

Propuesta de mejora del proceso de fabricación de vendas de yeso en una empresa de dispositivos médico- quirúrgicos, mediante la metodología Six Sigma

Elaborado por:

Juliana Escobar Sánchez

Gabriela Espitia Rincón

Universidad EAN

Especialización en Gerencia de Procesos y Calidad

Seminario de Investigación de Posgrados

Bogotá

2024

Tabla de Contenido

Resumen	3
Abstract.....	4
Problema de investigación.....	5
Objetivos.....	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
Marco Teórico.....	8
Metodología	15
Análisis y discusión de los resultados.....	18
Conclusiones.....	26
Lista de referencias.....	27

Listado de ilustraciones.

Ilustración 1. Modelo representativo de éxito	12
Ilustración 2. Mapa de procesos de la empresa en estudio	18
Ilustración 3. Diagrama SIPOC.....	19
Ilustración 4 Diagrama de Pareto	21
Ilustración 5 Diagrama de Ishikawa	23

Listado de tablas

Tabla 1. Lista de documentos a emplear.	16
Tabla 2. Etapas y herramientas del six sigma	17
Tabla 3 Problemas presentados y su frecuencia	20

Resumen

La cadena de abastecimiento se encuentra día a día en mejora constante ya sea en temas de procesos, innovación, costos, tiempos, etc. El principal problema de una empresa de dispositivos médico- quirúrgicos se basa en la administración de inventarios de materias primas debido a que existe un desabastecimiento de los materiales de producción, afectando los procesos productivos. Sin embargo, en este caso específico se analizará uno de los procesos de fabricación más álgidos de la compañía: la producción de vendas de yeso. Se propone como solución la definición, medición y análisis de la implementación de la metodología six sigma para establecer acciones de mejora que permitan mejorar la eficiencia operativa del proceso utilizando herramientas de análisis de datos tales como diagramas SIPOC, diagrama de Ishikawa, lluvia de ideas, gráficos de control, entre otros.

Palabras clave: Definición, medición, análisis, six sigma, herramientas.

Abstract

The supply chain is constantly improving day by day, whether in terms of processes, innovation, costs, times, etc. The main problem of a company in the medical device sector is based on the management of raw material inventories because there is a shortage of production materials, affecting production processes. However, in this specific case one of the company's most critical manufacturing processes will be analyzed: the production of plaster bandages. The definition, measurement, and analysis of the implementation of the six-sigma methodology is proposed as a solution to establish improvement actions that allow improving the operational efficiency of the process using data analysis tools such as SIPOC diagrams, Ishikawa diagram, brainstorming, control charts, among others.

Keywords: Definition, measurement, analysis, six sigma, tools.

Problema de investigación

La empresa del sector de dispositivos médicos que se tendrá en cuenta es una compañía fabricante de dispositivos médico-quirúrgicos que maneja diferentes líneas de producto y más de 250 referencias en el mercado. Sus principales clientes son los hospitales más importantes de Bogotá y otras ciudades de Colombia, así como los grandes distribuidores tales como Colsubsidio, Cruz Verde y Audifarma.

Un factor esencial en la cadena de abastecimiento es la gestión de inventario de la materia prima, es decir, administrar y controlar todos los elementos necesarios para efectuar los procesos productivos. En la empresa se han venido evidenciando problemas en los últimos meses debido a que se presentó desabastecimiento de una de las materias primas utilizadas en la formulación de un producto en concreto: las vendas de yeso. Lo anterior ha generado problemas con la calidad del producto, afectación del proceso de fabricación (ya que genera retrasos), producto no conforme, deficiencia en la efectividad productiva, fallas de maquinaria y errores humanos en la operación, lo cual conlleva a un futuro no muy lejano a implicaciones de reclamos y cancelación de pedidos, a su vez, el retiro del producto del mercado y la pérdida de importantes clientes.

De acuerdo al problema planteado es importante implementar una metodología que permita medir la eficiencia operativa y mejorar la gestión de procesos enfocada en el control de calidad, es decir, en solucionar problemas complejos a través de herramientas para disminuir la inestabilidad en el proceso. Para este proyecto en específico se plantea utilizar la metodología Six Sigma, la cual, según ARIAS MONTOYA, L., PORTILLA, L. M., & CASTAÑO BENJUMEA, J. C. (2008) se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3 o 4 defectos por millón (p. 265).

A partir de lo anterior, ¿Es posible proponer una mejora efectiva en el proceso de fabricación de vendas de yeso de una empresa de dispositivos médico- quirúrgicos por medio de la aplicación de la metodología Six Sigma?

Objetivos

Objetivo general

Realizar una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de vendas de yeso de una empresa del sector de dispositivos médicos, aplicando la metodología Six Sigma.

Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico y detección de factores críticos en el proceso productivo de las vendas de yeso.
2. Identificar los cuellos de botella en el proceso de fabricación de las vendas de yeso y su causa raíz para proponer soluciones que permitan optimizar el proceso por medio de la metodología Six Sigma.

