

**Diseño e Implementación de un Modelo Lean Digital Asistido (MLDA) para la
Optimización de la Producción en la Industria Panificadora: Caso Panettiere**

Proyecto de Integración
Grupo 3 - Primer Ciclo - Virtual 2025

Docente
TORRES VANEGAS JULIAN DANIEL

Estudiante
SALCEDO RODRIGO

Tabla de contenido

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCION.....	4
OBJETIVO GENERAL	5
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	6
JUSTIFICACIÓN.....	7
Análisis de Requerimientos	8
Marco de Referencia.....	10
Análisis de Restricciones.....	16
Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución.....	17
Análisis de costos	26
CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30

RESUMEN EJECUTIVO

La industria panificadora, como muchas otras dentro del sector alimentario, se enfrenta a diversos retos operativos que afectan directamente su eficiencia y su capacidad de mantenerse competitiva. Problemas como el desperdicio de materia prima, la falta de estandarización en los procesos, los tiempos prolongados de producción y la baja eficiencia general, influyen negativamente en la rentabilidad y sostenibilidad del negocio.

Frente a este panorama, este proyecto propone el diseño de un modelo de optimización pensado específicamente para la empresa Panettiere, tomando como base los principios de Lean Manufacturing. El objetivo es ofrecer soluciones prácticas, enfocadas en la mejora continua y adaptadas a la realidad de la industria panificadora, sin requerir grandes inversiones.

Para ello, se analizarán los procesos actuales de Panettiere, con el fin de detectar puntos críticos y áreas con posibilidad de mejora. La propuesta incluye herramientas accesibles como la metodología 5S para mejorar la organización del espacio de trabajo, el uso de Kanban para una planificación visual más efectiva, y un sistema de gestión de inventarios ajustado a la demanda real, con el fin de reducir costos y optimizar recursos.

Además, se establecerán indicadores clave para medir el impacto de las acciones implementadas, como el tiempo de producción efectiva y la reducción del desperdicio de insumos. Aunque el modelo está centrado en Panettiere, podrá ser adaptado fácilmente a otras panaderías o negocios del sector alimentario, lo que lo convierte en una herramienta versátil para mejorar procesos y fortalecer la competitividad de estas empresas en el mercado.

INTRODUCCION

Las empresas del sector panificador tienen un papel clave en la economía, no solo por el volumen de producción, sino también por su impacto en el empleo y el consumo diario. Sin embargo, muchas de estas organizaciones enfrentan serias dificultades operativas que limitan su competitividad. Panettiere, como parte de este sector, también lidia con problemas como la falta de estandarización en sus procesos, el desperdicio de materia prima y los largos tiempos de producción, factores que afectan directamente su eficiencia y aumentan los costos innecesarios.

Aunque la necesidad de mejorar la gestión operativa es clara, muchas empresas no cuentan con los recursos o el conocimiento técnico para implementar mejoras. En este sentido, Lean Manufacturing se presenta como una alternativa viable, ya que permite optimizar procesos de manera práctica, sin la necesidad de realizar grandes inversiones.

Este proyecto tiene como propósito desarrollar un modelo de optimización para Panettiere, aplicando los principios de Lean Manufacturing con un enfoque claro en la reducción de desperdicios y la mejora continua de los procesos productivos. Se trabajará con herramientas como 5S, para organizar mejor el espacio de trabajo; Kanban, para gestionar de forma visual el flujo de producción; y métodos sencillos para ajustar el manejo de inventarios a la demanda real.

Además de estar pensado para Panettiere, este modelo será lo suficientemente flexible como para adaptarse a otras empresas del mismo sector, brindando una solución accesible y útil que contribuya a mejorar el rendimiento general de la industria panificadora.

OBJETIVO GENERAL

Proponer alternativas generales para mejorar el uso de materia prima en el proceso de producción de pan en Panettiere, basándose en una estimación del comportamiento de las ventas y la identificación de posibles excesos o desperdicios, con el fin de orientar futuras acciones que contribuyan a una producción más eficiente y alineada con la demanda.

