de lo prometido por la etiqueta del frasco. Sin embargo, en la práctica puede suceder que haya frascos fuera de especificación. A diferencia de la metodología original, se propone que **la corrección manual del dosificado se realice al finalizar todos los frascos**, de manera de no interrumpir el dosificado semiautomático.

En conclusión, el operario 1 debe tomar un frasco vacío, lo dosifica, lo pesa en la balanza acoplada a la máquina dosificadora, y si está entre 361 g y 369 g le agrega el cucharón y lo coloca en la cinta transportadora del detector de metales. En caso de que no suceda así, se lo separa en la mesa 2 para su posterior corrección.

Detección de metales

Esta actividad no sufre modificaciones en la propuesta de mejora.

Limpieza y tapado

Como se pudo determinar en el punto 3.2.3, las tareas realizadas por el operario 2 son el cuello de botella de la línea de envasado y etiquetado. Por lo tanto, se decide realizar una propuesta de mejora y de esta manera reducir el tiempo de estas tareas.

Se determina que una de las causas de que se genere el sellado defectuoso es el tipo de *sealing* que acompaña a la tapa. Como resultado de un diálogo con el proveedor, se opta por un cambio de tapa a pesar de tener, en principio, un costo mayor. Este cambio permite **evitar la tarea de limpiado de rosca**, que insume un tiempo de 8,20 s por frasco, por la alta adherencia del *sealing*. En la tabla 13, se pueden observar los costos de la tapa actual y los costos de la tapa propuesta.

Tapa c/ <i>sealing</i> actual	20 \$/u
Tapa c/ <i>sealing</i> propuesta	23 \$/u

Tabla 13: Comparación de costos de las tapas actual y propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

A priori, este cambio de insumo aumentaría el costo variable unitario. Sin embargo, la eliminación de la tarea de limpiado de rosca provoca un cambio en el cuello de botella de la línea, que ahora dependerá de la tarea del operario 1. Esto permite un aumento en la capacidad de producción, la productividad y el aseguramiento de la hermeticidad del envase. Entonces, el incremento de costo resultante se puede imputar a una inversión en aseguramiento de la calidad del producto, dado que se reducirían los niveles de reprocesos y las consecuencias de entregar un frasco mal sellado al cliente. A partir de este cambio y de acercar las máquinas al puesto de trabajo, la tarea realizada por el operario 2 consiste en tomar el frasco proveniente del detector de metales, taparlo, limpiar su parte exterior y colocarlo en la cinta transportadora de la máquina etiquetadora.

Colocación de frasco en la etiquetadora

Esta actividad se ve afectada indirectamente por la propuesta de mejora del cambio en la distribución en planta del recinto, debido a que el operario que realizaba la colocación de los frascos era el operario 3, y ahora lo realiza el operario 2. Por lo tanto, esto elimina la demora que sufría el frasco al ser depositado en el cajón de 34 unidades y aguardar a ser colocado en la cinta.

Etiquetado y sellado por inducción

El etiquetado y sellado por inducción no se ve afectado por la propuesta de mejora.

Inspección y empaque

La inspección y empaque no sufre modificaciones a partir de la propuesta de mejora. Sin embargo, se ven reducidos drásticamente los reprocesos en el sellado.

3.4.3. Información documentada

A partir de los cambios efectuados, y a pesar de no exigirlo la Norma ISO desde 2015, se decide realizar un procedimiento para el nuevo proceso, un instructivo para el dosificado semiautomático y un instructivo para las correcciones manuales del dosificado. En el anexo II, se pueden observar las imágenes de los documentos realizados.

Además, se propone realizar dos registros: el primero es un registro para anotar la cantidad de frascos dañados que no se pueden utilizar para su correcta ejecución, con el objetivo de tener un seguimiento de los frascos que se reciben del proveedor (ver figura 32).

	Laboratorios Pharmamerican	RE-03	
	Registro de frascos dañados	Fecha:	01/09/2021
		Rev n°.1	Pág.: 1 de 1

Fecha	Numero de lote	Cantidad de frascos dañados

Figura 32: Registro de frascos dañados
Fuente: Elaboración propia.

El segundo registro es el de la OEE (figura 33), con el objetivo de tener información documentada sobre cómo opera la línea de envasado y etiquetado.

	Laboratorios Pharmamerican	RE-01
	Registro de la OEE	Pág.: 1 de 1

Fecha			
Producto			
Lote			
Operarios			
Hora Inicio			
Hora Fin			
Descansos			
Paradas			
Limpieza			
Consumo de materia prima (kg)			
Frascos obtenidos			
Frascos descartados			

Figura 33: Registro de la OEE.
Fuente: Elaboración propia.

3.5. Análisis de mejora

3.5.1. Diagrama bimanual para el nuevo dosificado

A partir de la propuesta de mejora realizada en el punto 3.4.2, se presenta el diagrama bimanual para el nuevo dosificado en la figura 34.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

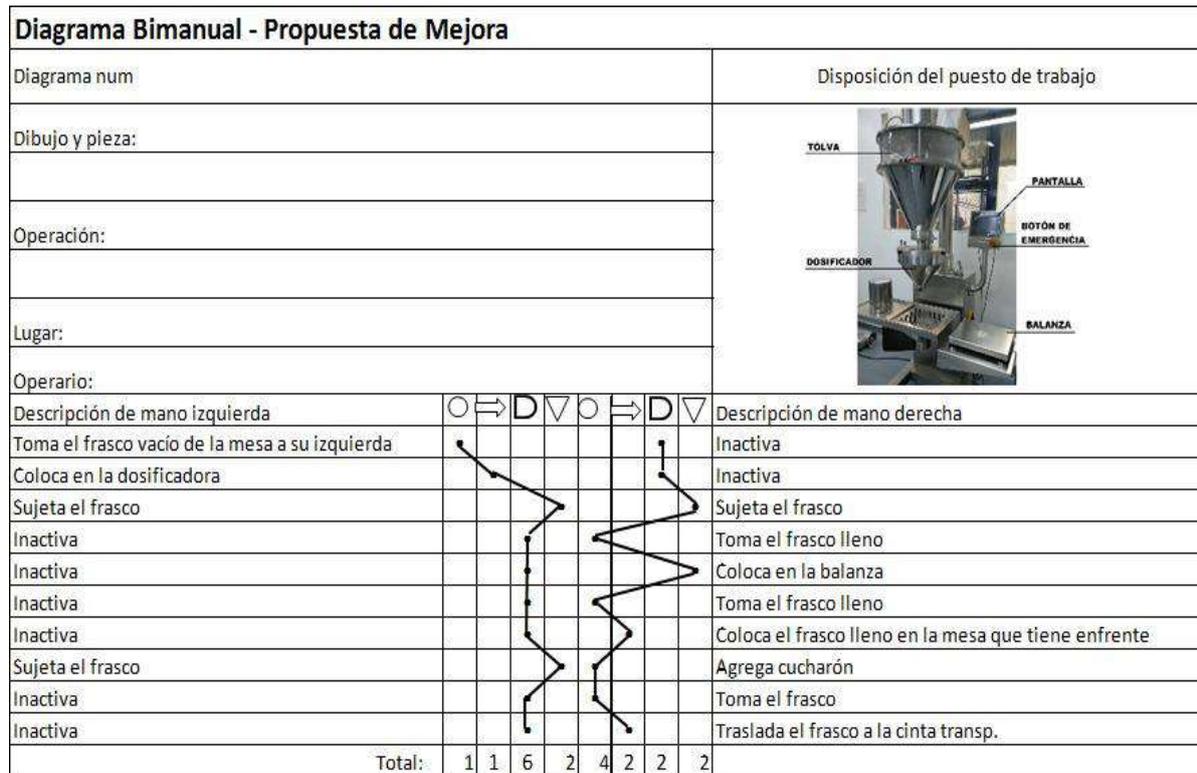


Figura 34: Diagrama bimanual de la tarea de dosificado de la propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando los diagramas bimanuales, se confecciona la tabla 14 donde se puede observar que se reducen 3 movimientos con cada mano. Además, disminuye la cantidad de momentos que una de las manos está inactiva, por lo tanto, se aprovecha más la utilización de ambas manos.

Actual	Propuesta de Mejora
Mano izquierda: <ul style="list-style-type: none"> Operación: 2 Traslado: 1 Espera: 8 Sostenido: 2 Total: 13	Mano izquierda: <ul style="list-style-type: none"> Operación: 1 Traslado: 1 Espera: 6 Sostenido: 2 Total: 10
Mano derecha: <ul style="list-style-type: none"> Operación: 5 Traslado: 4 Espera: 3 Sostenido: 1 Total: 13	Mano derecha: <ul style="list-style-type: none"> Operación: 4 Traslado: 2 Espera: 2 Sostenido: 2 Total: 10

Tabla 14: Comparación de los resultados del diagrama bimanual

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Ergonomía

A partir de la propuesta de mejora de la distribución en planta del proceso (ver punto 3.4.1), se presenta el método OWAS en la figura 35. A continuación se pueden observar los valores asignados para cada puesto de trabajo según el código de posturas adoptadas (ver figura 13), con su explicación.

Todos los operarios están sentados y no requieren estirarse ni mover la espalda para tomar/colocar los frascos, y sus brazos están por debajo de los hombros. Por ello, se asignan los siguientes valores:

- Espalda erguida: 1
- Ambos brazos por debajo de los hombros: 1
- Sentado: 1
- Carga menor a 10 Kg: 1

El valor obtenido mediante este análisis (ver figura 35, círculo negro) es un 1, el cual indica que la postura de trabajo adoptada por el personal no tiene efectos dañinos sobre su sistema músculo-esquelético y por lo tanto no requiere de medidas correctoras.