Marco Teórico

Todos los procesos productivos se basan en una serie de conjuntos de operaciones y/o actividades con el fin de transformar la materia prima en un producto de valor agregado. Todo sistema de producción se basa en tres aspectos importantes: el primero, todo lo que se considera como entradas al proceso tales como materias primas, métodos, personal, procedimientos, etc. Seguidamente, la transformación de las materias primas en el producto terminado. Finalmente, existe una salida donde el principal actor es el cliente y es a quien se le brinda el producto terminado. En este caso específico nos centraremos en el proceso productivo de la fabricación de vendas de yeso, en el cual las materias primas representan una de las entradas más importantes del proceso pues la fabricación se realiza bajo una estricta fórmula en la cual la ausencia o modificación de cualquier materia prima afectará por completo la calidad, el tiempo de fraguado, la cremosidad, la rigidez, el peso y la resistencia de la venda. Las condiciones de máquina también son determinantes en el proceso de fabricación pues se deben controlar variables tales como la temperatura de la caldera, la temperatura de secado de la rama, la potencia de las bombas que alimentan el mezclador, la tensión de la gasa en todos los puntos para asegurar un regado uniforme y muchos otros factores que son resorte directo del departamento de mantenimiento. Adicionalmente se debe contar con un plan de entrenamiento de los operarios estricto y riguroso y se les deben suministrar los elementos de protección personal necesarios para garantizar su seguridad durante el proceso de fabricación.

Al ser un proceso tan álgido y en el que intervienen múltiples áreas de la compañía se hace necesario realizar una evaluación de mejora de este ya que se han venido presentando diferentes inconvenientes en la fabricación que afectan la satisfacción del cliente. De esta forma se busca encontrar oportunidades de mejora, buscando la solución más viable y que reduzca la cantidad de desperdicios generados; para este fin se propone hacer uso de la

metodología Six Sigma, una técnica estratégica para el mejoramiento continuo de productos y procesos, pretendiendo garantizar las necesidades del cliente y cumplir con su satisfacción, reduciendo defectos, actividades sin valor agregado y ciclos de tiempo (Bermudez, J.; Betancurt, L., & Muñoz, J., 2016)

En 1980, la metodología Six Sigma fue desarrollada por Motorola donde se basa en aumentar la calidad y disminuir la viabilidad de procesos productivos. De acuerdo con Antony Snee & Hoerl, 2017, cuenta con 10 principios, tales como:

1. Liderazgo en toda la compañía, procesos end to end.
2. Estructura directiva con personal en tiempo complejo.
3. Formación constante a todos los actores involucrados en el proceso.
4. Enfoque orientado al cliente y cumplimiento de sus necesidades.
5. Pensamiento estadístico soportado en datos.
6. Metodología robusta
7. Generación de ahorros e incremento de las ventas.
8. Reconocimiento de los esfuerzos de sus colaboradores.
9. Proyectos a largo plazo.
10. Comunicación transversal.

La metodología se basa en la estructura DMAIC, lo cual significa, en inglés, Define, Measure, Analyze, Improve y Control; de la misma manera, en español, es definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Jiménez, H. F., & Amaya, C. L., 2014).

1. Definir: Primera etapa del proceso donde tiene la finalidad de detectar el problema principal y plantear la meta, es decir, se identifican los posibles factores de mejora dentro de la empresa.

En esta etapa, de acuerdo con Ocampo, J. & Pavon, A. 2012, es necesario enfatizar en las siguientes preguntas: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de

proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?

2. Medir: Recolectar la información necesaria mediante herramientas para lograr un mejor entendimiento a cerca de la situación actual del proceso y evaluar las causas raíz del problema. Cabe mencionar que es importante lograr identificar las características que ayuden a determinar el comportamiento del proceso que el cliente considera claves y los parámetros que pueden afectar el desempeño de estos.

Bersback, P. (2009) opina que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? Entre las herramientas más comúnmente usadas en esta fase se encuentran: muestreo estadístico, brainstorming, gráficos de Pareto, Análisis de Tiempo de Valor.

3. Analizar: A partir de los datos recolectados en las fases anteriores y con el uso de herramientas estadísticas se realiza el análisis e interpretación de los datos. Existe una gran variedad de herramientas como: Diagrama de causa-efecto, Estudio de correlación y Prueba de Chi-cuadrado.

Su objetivo es evaluar el estado actual del proceso y determinar las causas. Se realiza mediante una serie de hipótesis y pruebas estadísticas.

El diseño experimental es una técnica eficiente de experimentación que identifica variables clave de entrada del proceso. También identifica las configuraciones óptimas que afectan la media del proceso y las variaciones de salida con un mínimo de pruebas, como las siguientes: diseño experimental, el diseño robusto de Taguchi, diseño compuesto central, metodología de

superficie de respuesta 'Validación del diseño' o análisis de varianza (A NOVA).

(Taghizadegan, S. 2006).

En esta etapa, las preguntas a contestar son: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuales podemos controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones? (Ocampo, J. & Pavon, A. 2012)

4. Mejorar: A partir de los causas y factores identificados en la etapa de análisis, se diseñan propuestas de mejoramiento. En el diseño de estas propuestas se combinan técnicas de experimentación, buenas prácticas, benchmarking, lecciones aprendidas, simulaciones, resolución de problemas, a partir de las cuales se hace el planteamiento de propuestas, que son validadas para verificar que generan un impacto positivo en el proceso y constituyen una solución efectiva al problema planteado en la fase definir (Jimenez, H. F., Zuñiga, A. H., Londoño, C. A., Rativa, J. R., & Cortes, M. R. 2023).