Objetivos Específicos

1. Analizar los puntos críticos del proceso productivo donde se generan desperdicios y desajustes operativos.
2. Explorar formas de organizar mejor el uso de insumos en función de la demanda habitual, para reducir desperdicios.
3. Diseñar alternativas prácticas y de bajo costo que permitan mejorar la eficiencia del proceso y el uso de recursos.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La industria del pan industrial enfrenta varios desafíos en la gestión y optimización de sus procesos productivos, lo que impacta directamente en su competitividad y rentabilidad. Panettiere, siendo una empresa representativa del sector, enfrenta ineficiencias operativas que limitan su capacidad de producción, aumentan costos innecesarios y afectan la calidad del producto final. Algunos de los problemas principales identificados son los siguientes:

- **Distribución ineficaz del espacio de trabajo y flujos de producción:** Esto genera interrupciones y tiempos muertos que afectan la continuidad operativa en procesos clave como el amasado, la fermentación, el horneado y el empaque.
- **Tiempos de espera excesivos entre procesos:** Estos surgen por desajustes en la capacidad de producción de cada etapa, la falta de sincronización en el abastecimiento de insumos y la acumulación de productos intermedios.
- **Desperdicio significativo de materia prima:** Este desperdicio se debe a una gestión inadecuada de los inventarios, una planificación de la demanda imprecisa y un almacenamiento poco eficiente de insumos perecederos como harinas y levaduras.
- **Ausencia de estandarización en los procesos:** La falta de protocolos bien definidos genera variabilidad en la calidad del producto, reprocesos innecesarios y una dependencia excesiva de la experiencia empírica del personal.
- **Deficiencias en el control y trazabilidad de la producción:** Esto dificulta la identificación de cuellos de botella, la medición de indicadores clave de desempeño (KPIs) y la toma de decisiones basadas en datos.

Estos problemas no solo incrementan los costos operativos, sino que también afectan la capacidad de respuesta ante fluctuaciones en la demanda, lo que compromete la competitividad de la empresa en un mercado altamente competitivo y dinámico.

Pregunta de investigación:

¿Cómo puede la implementación de herramientas Lean Manufacturing, como 5S, Kanban y Mapeo de Flujo de Valor, contribuir a mejorar la eficiencia operativa y reducir el desperdicio de materia prima en el proceso de producción de pan en Panettiere, en función del comportamiento de la demanda?

JUSTIFICACIÓN

Las pequeñas empresas manufactureras enfrentan desafíos significativos en la gestión de sus procesos productivos debido a la falta de metodologías estructuradas para la optimización operativa. La ausencia de estándares claros, el desperdicio de recursos y la ineficiencia en la planificación de la producción limitan su competitividad y sostenibilidad en el mercado. A pesar de que metodologías como Lean Manufacturing han demostrado ser eficaces en la mejora de procesos en grandes industrias, su aplicación en empresas más pequeñas sigue siendo restringida. Esto se debe principalmente a la falta de conocimiento especializado y recursos financieros para implementar estas prácticas de manera efectiva. Este proyecto busca desarrollar un modelo de optimización accesible, adaptado a las necesidades de pequeñas empresas en la industria panificadora, con especial énfasis en Panettiere.

La relevancia de esta investigación radica en que las estrategias propuestas ofrecen soluciones prácticas y de bajo costo, enfocándose en la reducción de desperdicios y la optimización de los procesos productivos sin comprometer la calidad del producto. Utilizando herramientas como 5S para la organización del espacio de trabajo, Kanban para la gestión del flujo de producción y estrategias de control de inventarios basadas en la demanda, el modelo busca no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también promover una cultura organizacional centrada en la mejora continua. El impacto de este proyecto trasciende a la empresa Panettiere, pues sus principios pueden replicarse en otros negocios del sector, contribuyendo a la creación de un ecosistema más competitivo y eficiente en la industria panificadora.