EVALUACIÓN DE LAS POSTURAS ADOPTADAS									
ESPALDA	BRAZO	1	2	3	4	5	6	7	PIERNAS
		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	USO DE FUERZA
1	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 2	
2	1	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	2 3 3	
	2	2 2 3	2 2 3	2 3 3	3 4 4	3 4 4	3 3 4	2 3 4	
	3	3 3 4	2 2 3	3 3 3	3 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
3	1	1 1 1	1 1 1	1 1 2	3 3 3	4 4 4	1 1 1	1 1 1	
	2	2 2 3	1 1 1	1 1 2	4 4 4	4 4 4	3 3 3	1 1 1	
	3	2 2 3	1 1 1	2 3 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	1 1 1	
4	1	2 3 3	2 2 3	2 2 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	2	3 3 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	3	4 4 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	

Figura 35: Método OWAS propuesto
Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Estudio de tiempos

A partir de las propuestas de mejora, se decide realizar un nuevo estudio de tiempos de las distintas tareas para tener en cuenta el efecto de las modificaciones. Cabe destacar que la tarea de colocación de frascos en la etiquetadora ya no se mide debido a que es un tiempo pequeño que está contemplado dentro de la actividad de limpiado exterior.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Para realizar este estudio de tiempos, la empresa accedió a aplicar temporalmente la nueva metodología de dosificado. En la tabla 15 se pueden observar los resultados obtenidos.

Laboratorios Pharmamerican - Planilla de estudio de tiempos Etiquetado y Envasado de vitamina en polvo - Propuesta de Mejora								
Área:							Estudio N°	
Realizado por:							Hoja N°:	
Operarios a cargo:							Fecha: 12/09/2021	
Subprocesos	Cantidad	TO [s]	Promedio [s]	TO [s] 1 unidad				
Dosificado	20	126,8	128,3	135,5	124,8	132,8	129,64	6,48
Tapado	16	60,3	55,8	63,6	58,2	61,3	59,84	3,74
Limpiado exterior	16	133,2	133,9	142,7	127,8	132,3	133,98	8,37
Inspección y empaque	31	229,8	243,8	249,8	215,3	232,4	234,22	7,56
Subtotal [s]								26,15

Tabla 15: Estudios de tiempos de la propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, el tiempo observado del dosificado disminuye debido a la nueva metodología. De la misma manera, también se redujo el tiempo observado de la tarea de inspección y empaque, a partir del cambio de la tapa *c/sealing*, lo cual redujo drásticamente los sellados defectuosos. En cambio, las tareas de tapado y limpiado exterior no se vieron significativamente afectadas por la eliminación de la actividad de limpiado de rosca.

Por otro lado, como la corrección manual del dosificado no se realiza durante el dosificado semiautomático, se le solicitó al operario que realice dicha actividad con diez frascos para poder determinar su tiempo observado. En la tabla 16, se observa el tiempo tipo de todas las tareas, incluido el de corrección manual del dosificado.

Tareas	TO [s]	V	TB [s]	Suplementos [s]	TOTAL [s]
Dosificado	6,48	1,00	6,48	0,97	7,45
Corrección manual del dosificado	10,81	1,00	10,81	1,62	12,43
Tapado	3,74	1,00	3,74	0,56	4,30
Limpiado exterior	8,37	1,00	8,37	1,26	9,63
Inspección y empaque	7,56	1,00	7,56	1,13	8,69

Tabla 16: Tiempos tipo de las tareas

Fuente: Elaboración propia.

Si bien en teoría menos del 1% de los frascos requerirá una corrección manual del dosificado, se decide ser conservador con este valor, y se lo considera como del 5%. Esto

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

se debe a que al iniciar el lote habrá una mayor cantidad de frascos fuera de especificación, causados por la puesta a punto de la máquina. Como la corrección se hace después de terminar todos los frascos buenos, se la agrega como parte de la actividad de dosificado al operario 1. Entonces, al unificar las tareas de dosificado y corrección manual, el tiempo tipo será de 8,08 s, es decir, la suma de 7,45 s y 0,63 s (5% de 12,43 s).

A partir de estos datos se elabora el balanceo de línea, que se muestra en la tabla 17.

Operación	Ciclo de Tiempo [s]	Estaciones	Ciclo de Tiempo Promedio [s]	% de carga
Dosificado y corrección manual	8,08	1	8,08	58%
Tapado y limpiado	13,93	1	13,93	100%
Inspección y empaque	8,69	1	8,69	62%

Tabla 17: Balanceo de línea con la aplicación de las mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el nivel de carga de la tarea realizada por el operario 2 es muy alto en comparación con las otras dos, que solo utilizan el 60% del tiempo. Por lo tanto, se decide evaluar la introducción de un nuevo operario a la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo, de manera de distribuir la carga más equitativamente. A continuación, se muestran las distintas alternativas planteadas.

3.5.3.1. Alternativas de distribución de los operarios

Alternativa 1

La primera alternativa se plantea utilizando los mismos 3 operarios de distribución original, teniendo en cuenta las mejoras propuestas (ver apartado 3.4). Se puede obtener el balanceo de línea que se ve en la tabla 17 y extraer los siguientes parámetros de línea, siendo su tasa de salida de 13,93 s.

Esto quiere decir que:

- Tiempo de Ciclo (TC) = 0,23 min/u.
- Capacidad de Producción (Cap) = 258,43 u/h.

Teniendo en cuenta que se requieren 3 operarios para obtener estos valores, la Productividad (P) será igual a 86,15 u/HH.

La suma de los ciclos de tiempo de cada operación da un total de 30,7 s, mientras que el total de ciclo de tiempo se obtiene multiplicando el ciclo de tiempo de la operación cuello de botella por la cantidad de estaciones totales en la línea. En este caso el total de ciclo de tiempo es de 41,79 s.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

La eficiencia entonces es el cociente entre estos dos valores, por lo que:

- Eficiencia = 73,46%.

Alternativa 2

Para la segunda alternativa se plantea la introducción de un nuevo operario a la línea, dividiendo las tareas que realiza el operario 2 (tapado y limpiado de exterior). Por lo tanto, el operario 2 se encargaría del tapado mientras que el operario 2' se encargaría del limpiado exterior. Con esta distribución, se obtiene la tabla 18.

Alternativa 2				
Operación	Ciclo de Tiempo [s]	Estaciones	Ciclo de Tiempo Promedio [s]	% de carga
Dosificado y corrección manual	8,08	1	8,08	84%
Tapado	4,30	1	4,30	45%
Limpiado	9,63	1	9,63	100%
Inspección y empaque	8,69	1	8,69	90%

Tabla 18: Balanceo de línea de la Alternativa 2.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 18, se pueden extraer algunos parámetros de la línea, cuya tasa de salida es de 9,63 s. Esto quiere decir que:

- Tiempo de Ciclo (TC) = 0,16 min/u.
- Capacidad de Producción (Cap) = 373,83 u/h.

Teniendo en cuenta que se requieren 4 operarios para obtener estos valores, la Productividad (P) será igual a 93,45 u/HH.

La suma de los ciclos de tiempo da un total de 30,7 s, mientras que el total de ciclo de tiempo se obtiene multiplicando el ciclo de tiempo de la operación cuello de botella por la cantidad de estaciones totales en la línea. En este caso el total de ciclo de tiempo es de 38,52 s.

La eficiencia entonces es el cociente entre estos dos valores, por lo que:

- Eficiencia = 79,69%.

Alternativa 3

Para la tercera alternativa también se plantea la introducción de un nuevo operario a la línea en la tarea de tapado y limpiado exterior, con la diferencia que ambos operarios (operarios 2 y 2') trabajen en paralelo. Por lo tanto, con esta nueva distribución se obtiene la tabla 19.

Alternativa 3				
Operación	Ciclo de Tiempo [s]	Estaciones	Ciclo de Tiempo Promedio [s]	% de carga
Dosificado y corrección manual	8,08	1	8,08	93%
Tapado y limpiado	13,93	2	6,97	80%
Inspección y empaque	8,69	1	8,69	100%

Tabla 19: Balanceo de línea de la Alternativa 3.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 19, se pueden extraer algunos parámetros de la línea, cuya tasa de salida es de 8,69 s. Esto quiere decir que:

- Tiempo de Ciclo (TC) = 0,14 min/u.
- Capacidad de Producción (Cap) = 414,27 u/h.

Teniendo en cuenta que se requieren 4 operarios para obtener estos valores, la Productividad (P) será igual a 103,58 u/HH.

La suma de los ciclos de tiempo da un total de 30,7 s, mientras que el total de ciclo de tiempo se obtiene multiplicando el ciclo de tiempo de la operación cuello de botella por la cantidad de estaciones totales en la línea. En este caso el total de ciclo de tiempo es de 34,76 s.

La eficiencia entonces es el cociente entre estos dos valores, por lo que:

- Eficiencia = 88,32%.

3.5.3.2. Comparación de alternativas

3.5.3.2.1. Parámetros

A continuación, se muestra la tabla 20 donde se comparan los distintos parámetros de la línea para las diferentes alternativas mencionadas anteriormente. Además, se incluyen los parámetros de la línea de producción original (ver punto 3.2.3) con el fin de analizar si hubo una mejora respecto de la situación inicial.

	Línea de producción original	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
TC (min/u)	0,37	0,23	0,16	0,14
Cap (u/h)	160,57	258,43	373,83	414,27
Productividad (u/HH)	53,52	86,15	93,45	103,58
Eficiencia	74,96%	73,46%	79,69%	88,32%

Tabla 20: Comparación de las diferentes distribuciones de operarios
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla 20, se puede determinar que las propuestas realizadas en el apartado 3.4 mejoran los parámetros incluso sin la necesidad de agregar un operario (alternativa 1). Sin embargo, la alternativa 3 es la que presenta una mayor eficiencia, productividad y capacidad de producción.

3.5.3.2.2. Costos

Se procede a calcular los CVu por unidad bruta para la línea de producción original y las tres alternativas propuestas. No se considera la necesidad de una capacitación si se incorporara un nuevo operario para realizar la tarea de tapado y limpiado de los frascos ya que se considera una actividad simple. Tampoco se tiene en cuenta el costo de mano de obra de redistribuir las máquinas en el recinto, dado que se realizaría por los mismos operarios de la línea y el tiempo empleado se compensaría por el aumento en la tasa de salida. En la tabla 21 se presentan los costos obtenidos.