5. Controlar: abarca el control y la monitorización constante de los resultados, para mantenerlos y mejorarlos en el tiempo, única vía posible para lograr la mejora continua. (Administración, L. A., Operaciones, D. E., Felipe Ramírez Pérez, J., Guadalupe, V., Torres, L., Alonso, S., Castillo, H., & Valdés, M. M. (n.d.)).

Según Taghizadegan, S. (2006) dado que Six Sigma es una estrategia empresarial, el liderazgo ejecutivo es la fórmula para el éxito de los proyectos. Básicamente, el logro de resultados significativos se basa en el compromiso y liderazgo de la dirección ejecutiva. La figura 1 representa un modelo de éxito para toda la empresa. El modelo ilustra que la probabilidad de éxito de una empresa aumenta al seleccionar los activos adecuados de la empresa para liderar los proyectos. Además, el éxito del diseño de Six Sigma depende de los siguientes criterios:

Nota. Imagen tomada de Taghizadegan, S. (2006). Chapter 5 - Design for Six Sigma: Roadmap for Successful Corporate Goals. In S. Taghizadegan (Ed.), Essentials of Lean Six Sigma (pp. 49–58)

Lo anterior nos indica que todos los actores que intervienen en la metodología Six Sigma (CG, líderes y gerencia) debe aprender y tener un compromiso con los métodos y herramientas Six Sigma, la finalización de proyectos, la capacitación y promoción del programa Six Sigma, y finalmente, deben ser pensadores positivos con una "actitud positiva".

Los proyectos son el medio por el cual Six Sigma convierte las mejoras de calidad en beneficios financieros finales (Gulcin y Demet, 2010; Kubiak y Benbow, 2009). Los proyectos Six Sigma son llevados a cabo por un grupo de especialistas en mejora, generalmente denominados campeones, cinturones negros maestros, cinturones negros y cinturones verdes (Gitlow, 2009; Schroeder et al., 2008; Linderman y cols.,2003). Reciben una formación intensiva diferenciada que está diseñada para mejorar sus conocimientos y habilidades en métodos estadísticos, gestión de proyectos, diseño de procesos, técnicas de resolución de problemas, habilidades de liderazgo y otras habilidades gerenciales. (Boon Sin, A., Zailani, S., Iranmanesh, M., & Ramayah, T. 2015).

Se elige Six Sigma para mejorar un proceso productivo por varias razones:

1. Enfoque en la calidad: Six Sigma se centra en la mejora de la calidad del proceso y la reducción de la variabilidad, lo que lleva a una mayor consistencia y confiabilidad en la producción.

2. Enfoque basado en datos: Six Sigma utiliza un enfoque riguroso basado en datos y análisis estadístico para identificar y eliminar defectos en el proceso. Esto permite tomar decisiones fundamentadas y centradas en la evidencia.

3. Metodología estructurada: Six Sigma sigue una metodología claramente definida y estructurada (DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) que guía a los equipos a

través de cada paso del proceso de mejora, desde la identificación del problema hasta la implementación de soluciones y el monitoreo continuo.

4. Enfoque en el cliente: Six Sigma pone un fuerte énfasis en comprender las necesidades y expectativas del cliente y en la entrega de productos y servicios que cumplan con estos requisitos. Esto conduce a una mayor satisfacción del cliente y lealtad a la marca.

5. Reducción de costos: Al eliminar defectos y reducir la variabilidad en el proceso, Six Sigma ayuda a reducir costos asociados con reprocesos, desperdicios y errores, lo que mejora la eficiencia operativa y aumenta la rentabilidad.

Si bien existen otras metodologías de mejora de procesos, como Lean Manufacturing o Total Quality Management (TQM), Six Sigma es ampliamente utilizada en entornos de producción debido a su enfoque específico en la calidad y la reducción de defectos, así como a su capacidad para generar resultados medibles y cuantificables.

Metodología

Six Sigma se basa principalmente en un enfoque cuantitativo para la mejora de procesos. Esto significa que se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos y cuantificables para comprender y mejorar la calidad y eficiencia de un proceso.

En la metodología Six Sigma, se utilizan herramientas estadísticas y análisis de datos para medir y controlar la variabilidad en los procesos, identificar áreas de mejora, establecer objetivos de calidad y tomar decisiones basadas en evidencia. Los proyectos de Six Sigma suelen involucrar la recopilación de datos sobre el rendimiento del proceso utilizando métricas específicas, como defectos por millón de oportunidades (DPMO), tasa de rendimiento, capacidad del proceso, entre otros.

Aunque la metodología Six Sigma puede incorporar elementos cualitativos, como la identificación de problemas o la comprensión de las necesidades del cliente, su enfoque principal sigue siendo cuantitativo. Esto se debe a su énfasis en la mejora de la calidad mediante la reducción de la variabilidad y la toma de decisiones basadas en datos numéricos y mediciones objetivas.

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental de tipo transversal. No se manipularán variables, sino que se describirá y analizará el proceso de fabricación de vendas de yeso en su estado actual, mediante la metodología six sigma con un alcance en las primeras tres etapas: definir, medir y analizar.