Costos Variables	Línea de Producción Original [\$/u]	Alternativa 1 [\$/u]	Alternativa 2 [\$/u]	Alternativa 3 [\$/u]
Cucharón	6	6	6	6
Etiqueta	30,44	30,44	30,44	30,44
Frasco 1 kg	35	35	35	35
Tapa c/ <i>sealing</i>	20	23	23	23
Caja	0,59	0,59	0,59	0,59
Materia prima	431,19	433,57	433,57	433,57
Dosificadora (c/tolva)	0,05	0,03	0,02	0,02
Detector de metales (c/cinta transportadora)	0,006	0,004	0,003	0,002
Etiquetadora (c/cinta transportadora)	0,0287	0,0178	0,0123	0,0111
Selladora (c/cinta transportadora)	0,0355	0,022	0,015	0,014
Acumuladora (puesto de inspección)	0,0021	0,0013	0,0009	0,0008
Mano de Obra	21,49	13,35	12,31	11,10
TOTAL	544,82	542,02	540,96	539,75

Tabla 21: Tabla comparativa de costos variables.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que los costos de la tapa c/*sealing* y de la materia prima por unidad de producto aumentan debido a la metodología propuesta (ver apartado 3.4.2). En

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo cambio, los costos energéticos de las máquinas y los de mano de obra se reducen, ya que aumentan la tasa de salida de la línea y la productividad (ver apartado 3.5.2).

3.5.3.3. Selección de alternativa

A partir de las tablas 20 y 21, se puede determinar que la mejor propuesta es la alternativa 3, ya que no solo es la más productiva, sino que además es la más económica. Comparando los parámetros con la línea de producción original, se puede observar que se logra mejorar la productividad del proceso un 93,54% y la capacidad productiva un 158%. Por otro lado, la eficiencia pasa de un 74,96% a un 88,32%, optimizando la utilización del tiempo.

Siguiendo con el análisis anterior, se puede observar que la reducción del CVu del producto final es de apenas un 0,93%, debido a la estructura inicial de costos explicada en el apartado 3.3.5. Por otro lado, se puede afirmar que el costo fijo unitario (CFu) se podrá reducir significativamente debido al aumento en la capacidad de producción. No se puede estimar un porcentaje de reducción del CFu ya que dependerá de cuánto se produzca con la nueva línea propuesta, pero si se comparan situaciones hipotéticas en las que ambas metodologías trabajen la misma cantidad de horas, el CFu quedaría reducido un 61,24%.

3.6. Propuesta

A continuación, se explicitan las propuestas respecto a la mejora del proceso y al establecimiento de acciones para su seguimiento.

3.6.1. Mejora en el proceso

Se presenta en la figura 36 la distribución de los operarios en la sala de acuerdo a la nueva distribución en planta al introducir un nuevo operario según la alternativa 3.

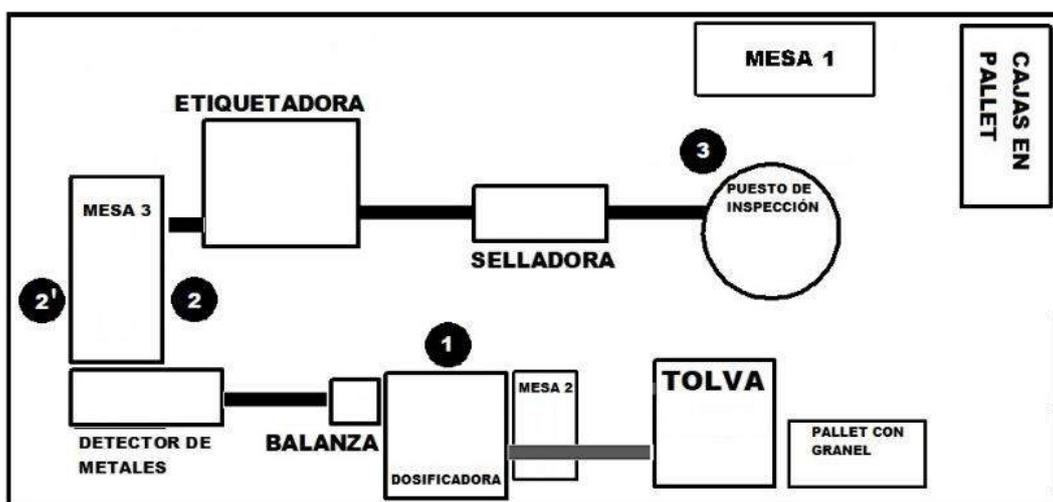


Figura 36: Distribución de operarios en la sala.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

De la misma manera que en el diagrama de recorrido realizado en el apartado 3.2.2.1.1, los círculos negros son operarios (con la misma nomenclatura), las barras negras son cintas transportadoras, y la barra gris es el sinfín que eleva el polvo desde la tolva hacia la máquina dosificadora.

Se presenta en la figura 37 el diagrama de flujo del proceso propuesto, tal lo desarrollado en el punto 3.4.2.

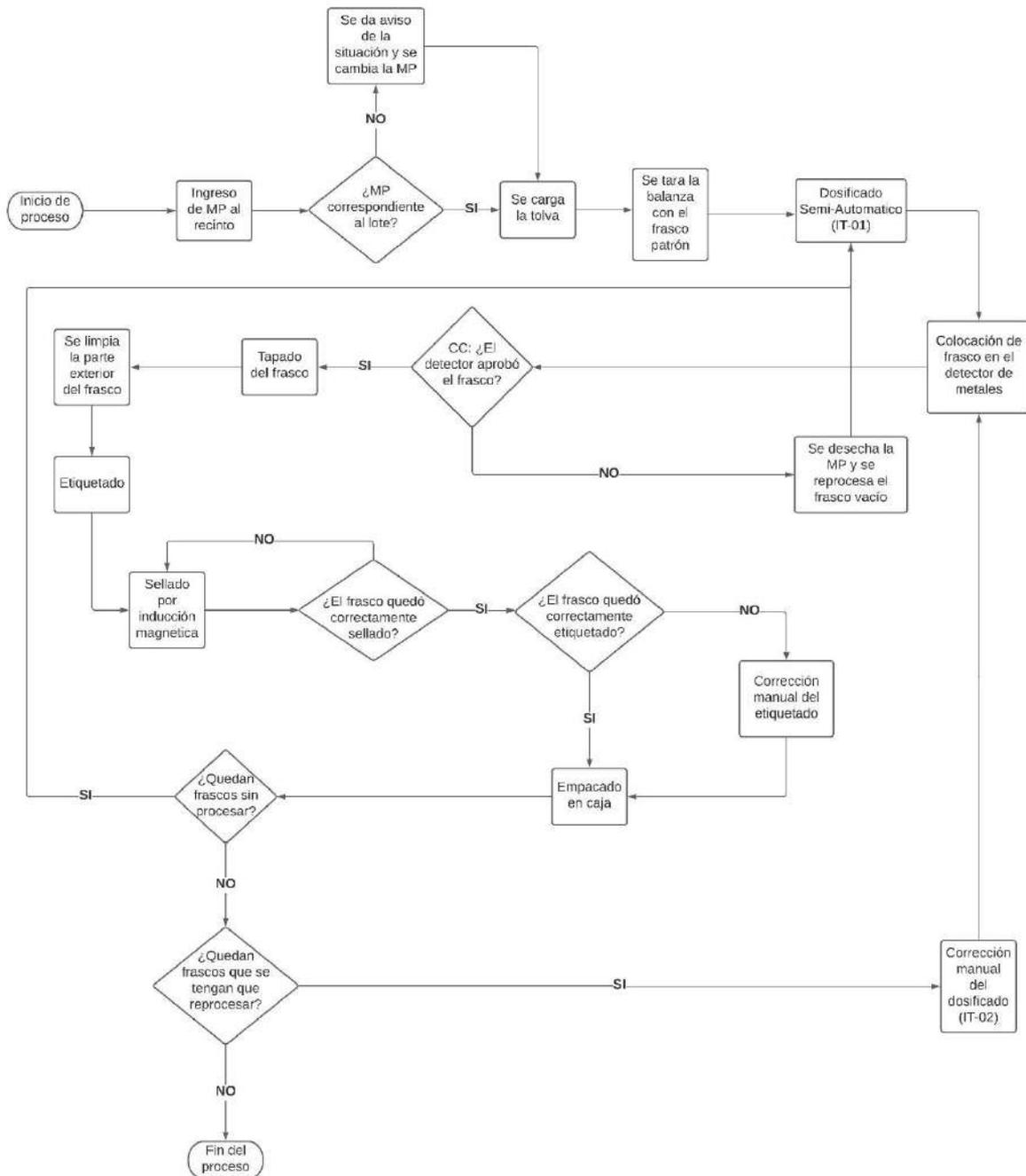


Figura 37: Diagrama de flujo del proceso propuesto.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Seguimiento del proceso

Se establecen indicadores para la confección de un Tablero de Control Operativo como herramienta para el seguimiento del proceso.

3.6.2.1. Indicadores

3.6.2.1.1. Eficiencia General de los Equipos

Se utilizará la información anotada por los operarios en el registro de la OEE (figura 33) para transcribirla en una hoja de Excel (ver figura 38). Las celdas de color azul se deben cargar de forma manual y las celdas de color verde se rellenan automáticamente a través de fórmulas de Excel.

Las fórmulas de las distintas celdas son las siguientes:

- Tiempo Calendario = Hora fin - Hora inicio
- Tiempo Carga = Tiempo Calendario - Descansos - Corte temprano y programado
- Tiempo Operación = Tiempo Carga - Paradas - Limpiezas
- Frascos Totales = Frascos Obtenidos + Frascos Descartados (son aquellos frascos que se descartan luego de haber sido procesados por la línea)
- Tiempo Operación Estándar = Frascos Totales * Tiempo Ideal para hacer 1 frasco
- Día = Día (Fecha)
- Mes = Mes (Fecha)
- Año = Año (Fecha)

Aclaración: las celdas de Día, Mes y Año tienen como fin poder generar la tabla dinámica que se mostrará posteriormente.