Para la recolección de información, se utilizarán dos fuentes principales:

- Revisión y análisis de documentos internos de la empresa en cuestión, relacionados con el proceso de fabricación de vendas de yeso, como manuales, registros de producción, datos históricos, etc.

- Bases de datos académicos para obtener estudios y literatura relevante sobre la metodología Six Sigma y su aplicación en procesos de fabricación.

Tabla 1. Lista de documentos a emplear.

Documento/Fuente	Técnica de Análisis	Descripción
Documentos internos de la compañía	Análisis de valor agregado	Identificar actividades que no agregan valor al proceso y pueden ser mejoradas o eliminadas (etapa Definir).
Datos de producción históricos	Análisis estadístico descriptivo, gráficos de control.	Calcular medidas de tendencia central, dispersión, gráficos de control, etc. para comprender y medir el comportamiento actual del proceso (etapa Medir).
Literatura sobre Seis Sigma	Análisis de contenido	Extraer los principios, herramientas y pasos clave de la metodología aplicables al caso, como diagrama causa-efecto, diseño de experimentos, AMFE, etc. (etapas Analizar, Mejorar, Controlar).

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es el pilar fundamental de Six Sigma para la mejora de procesos. (Hsiao, C. T., Lin, C. P., & Fan, P. H , 2023) definen que según cada etapa las principales herramientas de análisis de datos que se utilizan son:

Tabla 2. Etapas y herramientas del six sigma

ETAPA	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE DATOS
DEFINIR	Se identifica el problema, se establecen los objetivos y se definen los requisitos críticos para la calidad (CTQ) desde la voz del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de afinidad • Encuestas, entrevistas • SIPOC, análisis de procesos • Diagramas matriciales, QFD • Mapeo de procesos
MEDIR	Se recolectan datos sobre el desempeño actual del proceso para cuantificar la magnitud del problema, se miden errores y se recopilan datos relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Listas de verificación, análisis de gráficos • Muestreo estadístico • Gráficos de control • Histogramas, gráficos de Pareto • CP, CPK
ANALIZAR	Se analizan los datos recolectados para identificar las causas raíz de los problemas y sus relaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) • Análisis de modo y efecto de fallas (AMFE) • Pruebas de hipótesis • Análisis de regresión • Diseño de experimentos.
MEJORAR	Se generan, seleccionan e implementan soluciones para eliminar las causas raíz. Se utiliza el análisis de datos para crear un nuevo proceso ideal y establecer la capacidad de estandarizar el proceso operativo	<ul style="list-style-type: none"> • DOE, Taguchi • Análisis costo-beneficio • Benchmarking. • Lluvia de ideas
CONTROLAR	Se monitorea el proceso mejorado y se mantienen los logros mediante el control estadístico para garantizar que se pueda corregir cualquier error fuera del objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de control • Planos de control • Auditorías de proceso • Poka-yoke

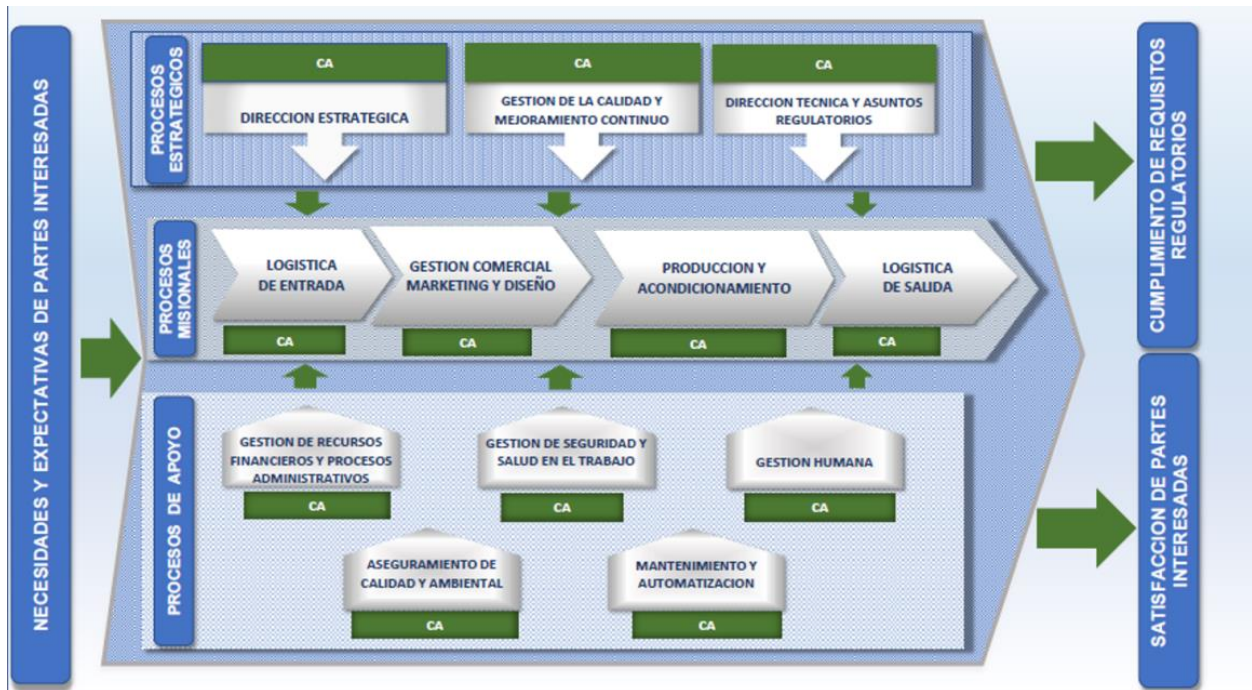
Estas herramientas son clave para el análisis cuantitativo y la toma de decisiones basada en datos durante el ciclo DMAIC de Six Sigma.