Fecha				
Código				
Producto				
Hora Inicio				
Hora Fin				
Tiempo Calendario (min)				
Descansos (min)				
Corte temprano y programado (min)				
Tiempo Carga (min)				
Paradas (min)				
Limpiezas (min)				
Tiempo Operación (min)				
Frascos Obtenidos				
Frascos Descartados				
Frascos Totales				
Tiempo Operación Estándar (min)				
Consumo de Materia Prima (kg)				
Observaciones				
Día				
Mes				
Año				

Figura 38: Hoja de cálculo de Excel para registrar los datos de la línea.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

Aclaración: esta tabla está transpuesta respecto a la planilla real por cuestiones visuales. En la hoja de cálculo las filas van como columnas, y se completan los datos de arriba hacia abajo.

Luego, se construye una tabla dinámica (figura 39) con los datos del Excel para poder observar de manera más sencilla los indicadores. Para crear la tabla es necesario crear cuatro campos calculados:

- Fc (Factor de calidad) = Frascos Obtenidos / Frascos Totales
- Fd (Factor de disponibilidad) = Tiempo Operación (min) / Tiempo Carga (min)
- Fr (Factor de rendimiento) = Tiempo Operación Estándar / Tiempo Operación (min)
- OEE = Fc * Fr * Fd

A continuación, se puede ver cómo queda esta tabla dinámica:

Mes	Fc	Fr	Fd	OEE
Septiembre	0,941	0,850	0,936	75%
15	0,962	0,820	0,924	73%
16	0,882	0,833	0,933	69%
17	0,944	0,857	0,948	77%
21	0,968	0,886	0,933	80%

Figura 39: Tabla dinámica de la OEE
Fuente: Elaboración propia.

Aclaración: los valores de la tabla no son valores reales, son solo a modo de ejemplo.

3.6.2.1.2. Rendimiento de MP

Se decide realizar un indicador que muestre el rendimiento de la materia prima. La razón por la cual se creó este parámetro es para llevar un seguimiento del proceso a lo largo del tiempo, y para poder, luego de tener datos significativos, estimar los costos por unidad neta del producto final.

$$\text{Rendimiento de MP} = \frac{N^{\circ} \text{ Frascos obtenidos [frascos]} \times 0,365 \text{ [g/frascos]}}{\text{MP consumida [g]}} \times 100\% \quad (5)$$

Se utiliza como peso de referencia 365 g ya que será el contenido neto de un frasco promedio de la nueva metodología. Los desperdicios vendrán por factores como pérdidas al dosificar, al cargar la tolva, o incluso por restos del material que vaya quedando acumulado en la tolva y quede inutilizado.

3.6.2.1.3. Rendimiento de frascos vacíos

La idea de disponer de este indicador, es que muestre el rendimiento de los frascos vacíos que se adquieren del proveedor. Es un indicador interesante al cual hacerle un seguimiento, ya que ante alguna anomalía o reducción sostenida del porcentaje, se podría

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo evaluar la responsabilidad del proveedor y aplicar medidas correctivas. Actualmente, la empresa no dispone de ningún parámetro que le muestre el desempeño de su proveedor de potes.

Además, de la misma manera que con la materia prima, será un indicador útil para estimar los costos por unidad neta del producto final.

$$Rendimiento\ de\ frascos = \frac{Frascos\ totales - Frascos\ dañados}{Frascos\ totales} \times 100\% \quad (6)$$

3.6.2.2. Tablero de Control Operativo

A partir de los indicadores definidos previamente se propone un tablero de control, tal como se presenta en la figura 40. Se completa para cada indicador, los parámetros previamente definidos: límite inferior, superior y meta.

TABLERO DE CONTROL OPERATIVO															
Responsable:															
Indicador	Mínimo aceptable	Meta	Ultima fecha de revision	Mediciones											
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Indicadores de medición mensual															
Fr	70%	88%													
Fc	95%	97%													
Fd	85%	95%													
OEE	50%	80%													
Rendimiento de MP	85%	92%													
Rendimiento de frascos	96%	98%													

Figura 40: Tablero de control operativo.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que completar el tablero de control no es un fin en sí mismo. Debe realizarse un análisis posterior de los resultados con el objetivo de definir un accionar acorde al estado en el que se encuentra cada indicador. Estas acciones incluyen: continuar con la forma en la que se desarrollan las actividades actualmente, implementar cambios o revisar los parámetros establecidos.

4. CONCLUSIONES

A partir del análisis de la situación actual de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo, se logra alcanzar el objetivo principal de proponer mejoras que permitan realizar el proceso de una manera más eficiente y a un menor costo.

Una vez obtenido el diagnóstico, se realiza el análisis crítico, donde se evalúan distintas cuestiones, tales como: la metodología de trabajo, la distribución física de las máquinas y la ergonomía, el cuello de botella del proceso, los parámetros de la línea, la estructura de costos y los diferentes problemas que surgen al momento de la elaboración del producto.

Las propuestas de mejora que surgen son:

1. Cambio en la distribución en planta: se modifica la disposición de la línea de producción objeto del estudio, con el propósito de que el operario realice las tareas de una manera sencilla, reduciendo los factores de riesgo ergonómicos.
2. Cambio en la metodología de dosificado: se propone cambiar la forma actual de operar la máquina dosificadora, teniendo en cuenta sus características técnicas y las propiedades de peso de los frascos vacíos.
3. Eliminación de tareas innecesarias: se prescinde del limpiado de la rosca del frasco, la verificación del peso del frasco vacío (relacionado con el dosificado) y la demora del traslado de los frascos a la cinta de la máquina etiquetadora.
4. Redistribución de los operarios: se agrega un operario a la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo, reestructurando la actividad que surge como cuello de botella del proceso.
5. Implementación de información documentada: se crea un procedimiento para la línea de envasado y etiquetado, incluyendo los nuevos cambios en el proceso. También se crean instructivos y registros que colaboran al correcto funcionamiento de la línea.
6. Implementación de indicadores y Tablero de Comando Operativo: se desarrolla un indicador de eficiencia general (OEE), que combina métricas de disponibilidad, rendimiento y calidad del proceso. Además, se implementan dos indicadores de rendimientos: uno para la materia prima y otro para los frascos vacíos. A partir de estos indicadores, se establece un Tablero de Comando Operativo para realizar seguimientos periódicos del proceso y facilitar la toma de decisiones de la Gerencia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

A partir de estas propuestas de mejora, se pueden estimar los nuevos parámetros de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo. Se logra mejorar la productividad del proceso un 93,54% y la capacidad productiva un 158%. Por otro lado, la eficiencia pasa de un 74,96% a un 88,32%, optimizando la utilización del tiempo.

Sin embargo, aunque se obtienen elevados resultados en términos de productividad y capacidad de producción, las mejoras realizadas no logran influir significativamente en los costos variables unitarios debido a la predominancia de los costos de la materia prima y los insumos. De todos modos, las mejoras en la optimización del uso del tiempo, influyen positivamente en los costos fijos unitarios, ya que en igualdad de condiciones se reducen un 61,24%. Además, si bien la alternativa 3 resulta ser la mejor opción, se requiere de un aumento sostenido en las ventas para que se justifique la incorporación de un nuevo operario.

Este trabajo brinda la oportunidad de continuar con la mejora analizando la reducción de los costos de materia prima e insumos, evaluando a los proveedores internos y externos. Un Plan de Marketing que promueva las ventas permitiría, a su vez, optimizar los recursos puestos en juego en el funcionamiento de la línea.

Finalmente, se puede decir que los objetivos propuestos se cumplen satisfactoriamente, siendo fundamentales los conceptos incorporados a lo largo de la carrera, los cuales resultan de suma utilidad para comprender el proceso y realizar el correspondiente análisis y las propuestas de mejora desarrolladas.

5. BIBLIOGRAFIA

Cátedra Gestión de la Calidad (2021). *Apuntes*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Cátedra Ingeniería Económica para empresas industriales y servicios (2020). *Apuntes*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Cátedra Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (2021). *Apuntes*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (2015). *Posturas de trabajo: Evaluación del riesgo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4.a ed.). OIT

Kaplan, R., & Norton, D. (2002). *Cuadro de Mando Integral* (2.ª ed.). Gestión 2000.

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración De Operaciones* (8.a ed.). Pearson Educación.

Laboratorios Pharmamerican. (s. f.). *Sitio web oficial de Laboratorios Pharmamerican*. Recuperado 10 de septiembre de 2021, de <https://www.labpharmamerican.com/>.

Laboratorios Pharmamerican. (s. f.). *Tienda oficial de Laboratorios Pharmamerican*. Recuperado 10 de septiembre de 2021, de <https://www.pharmamerican.com.ar/>.

Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3.a ed.). Prentice Hall.

Strano, F. (2020). *Emprendiendo Kaizen - Módulo 3* (1.a ed.). INTI.

Summers, D. (2006). *Administración de la Calidad*. Pearson Educación.

Walpole, R., Myers, R., & Myers, S. (2012). *Probabilidad Y Estadística Para Ingeniería Y Ciencias* (9.a ed.). Pearson Educación.

6. ANEXO

Anexo I: Res. 295/2003 (anexo I)

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ERGONOMIA

La Ergonomía es el término aplicado al campo de los estudios y diseños como interfase entre el hombre y la máquina para prevenir la enfermedad y el daño mejorando la realización del trabajo. Intenta asegurar que los trabajos y tareas se diseñen para ser compatibles con la capacidad de los trabajadores.

En los valores límites para las vibraciones mano-brazo (VMB) y del cuerpo entero (VCE) se consideran, en parte, la fuerza y la aceleración. En los valores límites para el estrés por el calor se consideran, en parte, los factores térmicos.

La fuerza es también un agente causal importante en los daños provocados en el levantamiento manual de cargas.

Otras consideraciones ergonómicas importantes son la duración del trabajo, los trabajos repetitivos, el estrés de contacto, las posturas y las cuestiones psicosociales.

TRASTORNOS MUSCULOESQUELETICOS RELACIONADOS CON EL TRABAJO

Se reconocen los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo como un problema importante de salud laboral que puede gestionarse utilizando un programa de ergonomía para la salud y la seguridad. El término de trastornos musculoesqueléticos se refiere a los trastornos musculares crónicos, a los tendones y alteraciones en los nervios causados por los esfuerzos repetidos, los movimientos rápidos, hacer grandes fuerzas, por estrés de contacto, posturas extremas, la vibración y/o temperaturas bajas. Otros términos utilizados generalmente para designar a los trastornos musculoesqueléticos son los trastornos por trauma acumulativo, enfermedad por movimientos repetidos y daños por esfuerzos repetidos. Algunos de estos trastornos se ajustan a criterios de diagnóstico establecidos como el síndrome del túnel carpiano o la tendinitis. Otros trastornos musculoesqueléticos pueden manifestarse con dolor inespecífico. Algunos trastornos pasajeros son normales como consecuencia del trabajo y son inevitables, pero los trastornos que persisten día tras día o interfieren con las actividades del trabajo o permanecen diariamente, no deben considerarse como consecuencia aceptable del trabajo.

Estrategias de control

La mejor forma de controlar la incidencia y la severidad de los transtornos musculoesqueléticos es con un programa de ergonomía integrado. Las partes más importantes de este programa incluyen:

- Reconocimiento del problema
- Evaluación de los trabajos con sospecha de posibles factores de riesgo

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

- Identificación y evaluación de los factores causantes
- Involucrar a los trabajadores bien informados como participantes activos, y
- Cuidar adecuadamente de la salud para los trabajadores que tengan trastornos musculoesqueléticos.

Cuando se ha identificado el riesgo de los trastornos musculoesqueléticos se deben realizar los controles de los programas generales. Estos incluyen a los siguientes:

- Educación de los trabajadores, supervisores, ingenieros y directores.
- Información anticipada de los síntomas por parte de los trabajadores, y
- Continuar con la vigilancia y evaluación del daño y de los datos médicos y de salud.

Los controles para los trabajos específicos están dirigidos a los trabajos particulares asociados con los trastornos musculoesqueléticos. Entre ellos se encuentran los controles de ingeniería y administrativos. La protección individual puede estar indicada en algunas circunstancias limitadas.

Entre los controles de ingeniería para eliminar o reducir los factores de riesgo del trabajo, se pueden considerar los siguientes:

- Utilizar métodos de ingeniería del trabajo, p.e., estudio de tiempos y análisis de movimientos, para eliminar esfuerzos y movimientos innecesarios.
- Utilizar la ayuda mecánica para eliminar o reducir el esfuerzo que requiere manejar las herramientas y objetos de trabajo.
- Seleccionar o diseñar herramientas que reduzcan el requerimiento de la fuerza, el tiempo de manejo y mejoren las posturas.
- Proporcionar puestos de trabajo adaptables al usuario que reduzcan y mejoren las posturas.
- Realizar programas de control de calidad y mantenimiento que reduzcan las fuerzas innecesarias y los esfuerzos asociados especialmente con el trabajo añadido sin utilidad.

Los controles para los trabajos específicos pueden ser controles de ingeniería y/o controles administrativos. Los primeros permiten eliminar o reducir los factores de riesgo del trabajo y los segundos disminuyen el riesgo al reducir el tiempo de exposición, compartiendo la exposición entre un grupo mayor de trabajadores.

Dentro de los controles de ingeniería se pueden considerar los siguientes:

- Utilizar métodos de ingeniería del trabajo
- Utilizar ayuda mecánica para eliminar o reducir el esfuerzo requerido por una herramienta.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

- Seleccionar o diseñar herramientas que reduzcan la fuerza, el tiempo de manejo y mejoren las posturas.

- Proporcionar puestos de trabajo adaptables al usuario que mejoren las posturas.

- Realizar programas de control de calidad y mantenimiento que reduzcan fuerzas innecesarias y esfuerzos asociados con el trabajo añadido sin utilidad.

Los controles administrativos disminuyen el riesgo al reducir el tiempo de exposición, compartiendo la exposición entre un grupo mayor de trabajadores. Ejemplos de esto son los siguientes:

- Realizar pautas de trabajo que permitan a los trabajadores hacer pausas o ampliarlas lo necesario y al menos una vez por hora.

- Redistribuir los trabajos asignados (p. ej., utilizando la rotación de los trabajadores o repartiendo el trabajo) de forma que un trabajador no dedique una jornada laboral entera realizando demandas elevadas de tareas.

Dada la naturaleza compleja de los trastornos musculoesqueléticos no hay un 'modelo que se ajuste a todos' para abordar la reducción de la incidencia y gravedad de los casos. Se aplican los principios siguientes como actuaciones seleccionadas:

- Los controles de ingeniería y administrativos adecuados varían entre distintas industrias y compañías.

- Es necesario un juicio profesional con conocimiento para seleccionar las medidas de control adecuadas.

- Los trastornos musculoesqueléticos (TMS) relacionados con el trabajo requieren períodos típicos de semanas a meses para la recuperación. Las medidas de control deben evaluarse en consonancia a determinar su eficacia.

Factores no laborales

No es posible eliminar todos los trastornos musculoesqueléticos con los controles de ingeniería y administrativos. Algunos casos pueden asociarse con factores no laborales tales como:

- Artritis reumatoide
- Trastornos endocrinológicos
- Trauma agudo
- Obesidad
- Embarazo
- Actividades recreativas

Los valores límite recomendados pueden no proteger a las personas en estas condiciones y/o exposiciones. Las actuaciones de ingeniería y administrativas pueden

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

ayudar a eliminar las barreras ergonómicas a las personas predispuestas a colaborar y ayudar así a disminuir las desventajas.

* NIVEL DE ACTIVIDAD MANUAL

Aunque los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo pueden ocurrir en diversas partes del cuerpo (incluyendo los hombros, el cuello, la región lumbar y las extremidades inferiores) la finalidad de este valor límite umbral se centra en la mano, en la muñeca y en el antebrazo.

El valor límite umbral representado en la Figura 1 está basado en los estudios epidemiológicos, psicofísicos y biomecánicos, dirigido a las 'monotareas'; trabajos realizados durante 4 o más horas al día.

Un trabajo monotarea comprende un conjunto similar de movimientos o esfuerzos repetidos, como son el trabajo en una cadena de montaje o la utilización del teclado de un ordenador y el ratón. El valor límite umbral considera específicamente la media del nivel de actividad manual (NAM) y la fuerza pico de la mano. Se establece para las condiciones a las que se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud.

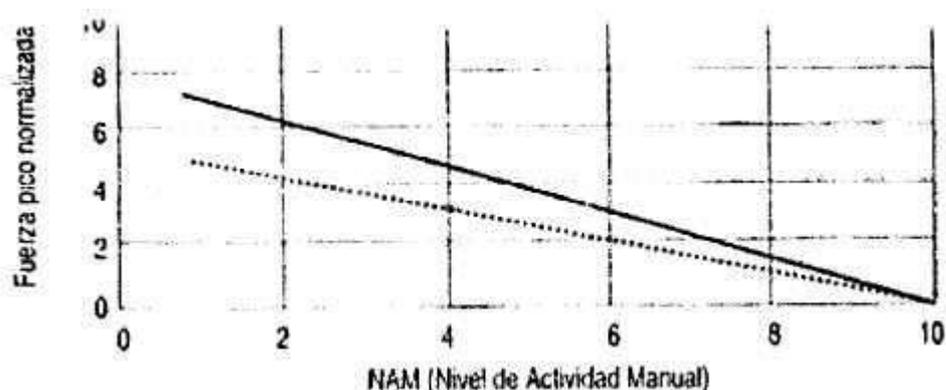


Figura 1. El valor para reducir los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo en la 'actividad manual' o 'AM' y la fuerza máxima (pico) de la mano. La línea continua representa el valor límite umbral. La línea de puntos es un límite de Acción para el que se recomienda establecer controles generales.

El Nivel de Actividad Manual (NAM) está basado en la frecuencia de los esfuerzos manuales y en el ciclo de obligaciones (distribución del trabajo y períodos de recuperación). EL NAM puede determinarse por tasaciones por un observador entrenado, utilizando la escala que se da en la Figura 2, o calculándolo usando la información de la frecuencia de esfuerzos y la relación trabajo/recuperación como se describe en la Tabla 1.

La fuerza pico de la mano está normalizada en una escala de 0 a 10, que se corresponde con el 0% al 100% de la fuerza de referencia aplicable a la población. La fuerza pico puede determinarse por tasación por un observador entrenado, estimada por los

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

trabajadores utilizando una escala llamada escala de Borg, o medida utilizando la instrumentación, por ejemplo, con un extensómetro o por electromiografía. En algunos casos puede calcularse utilizando métodos biomecánicos. Los requisitos de la fuerza pico pueden normalizarse dividiendo la fuerza requerida para hacer el trabajo por la fuerza empleada por la población trabajadora para realizar esa actividad.