Análisis y discusión de los resultados

Diagnóstico y detección de factores críticos en el proceso productivo de las vendas de yeso:

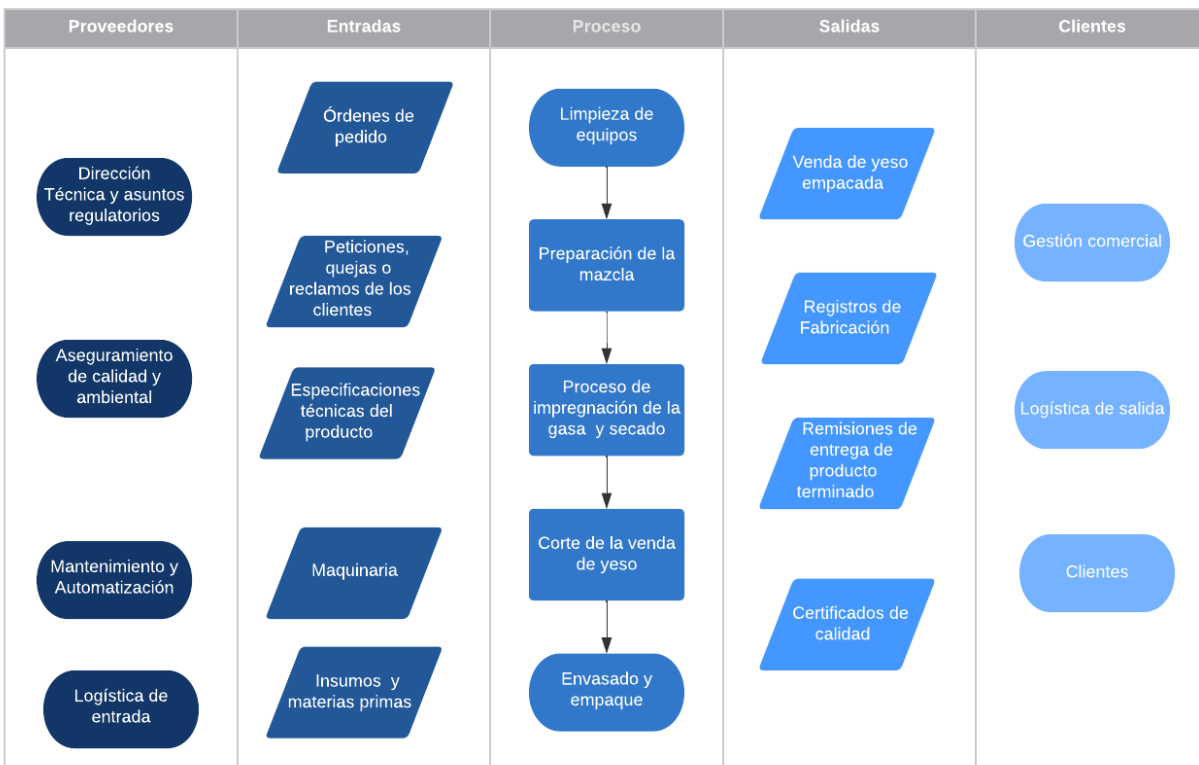
Para realizar la detección de los factores críticos en el proceso de fabricación de las vendas de yeso el primer paso es entender los actores que intervienen en el proceso y cuál es el rol que desempeña cada uno. En este sentido, se utiliza la herramienta SIPOC la cual, de acuerdo con Vasquez-Acevedo, L. A., Morales-Fernandez, D., Terán-Pareja, I. S., & Algoner, W. C. (2023) es una herramienta que identifica elementos clave en el entorno empresarial, como proveedores, insumos, procesos, resultados y consumidores. No sin antes conocer el mapa de procesos de la compañía para identificar que procesos maneja y como están configurados.

Ilustración 2. Mapa de procesos de la empresa en estudio



Nota. Imagen tomada de documentos internos de la compañía del sector de dispositivos médicos

Ilustración 3. Diagrama SIPOC



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la ilustración 3 se puede identificar que los Suppliers, proveedores o suministradores de las entradas al proceso son el área de dirección técnica y asuntos regulatorios, aseguramiento de calidad y ambiental, mantenimiento y automatización y logística de entrada, por lo tanto, según la ilustración dos se evidencia que intervienen procesos estratégicos, misionales y de apoyo en la fabricación de las vendas de yeso. Esto significa que las áreas deben relacionarse de forma transversal para lograr el objetivo que es obtener vendas de yeso de calidad que satisfagan las necesidades del cliente.

En este sentido se pueden identificar los factores críticos que intervienen en el proceso de fabricación de las vendas de yeso como lo son:

- Normativa técnica colombiana y regulaciones establecidas por el INVIMA que establecen las especificaciones técnicas mínimas del producto para que sea funcional

tales como viscosidad, tiempo de secado, tiempo de fraguado, dureza, resistencia del material, etc.

- Maquinaria adecuada, funcionando correctamente y con instrumentos de medición calibrados para garantizar que las cantidades y condiciones ambientales establecidas en la fórmula del producto son las óptimas
- Insumos y materias primas disponibles oportunamente, en las cantidades correctas, aprobadas y muestreadas por el área de aseguramiento de calidad
- Documentación del proceso, registros y remisiones de entrega de producto terminado donde se lleve la trazabilidad del proceso de fabricación por lote y por código de producto ya que la empresa maneja vendas de yeso de 4 medidas diferentes.

Para medir el desempeño actual del proceso y cuantificar la magnitud del problema, se hace uso de otra herramienta conocida como diagrama de Pareto; esta es una herramienta gráfica utilizada para identificar y priorizar problemas o causas de problemas en un conjunto de datos. Este diagrama se basa en el principio conocido como la regla del 80/20, que sugiere que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

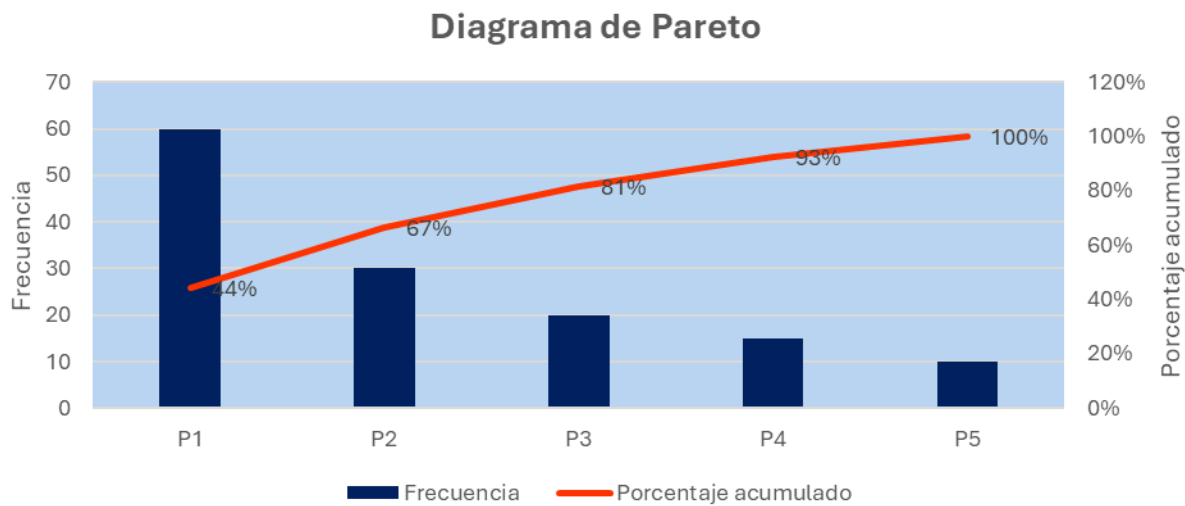
Para la elaboración de este diagrama se toman en cuenta datos históricos de la empresa fabricante de dispositivos médico- quirúrgicos arrojando la tabla 3, en la que se muestran los problemas presentados y su frecuencia en los últimos 2 años.

Tabla 3 Problemas presentados y su frecuencia

Sigla	Causa / Problema / Fenómeno	Frecuencia
P1	Errores en la medición de la cantidad de alcohol	60
P2	Escasez de materias primas	30
P3	Fallos en las máquinas	20
P4	Ausencia de personal capacitado	15
P5	Pesaje incorrecto de materias primas	10

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 4 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta lo anterior se puede observar que los esfuerzos de la compañía para mejorar la satisfacción del cliente con las ventas de yeso se deberían enfocar en solucionar o mitigar los tres primeros problemas (P1, P2 Y P3) los cuales corresponden a errores en la medición de la cantidad de alcohol, escasez de materias primas y fallos en las máquinas, ya que eliminar estos factores traería como consecuencia la disminución del tamaño del problema en aproximadamente un 80%. Por lo tanto, se debe evaluar lo siguiente:

- ¿Los instrumentos de medida para la cantidad de alcohol son adecuados? ¿Se encuentran calibrados con una entidad certificada como la ONAC?
- ¿Con cuántos proveedores de materias primas para la fabricación de este producto se cuentan? ¿ Están catalogados como proveedores críticos? ¿Se ha contemplado la escasez de materias primas como un riesgo para la compañía?
- ¿Existe un cronograma de mantenimientos preventivos para los equipos utilizados en la fabricación del yeso? ¿ Si existen actividades programadas de intervención de máquinas, se ejecutan a tiempo y correctamente?

Identificación de los cuellos de botella y su causa raíz :

Para identificar los cuellos de botella en el proceso de fabricación de las vendas de yeso y su causa raíz se utiliza la herramienta del diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta gráfica utilizada para identificar y visualizar las posibles causas de un problema específico.