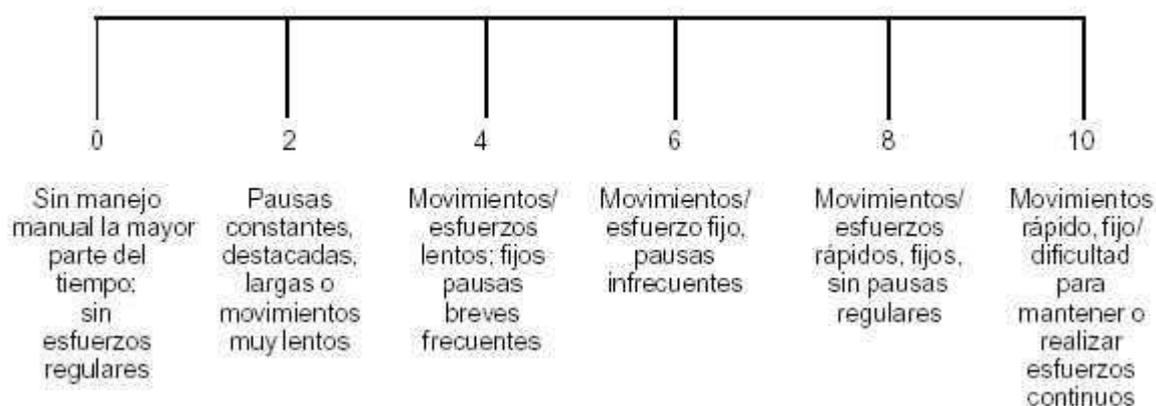


Figura 2. Tasación (0 a 10) del nivel de actividad manual usando las pautas indicadas.

La línea continua de la Figura 1 representa las combinaciones de fuerza y nivel de actividad manual asociadas con una prevalencia significativamente elevada de los trastornos musculoesqueléticos.

Deben utilizarse las medidas de control adecuadas para que la fuerza, a un nivel dado de la actividad manual, esté por debajo de la parte superior de la línea continua de la Figura 1. No es posible especificar un valor límite que proteja a todos los trabajadores en todas las situaciones sin afectar profundamente las relaciones con el trabajo. Por lo tanto, se prescribe un límite de acción, recomendándose en este punto los controles generales, incluyendo la vigilancia de los trabajadores.

TABLA 1. Nivel de actividad manual (0 a 10) en relación con la frecuencia del esfuerzo y el ciclo de ocupación (% del ciclo de trabajo cuando la fuerza es mayor que el 5% del máximo).

Frecuencia (esfuerzo/s)	Período /s/esfuerzo)	Ciclo de ocupación (%)				
		0,20	20-40	40-60	60-80	80-100
0,125	8,0	1	1	—	—	—
0,25	4,0	2	2	3	—	—
0,5	2,0	3	4	5	5	6
1,0	1,0	4	5	5	6	7
2,0	0,5	—	5	6	7	8

Notas:

1.- Redondear los valores NAM al número entero más próximo.

2.- Utilizar la Figura 2 para obtener los valores NAM que no estén en la tabla.

Ejemplo:

1.- Seleccionar un período de trabajo que represente una actividad media. El período seleccionado debe incluir varios ciclos de trabajo completos. Se pueden utilizar cintas de video con el fin de documentar esto y facilitar la tasación del trabajo por otras personas.

2.- Utilizar la escala de Figura 2 para tasar el nivel de actividad manual. La tasación independiente de los trabajos y la discusión de los resultados por tres o más personas puede ayudar a tener tasaciones más precisas que las realizadas individualmente.

3.- Observar el trabajo para identificar los esfuerzos vigorosos y las posturas correspondientes. Evaluar las posturas y las fuerzas utilizando las tasaciones de los observadores de los trabajadores, el análisis biomecánico o la instrumentación. La fuerza pico normalizada es la fuerza pico necesaria dividida por la fuerza máxima representativa de la postura multiplicada por 10.

Consideración de otros factores

Si uno o más de los factores siguientes están presentes, se debe usar el juicio profesional para reducir las exposiciones por debajo de los límites de acción recomendados en los valores límite del NAM.

- Posturas obligadas prolongadas tales como la flexión de la muñeca, extensión, desviación de la muñeca o rotación del antebrazo.
- Estrés de contacto.
- Temperaturas bajas, o
- Vibración.

Emplear las medidas de control adecuadas en cualquier momento en que se superen los valores límite o se detecte una incidencia elevada de los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo.

PROPUESTA DE ESTABLECIMIENTO

+ Levantamiento manual de cargas

Estos valores límite recomiendan las condiciones para el levantamiento manual de cargas en los lugares de trabajo, considerándose que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin desarrollar alteraciones de lumbago y hombros relacionadas con el trabajo asociadas con las tareas repetidas del levantamiento manual de cargas. Se deben implantar medidas de control adecuadas en cualquier momento en que se excedan los valores límite para el levantamiento manual de cargas o se detecten alteraciones musculoesqueléticas relacionadas con este trabajo.

Valores límite para el levantamiento manual de cargas.

Estos valores límite están contenidos en tres tablas con los límites de peso, en Kilogramos (Kg), para dos tipos de manejo de cargas (horizontal y en altura), en las tareas de mono levantamiento manual de cargas, dentro de los 30 grados del plano (neutro) sagital. Estos valores límite se dan para las tareas de levantamiento manual de cargas definidas por su duración, sea ésta inferior o superior a 2 horas al día, y por su frecuencia expresada por el número de levantamientos manuales por hora, según se define en las Notas de cada tabla.

En presencia de cualquier factor o factores, o condiciones de trabajo listadas a continuación, se deberán considerar los límites de peso por debajo de los valores límite recomendados.

- Levantamiento manual de cargas con frecuencia elevada: > 360 levantamientos por hora.
- Turnos de trabajo prolongados: levantamientos manuales realizados por más de 8 horas/día.
- Asimetría elevada: levantamiento manual por encima de los 30 grados del plano sagital
- Levantamiento con una sola mano.
- Postura agachada obligada del cuerpo, como el levantamiento cuando se está sentado o arrodillado.
- Calor y humedad elevados.
- Levantamiento manual de objetos inestables (p.e. líquidos con desplazamiento del centro de su masa).
- Sujeción deficiente de las manos: falta de mangos o asas, ausencia de relieves u otros puntos de agarre.
- Inestabilidad de los pies (p.e. dificultad para soportar el cuerpo con ambos pies cuando se está de pié).

Instrucciones para los usuarios

1.- Leer la Documentación de los valores límite para el levantamiento manual de cargas para comprender la base de estos valores límite.

2.- Determinar la duración de la tarea si es inferior o igual a 2 horas al día o superior a 2 horas al día. La duración de la tarea es el tiempo total en que el trabajador realiza el trabajo de un día.

3.- Determinar la frecuencia del levantamiento manual por el número de estos que realiza el trabajador por hora.

TABLA 1. Valores límite para el levantamiento manual de cargas para tareas ≤ 2 horas al día con ≤ 60 levantamientos por hora o > 2 horas al día con ≤ 12 levantamientos/hora.

Situación horizontal del levantamiento Altura del levantamiento	Levantamientos próximos: origen < 30 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos intermedios: origen de 30 a 60 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos alejados: origen > 60 a 80 cm desde el punto medio entre los tobillos A
Hasta 30 cm ^B por encima del hombro desde una altura de 8 cm por debajo del mismo.	16 Kg	7 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C
Desde la altura de los nudillos hasta por debajo del hombro.	32 Kg	16 Kg	9 Kg
Desde la mitad de la espinilla hasta la altura de los nudillos ^B	18 Kg	14 Kg	7 Kg
Desde el suelo hasta la mitad de la espinilla	14 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C

Notas:

A. Las tareas de levantamiento manual de cargas no deben iniciarse a una distancia horizontal que sea mayor de 80 cm desde el punto medio entre los tobillos (Figura 1)

B. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse desde alturas de partida superiores a 30 cm por encima del hombro o superiores a 180 cm por encima del nivel del suelo (Figura 1)

C. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse para los cuadros sombreados de la tabla que dicen 'No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos'. Hasta que la evidencia disponible no permita la identificación de los límites de peso seguros para los cuadros sombreados, se debe aplicar el juicio profesional para determinar si los levantamientos infrecuentes o los pesos ligeros pueden ser seguros.

D. El criterio anatómico para fijar la altura de los nudillos, asume que el trabajador está de pie con los brazos extendidos a lo largo de los costados.

TABLA 2. TLVs para el levantamiento manual de cargas para tareas > 2 horas al día con > 12 y ≤ 30 levantamientos por hora o ≤ 2 horas al día con 60 y ≤ 360 levantamientos/hora.

Situación horizontal del levantamiento Altura del levantamiento	Levantamientos próximos: origen < 30 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos intermedios: origen de 30 a 60 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos alejados: origen > 60 a 80 cm desde el punto medio entre los tobillos ^A
Hasta 30 cm ^B por encima del hombro desde una altura de 8 cm por debajo del mismo.	14 Kg	5 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C
Desde la altura de los nudillos ^D hasta por debajo del hombro.	27 Kg	14 Kg	7 Kg
Desde la mitad de la espinilla hasta la altura de los nudillos ^D	16 Kg	11 Kg	5 Kg
Desde el suelo hasta la mitad de la espinilla	14 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C

Notas:

A. Las tareas de levantamiento manual de cargas no deben iniciarse a una distancia horizontal que sea mayor de 80 cm desde el punto medio entre los tobillos (Figura 1)

B. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse desde alturas de partida superiores a 30 cm por encima del hombro o superiores a 180 cm por encima del nivel del suelo (Figura 1)

C. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse para los cuadrados sombreados de la tabla que dicen 'No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos'. Hasta que la evidencia disponible no permita la identificación de los límites de peso seguros para los cuadrados sombreados, se debe aplicar el juicio profesional para determinar si los levantamientos infrecuentes o los pesos ligeros pueden ser seguros.

D. El criterio anatómico para fijar la altura de los nudillos, asume que el trabajador está de pie con los brazos extendidos a lo largo de los costados.

TABLA 3. Valores límite para el levantamiento manual de cargas para tareas > 2 horas al día con > 30 y ≤ 360 levantamientos/hora.

Situación horizontal del levantamiento Altura del levantamiento	Levantamientos próximos: origen < 30 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos intermedios: origen de 30 a 60 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamientos alejados: origen > 60 a 80 cm desde el punto medio entre los tobillos ^A
Hasta 30 cm ^B por encima del hombro desde una altura de 8 cm por debajo del mismo.	11 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C
Desde la altura de los nudillos ^D hasta por debajo del hombro.	14 Kg	9 Kg	5 Kg
Desde la mitad de la espinilla hasta la altura de los nudillos ^D	9 Kg	7 Kg	2 Kg
Desde el suelo hasta la mitad de la espinilla	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos ^C

Notas:

A. Las tareas de levantamiento manual de cargas no deben iniciarse a una distancia horizontal que sea mayor de 80 cm desde el punto medio entre los tobillos (Figura 1)

B. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse desde alturas de partida superiores a 30 cm por encima del hombro o superiores a 180 cm por encima del nivel del suelo (Figura 1)

C. Las tareas de levantamiento manual de cargas de rutina no deben realizarse para los cuadrádos sombreados de la tabla que dicen 'No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos'. Hasta que la evidencia disponible no permita la identificación de los límites de peso seguros para los cuadrádos sombreados, se debe aplicar el juicio profesional para determinar si los levantamientos infrecuentes o los pesos ligeros pueden ser seguros.

D. El criterio anatómico para fijar la altura de los nudillos, asume que el trabajador está de pie con los brazos extendidos a lo largo de los costados.

Anexo II: Información documentada

A continuación, se puede observar el nuevo procedimiento de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

	Laboratorios Pharmamerican	PR-01	
	Procedimiento de envasado y etiquetado de vitamina en polvo	Fecha:	10/09/2021
Rev n°.1		Pág.: 1 de 4	

Índice

Índice	1
1.OBJETIVO	1
2.ALCANCE	1
3.RESPONSABILIDADES	1
4.REFERENCIA	2
5.DESARROLLO	2
5.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	2
5.2 PROCESAMIENTO DE FRASCOS	2
5.3 REPROCESOS	3
6. REGISTRO DE CALIDAD	3
7.ANEXO	4

1.OBJETIVO

Definir la metodología y responsabilidades para asegurar que el proceso de envasado y etiquetado de vitamina en polvo satisface las condiciones necesarias para cumplir con los requisitos del cliente.

2.ALCANCE

Este procedimiento abarca desde la recepción de materia prima hasta el empaque en caja.

3.RESPONSABILIDADES

Jefe de Producción: es el responsable de todo el proceso de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Responsable de Calidad: responsable de la inspección de los frascos y de registrar la información pertinente.

Imagen 12: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

	Laboratorios Pharmamerican	PR-01	
	Procedimiento de envasado y etiquetado de vitamina en polvo	Fecha:	10/09/2021
		Rev n°.1	Pág.: 2 de 4

Supervisor de Producción: responsable de que los operarios dispongan de la materia prima e insumos necesarios para poder realizar la actividad con fluidez, y de verificar que el proceso se lleva a cabo correctamente.

4.REFERENCIA

Instructivo IT-01 (Instructivo de dosificado semi-automatico)

Instructivo IT-02 (Instructivo de corrección manual de dosificado)

5.DESARROLLO

5.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

5.1.1 La materia prima a granel ingresa al recinto.

5.1.2 Se revisa que el granel coincida con la materia prima indicada en la orden de producción.

5.1.2.1 Si coincide, se carga en la tolva.

5.1.2.2 En caso de discrepancia, se da aviso al Supervisor para realizar el cambio de materia prima correspondiente, y se carga la nueva materia prima en la tolva.

5.2 PROCESAMIENTO DE FRASCOS

5.2.1 Se tara la balanza de la dosificadora con el frasco patrón.

5.2.2 Se dosifica un frasco de acuerdo al instructivo IT-01.

5.2.3 Se hace pasar el frasco por el detector de metales.

5.2.3.1 Si el frasco está en condiciones, pasa a la etapa de limpiado y tapado.

5.2.3.2 Si el frasco no está apto, se desecha el contenido y el frasco vacío vuelve a la etapa de dosificado.

5.2.4 Se tapa el frasco.

Imagen 13: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.
Fuente: Elaboración propia.

	Laboratorios Pharmamerican	PR-01	
	Procedimiento de envasado y etiquetado de vitamina en polvo	Fecha:	10/09/2021
		Rev n°.1	Pág.: 3 de 4

5.2.5 Se limpia el exterior del frasco para que no haya problemas de etiquetado.

5.2.6 Se hace pasar el frasco por la máquina etiquetadora.

5.2.7 El frasco pasa por la selladora a inducción, de manera que el sealing de aluminio tape toda la abertura del frasco.

5.2.8 Se inspecciona que el frasco haya quedado correctamente sellado.

5.2.8.1 Si está bien sellado, pasa a 5.6.2.

5.2.8.2 Si tiene alguna falla, se vuelve a pasar el frasco por la selladora a inducción.

5.2.9 Se inspecciona que el frasco haya quedado correctamente etiquetado.

5.2.9.1 Si está bien etiquetado, pasa a empaque.

5.2.9.2 Si no está bien etiquetado, se corrige el etiquetado manualmente y pasa a empaque.

5.10.1 Se coloca el frasco en la caja de 34 unidades.

5.11.2 Se verifica si quedan frascos para procesar.

5.11.2.1 En caso afirmativo, se vuelve al punto 5.2.2.

5.11.2.2 En caso negativo, pasa al punto 5.3..

5.3 REPROCESOS

5.3.1 En caso de que queden frascos separados para reprocesar, se corrige la cantidad de polvo en la balanza independiente según el instructivo IT-02, y se vuelve al punto 5.2.3.

6. REGISTRO DE CALIDAD

RE-01: Registro de OEE

RE-02: Orden de Producción

RE-03: Registro de frasco dañados

Imagen 14: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.
Fuente: Elaboración propia.

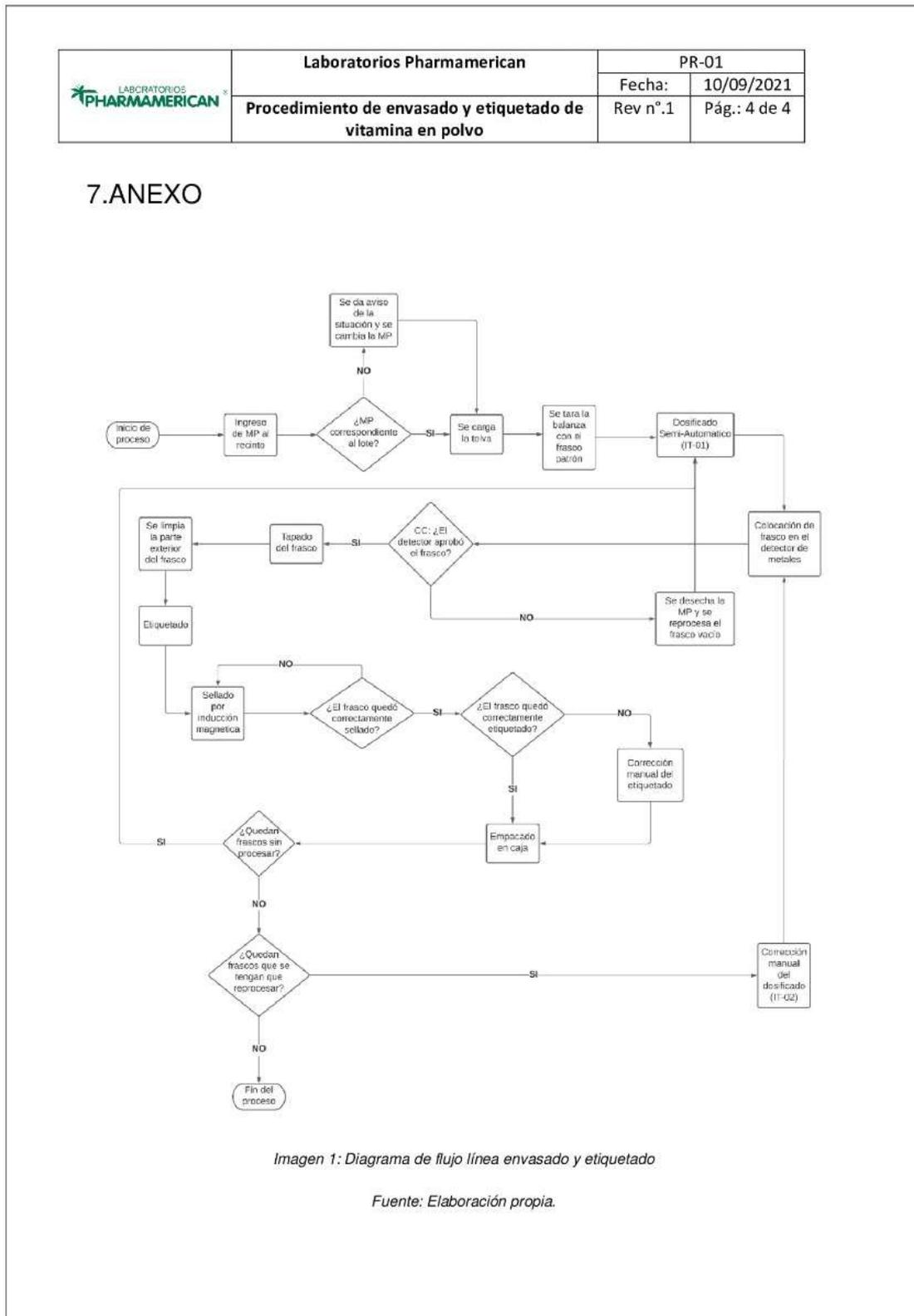


Imagen 15: Procedimiento de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

A continuación, se puede observar el instructivo del dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

	Laboratorios Pharmamerican	IT-01	
	Instructivo de dosificado semi-automático	Fecha:	11/9/2021
		Rev n°.1	Pág.: 1 de 3

Índice

Índice	1
1.OBJETIVO	1
2.ALCANCE	1
3.RESPONSABILIDAD	1
4.DESARROLLO	1
5.DIAGRAMA DE FLUJO	3

1.OBJETIVO

El objetivo del instructivo es establecer la metodología de la tarea de dosificado en línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo por el Laboratorio Pharmamerican-

2.ALCANCE

Este instructivo se aplica sólo a la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

3.RESPONSABILIDAD

Operario: es el encargado de la correcta ejecución de la tarea.