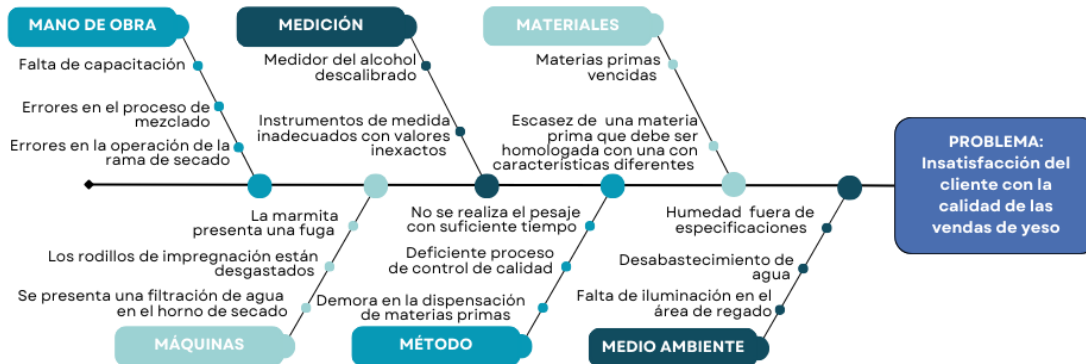
El diagrama de Ishikawa se estructura como una espina de pescado, donde la "espina" central representa el problema o efecto que se está analizando. A partir de esta "espina", se dibujan líneas que representan diferentes categorías de posibles causas. Estas categorías suelen incluir:

1. Personas: Cualquier factor relacionado con el personal involucrado en el proceso.
2. Procesos: Los procedimientos o métodos utilizados para llevar a cabo una tarea.
3. Equipos: Herramientas, maquinaria u otros recursos utilizados en el proceso.
4. Materiales: Materia prima, suministros u otros materiales utilizados en el proceso.
5. Medio ambiente: Condiciones ambientales que podrían afectar el proceso.
6. Métodos: Los métodos de trabajo, normas o estándares establecidos.

En este diagrama se toma como problema la insatisfacción del cliente con la calidad del producto y se analizan las causas.

Ilustración 5 Diagrama de Ishikawa

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la ilustración 4 se identifican las causas raíz del problema y se plantean las siguientes acciones de mejora:

1. Para el caso de la mano de obra se plantea un programa de capacitaciones al personal operativo tanto de formulación como de control de calidad y operación adecuada de maquinaria, tratando de garantizar tener un número considerable de personal entrenado en este proceso de fabricación ya que si solo hay una persona que conozca a cabalidad el proceso, en caso de una ausencia o que la persona deje de prestar servicios a la compañía, el proceso no queda desamparado y no van a existir brechas de desinformación en ninguna etapa del mismo.
2. Para la medición se debe revisar con el área encargada los cronogramas de calibración del contador y asegurar que las calibraciones se realicen por parte de una entidad certificada. Así mismo se plantea la opción de instalar una guarda de seguridad o una

clave de bloqueo al contador ya que existe el riesgo de que cualquier persona lo altere y esto ocasione una medición incorrecta en el momento de la fabricación de la venda.

3. En cuanto a las materias primas, se deben buscar otros proveedores y realizar homologaciones certeras con las especificaciones del producto que se quiera reemplazar en caso de un desabastecimiento nacional de alguna de las materias primas, se deben pedir certificados de calidad a los proveedores y realizar los análisis correspondientes a cada uno de los materiales. Se debe garantizar la disponibilidad de materias primas al menos para un mes en inventario en el área de logística de entrada para tener tiempo de reaccionar en caso de que se vayan agotando las materias primas. Así mismo se debe tener un control riguroso de inventarios para garantizar que la materia prima que primero ingresa sea la primera que se gaste de tal forma que no se venza por una mala rotación de inventarios.
4. Por su parte, todos los equipos críticos deben tener un cronograma de mantenimientos preventivos al que se le haga seguimiento para verificar su ejecución. Así mismo se plantea que se implemente una lista de verificación para el personal de mantenimiento previo a cada corrida de yeso para que los equipos tales como la caldera, la marmita, las bombas, el horno de secado y los agitadores sean revisados y se garantice que en el momento de fabricar el producto no exista ningún tipo de fuga o daño que pueda ocasionar una parada inesperada de máquina ya que si alguno de estos equipos falla toda la mezcla se puede perder. Adicionalmente se propone que se tenga un inventario existente de repuestos para estos equipos incluidos los rodillos de impregnación debido a que no son repuestos tan fáciles de conseguir y en caso de que no se tengan disponibles, el tiempo que se demora en volver a poner en funcionamiento los equipos genera grandes pérdidas económicas para el proceso.

5. En cuanto al método se propone replantear varios pasos del proceso: primero que todo, se deben pesar los sólidos al menos con un día de anticipación para garantizar que estén disponibles las cantidades necesarias a primera hora para poder comenzar con la mezcla. Se deben distribuir mejor las funciones de los inspectores de calidad ya que los controles no se están realizando en los tiempos estipulados debido a la asignación de funciones a otras áreas simultáneas a esta, teniendo en cuenta que en cualquier momento la mezcla puede dejar de ser homogénea o el peso por unidad de área puede llegar a variar se plantea que el día que se fabrique yeso sea asignado al área un inspector de tiempo completo que siga el proceso de cerca y lo controle correctamente. Adicionalmente se debe mejorar la comunicación con el área de logística de entrada para solicitar con al menos dos días de antelación las materias primas requeridas y que de esta forma no existan demoras el día de la fabricación
6. Se debe estar atento a los avisos de cortes de agua del acueducto ya que la empresa se encuentra ubicada cerca de la avenida 68 la cual se encuentra en obras constantes y se debe contar con isotanques de reserva en caso de que el agua sea desconectada sin previo aviso. Se plantea la instalación de extractores de aire en el área ya que debido a la presencia de la caldera y el horno de secado se están viendo afectadas las condiciones de humedad y temperatura necesarias para la fabricación del yeso. Se propone adicionalmente la instalación de luminarias sobre el rodillo de regado para poder controlar de una mejor manera la textura y apariencia de la venda ya que en este punto es muy difícil detectar este tipo de defectos.

Conclusiones

En cuanto a la pregunta problema inicial planteada se puede concluir que, si es posible proponer una mejora efectiva en el proceso de fabricación de vendas de yeso de una empresa de dispositivos médico- quirúrgicos por medio de la aplicación de la metodología Six Sigma, se realizó la aplicación del método DMAIC como una estrategia para optimizar procesos y aumentar la productividad. Si bien las etapas clave del método DMAIC incluyen definir el problema y los objetivos, medir utilizando herramientas estadísticas y mediciones directas, analizar a través de herramientas como el diagrama de Ishikawa, proponer soluciones detalladas en la fase de mejora, y establecer métodos de control como hojas de verificación y cartas de control (Vasquez-Acevedo, L. A., Morales-Fernandez, D., Terán-Pareja, I. S., & Algoner, W. C, 2023), con los datos conocidos del proceso se llegó solamente a realizar el análisis y proponer las mejoras. No se le dio alcance a establecer métodos de control ni verificación.

Se realizó un diagnóstico y detección de factores críticos en el proceso productivo de las vendas de yeso identificando que los cuellos de botella principales en el proceso de fabricación son fallos en la maquinaria, escasez de materias primas e inconsistencias en la cantidad de alcohol medido en la mezcla lo que causa una falla en la formulación. Estos cuellos de botella afectan directamente la calidad del producto final y por lo tanto la satisfacción del cliente.

Se presentaron 6 propuestas de mejora enfocadas en las causas raíz identificadas mediante el diagrama de Ishikawa que incluyen acciones correctivas para mano de obra, medición, materiales, máquinas, método y medio ambiente con el objetivo de optimizar el proceso productivo de la fabricación de las vendas de yeso.

Lista de referencias

1. Arias Montoya, I., Portilla, I. M., & Castaño Benjumea, J. C. (2008). Aplicación de Six Sigma en las organizaciones. *scientia et technica*, xiv (38), 265-270.
2. Bermudez, J.; Betancurt, L., & Muñoz, J. (2016). Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio.
<https://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html>
3. Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
4. Jiménez, H. F., & Amaya, C. L. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(2), 263-277.
<https://doi.org/10.4067/s0718-33052014000200012>
5. Ocampo, J., Pavon, A. (2012, Julio 23). Integrando la metodología DMAIC de seis sigmas con la simulación de Eventos discretos en Flexsim. <https://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
6. Bersbach, P. (2009, Octubre 27). The first step of DMAIC – Define.
<http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-first-step-of-dmaic-%E2%80%93-define/>
7. Taghizadegan, S. (2006). Chapter 5 - Design for Six Sigma: Roadmap for Successful Corporate Goals. In S. Taghizadegan (Ed.), *Essentials of Lean Six Sigma* (pp. 49–58). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012370502-0/50007-2>
8. Jimenez, H. F., Zuñiga, A. H., Londoño, C. A., Rativa, J. R., & Cortes, M. R. (2023). Aplicación de Seis Sigma para la Reducción de Defectos en la Fabricación de Muebles de Madera en una PYME. *Dirección y Organización*, 81, 52–68.
<https://doi.org/10.37610/dyo.v0i81.652>

9. Administración, L. A., Operaciones, D. E., Felipe Ramírez Pérez, J., Guadalupe, V., Torres, L., Alonso, S., Castillo, H., & Valdés, M. M. (n.d.). UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0 EN LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES. *Publicación Cuatrimestral*, 5(4), 151–168.
10. Büyüközkan, G., & Öztürkcan, D. (2010). An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. *Expert systems with applications*, 37(8), 5835-5847.
11. Gitlow, H. S. (2009). *A guide to lean Six Sigma management skills*. Auerbach Publications.
12. Boon Sin, A., Zailani, S., Iranmanesh, M., & Ramayah, T. (2015). Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 168, 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.007>
13. Hsiao, C. T., Lin, C. P., & Fan, P. H. (2023). THE APPLICATION OF SIX SIGMA TO IMPROVE THE YIELD OF PLASTIC INJECTION MOLDING. *South African Journal of Industrial Engineering*, 34(2), 152–170. <https://doi.org/10.7166/34-2-2887>
14. Vasquez-Acevedo, L. A., Morales-Fernandez, D., Terán-Pareja, I. S., & Algoner, W. C. (2023). Improvement Proposal Using the DMAIC Method to Increase the Productivity of a Metal Label Company. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.532>