Supervisor de Producción: debe verificar que se esté llevando a cabo de la manera correcta.

4.DESARROLLO

4.1 Seleccionar un frasco y observar que no esté dañado.

4.1.1 En caso que se observe algún daño, separar el frasco para no utilizarlo, anotarlo en el registro RE-03 y volver al punto 4.1.

Imagen 16: Instructivo de dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

	Laboratorios Pharmamerican	IT-01	
	Instructivo de dosificado semi-automatico	Fecha: Rev n°.1	11/9/2021 Pág.: 2 de 3

4.1.2 En caso que el frasco esté en condiciones, seguir con el punto 4.2.

4.2 Dosificar el frasco.

4.3 Colocar el frasco sobre la balanza de la dosificadora

4.4 Verificar si la balanza indica un valor entre 361 g y 369 g.

4.5.1 En caso negativo, apartar el frasco en la mesa destinada a los frascos fuera de especificación.

4.5.2 En caso positivo, seguir con el punto 4.6.

4.6 Retirar el frasco de la balanza y agregar el cucharón.

4.7 Colocar el frasco en la cinta transportadora del detector de metales.

Imagen 17: Instructivo del dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

	Laboratorios Pharmamerican	IT-01	
	Instructivo de dosificado semi-automatico	Fecha: 11/9/2021 Rev n°.1	Pág.: 3 de 3

5. DIAGRAMA DE FLUJO

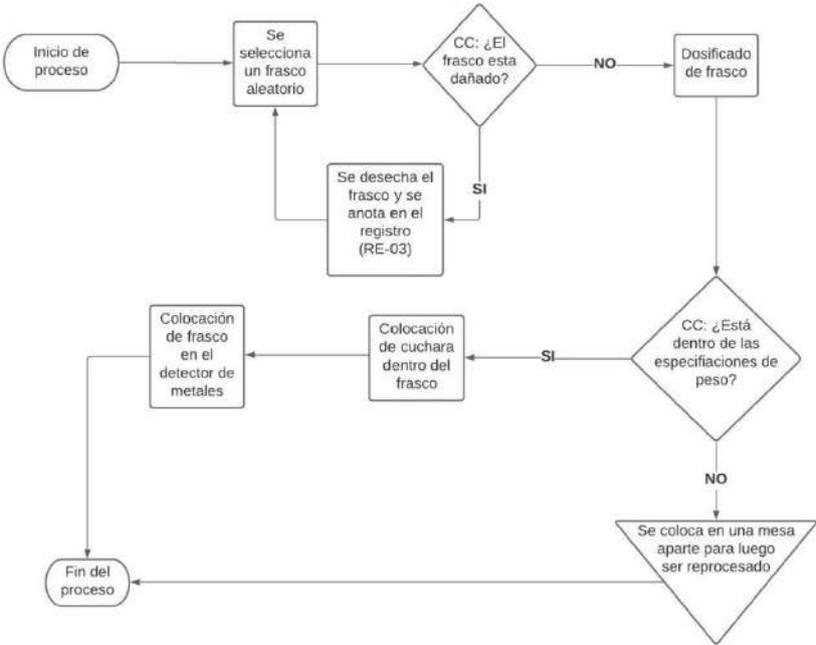


Imagen 1: Diagrama de flujo del dosificador semi-automático.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 18: Instructivo de dosificado semiautomático de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

A continuación, se puede observar el instructivo de corrección manual del dosificado de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

	Laboratorios Pharmamerican	IT-02	
	Instructivo de la corrección manual del dosificado	Fecha:	11/9/2021
Rev n°.1		Pág.: 1 de 2	

Índice

Índice	1
1.OBJETIVO	1
2.ALCANCE	1
3.RESPONSABILIDADES	1
4.DESARROLLO	1
5.DIAGRAMA DE FLUJO	2

1.OBJETIVO

El objetivo del instructivo es establecer la metodología de la tarea manual de corrección del dosificado en la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo por el Laboratorio Pharmamerican.

2.ALCANCE

Este instructivo se aplica sólo a la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

3.RESPONSABILIDADES

Operario: es el encargado de la correcta ejecución de la tarea.

4.DESARROLLO

4.1 Seleccionar un frasco que no haya pasado el control de peso.

4.2 Colocar el frasco en la balanza independiente.

4.3 Verificar si el frasco pesa más de 369 g.

Imagen 19: Instructivo de la línea corrección manual del dosificado de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

	Laboratorios Pharmamerican	IT-02	
	Instructivo de la corrección manual del dosificado	Fecha:	11/9/2021
		Rev n°.1	Pág.: 2 de 2

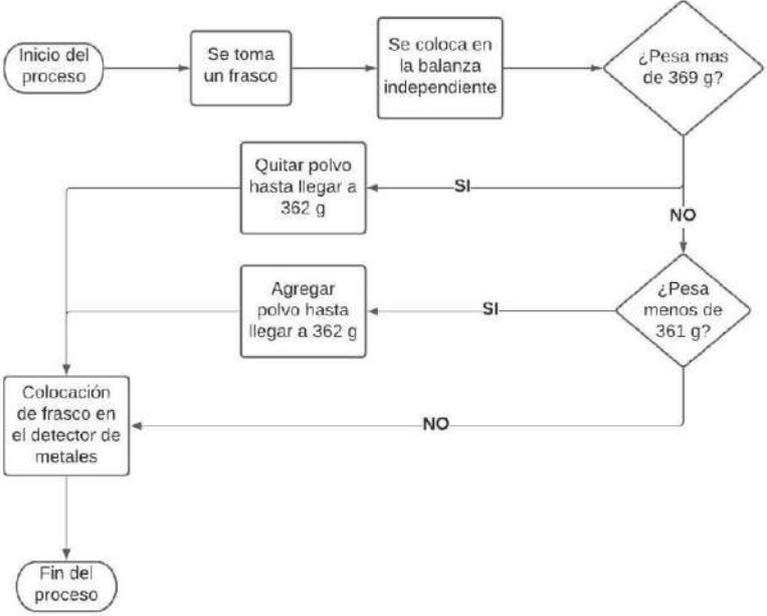
4.3.1. En caso afirmativo, quitar polvo del frasco con el cucharón hasta llegar a 362 g sobre la balanza independiente, y colocar el frasco en la cinta transportadora del detector de metales.

4.4.2. En caso negativo, verificar si pesa menos de 361 g

4.4.2.1 En caso afirmativo, agregar polvo con el cucharón hasta llegar a 362 g sobre la balanza independiente y colocar el frasco en la cinta transportadora del detector de metales.

4.4.2.2 En caso negativo, colocar el frasco en la cinta transportadora del detector de metales.

5. DIAGRAMA DE FLUJO



```

graph TD
    Inicio([Inicio del proceso]) --> Toma[Se toma un frasco]
    Toma --> Balanza[Se coloca en la balanza independiente]
    Balanza --> D1{¿Pesa mas de 369 g?}
    D1 -- SI --> Quitar[Quitar polvo hasta llegar a 362 g]
    D1 -- NO --> D2{¿Pesa menos de 361 g?}
    D2 -- SI --> Agregar[Agregar polvo hasta llegar a 362 g]
    D2 -- NO --> Colocar[Colocación de frasco en el detector de metales]
    Quitar --> Colocar
    Agregar --> Colocar
    Colocar --> Fin([Fin del proceso])
    
```

Imagen 1: Diagrama de flujo de la corrección manual de dosificado.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 20: Instructivo de la línea corrección manual del dosificado de envasado y etiquetado de vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis y propuesta de mejora de una línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo

	Laboratorios Pharmamerican	RE-02	
	Registro de la orden de producción de la línea de envasado y etiquetado de vitamina en polvo	Fecha:	11/08/2021
		Rev n°.1	Pág.: 1 de 1

N° de orden: 121 - 30 - 5321		Fecha de emisión: 27/08/2021
Producto: Colageno Hidrolizado VN - Frasco x 360 gramos		Vencimiento: 8/2024
Código: T03208	Lote: 28.1	Ordenó: Jefe de producción
Cantidad de unidades a fraccionar: 149,98		Frascos Teóricos (B): 417
Peso neto: 361	Peso mínimo: 361	Peso máximo: 365

Lista de materiales				
Codigo	Detalles	Lote	Cantidad	Unidades
G03208	Colageno Hidrolizado VN - Granel	28	149.980	Kilogramos
I02066	Cucharon de Plastica Oval 25 ml	9	416.611	Unidades
I02191	Etiqueta Colageno Hidrolizado VN	9	416.611	Unidades
I02192	Frasco Blanco 1 kg Extruplast	7	416.611	Unidades
I02193	Tapa Blanca 91mm c/foil Extruplast	5	416.611	Unidades

Registro de Liberación de Línea		Fecha:
1. Limpieza y Rotulado de Sala y Equipo, Terminado.		Liberó Línea: (FIRMA)
2. Uniforme del Personal.		Hora:
3. Código y Lote de Producto e Insumos Según OP.		Fecha:
Registro de Control de Línea		Hora/Controló:
Hora/ Controló:	Hora/controló:	Hora/Controló:
Fraccionamiento		Fecha:
Operarios:	Inicio:	Finalizado:
Etiquetado		Fecha:
Operarios:	Inicio:	Finalizado:
Inducción de Sealing		Fecha:
Operarios:	Inicio:	Finalizado:
Libero línea: (FIRMA)		Controló muestra:
Codificado de Frascos:		Fecha:
Operarios:	Inicio:	Finalizado:
Verificó Codificado:		
Armado de Packs		Finalizado:
Operarios:	Inicio:	
Detalle de lo Obtenido		Cantidad de Frascos Obtenidos:
Muestra CC:		Descarte:
Rendimiento:		Recibió en Deposito:

Observaciones:

Imagen 21: Registro de la orden de producción de la línea de envasado y etiquetado de la vitamina en polvo.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la empresa.