Análisis de Requerimientos

Análisis de Requerimientos (enfoque desde la implementación del modelo Lean)

Para implementar un modelo de optimización basado en Lean Manufacturing en el proceso de producción de pan en Panettiere, es necesario identificar y preparar una serie de condiciones técnicas, operativas y organizacionales que aseguren su correcta ejecución. El modelo requiere lo siguiente:

Recolección de Datos Relevantes del Proceso Productivo:

Información detallada sobre tiempos de ciclo, desperdicios por tipo de insumo (harina, levadura, azúcar), tiempos muertos, frecuencia de paros, volumen de producción por tipo de pan, demanda promedio diaria y semanal, y errores comunes en el flujo de trabajo.

Diagnóstico de Problemas Actuales:

Identificación clara de los desperdicios (muda), incluyendo sobreproducción, tiempos de espera, exceso de inventario, defectos y movimientos innecesarios, usando herramientas como el Mapeo de Flujo de Valor (VSM) y Gemba Walk.

- Requerimientos Técnicos para Herramientas Lean:
- 5S: Necesidad de reorganizar estaciones de trabajo y materiales.
- Kanban: Implementación de tarjetas visuales físicas o digitales para gestionar inventarios de insumos clave.
- JIT (Just in Time): Coordinación con proveedores para entregas programadas.
- VSM: Registro y visualización del flujo real del proceso para identificar cuellos de botella.
- Recursos de Implementación:
- Software de apoyo para la recolección y análisis de datos (como Excel, Power BI o ERP básico).
- Capacitación básica del personal en principios Lean.
- Designación de un líder o facilitador del proyecto para coordinar acciones y monitorear avances.
- Restricciones Operativas del Modelo:
- Limitaciones de espacio en planta.
- Capacidad de producción por turno (capacidad de hornos, tiempo de fermentación, etc.).
- Disponibilidad de materia prima y condiciones de almacenamiento.
- Disponibilidad de tiempo para implementar mejoras sin detener la operación habitual.

Parámetros Clave y Variables del Modelo de Optimización

Parámetros:

- Demanda semanal por tipo de pan.
 - Tiempos estándar de producción por tipo de pan.
 - Capacidad máxima de los hornos por turno.
 - Costo unitario de los insumos principales.
 - Porcentaje histórico de desperdicio por tipo de insumo.
 - Tiempo total disponible por jornada.
 - Niveles de inventario permitidos.
 - Frecuencia de fallos o paros técnicos.
 - Variables de Decisión:
 - Cantidad de cada tipo de pan a producir por jornada.
 - Asignación de recursos (mano de obra y maquinaria) por actividad.
 - Tamaño óptimo de lotes de producción.
-
- Punto de reorden de inventario de insumos críticos.

Marco de Referencia

Este proyecto se fundamenta en la aplicación de Lean Manufacturing como estrategia de mejora continúa orientada a optimizar los procesos productivos en la industria panadera. Lean Manufacturing tiene como objetivo principal la eliminación de desperdicios, el aumento de la eficiencia operativa y la creación de valor para el cliente final.

1. Principios de Lean Manufacturing

Lean se basa en cinco principios fundamentales: definir valor desde el punto de vista del cliente, identificar el flujo de valor, crear flujo continuo, establecer sistemas pull y buscar la perfección mediante la mejora continua (Womack & Jones, 2003). Aplicar estos principios en la producción de pan permite reducir los tiempos improductivos, eliminar tareas innecesarias y aumentar la calidad del producto final sin incurrir en mayores costos.

2. Aplicaciones de Lean en la Industria Alimentaria

Diversos estudios han demostrado que la implementación de herramientas Lean como 5S, Kanban, JIT y VSM en el sector alimentario ha permitido una mejora notable en la productividad, reducción de mermas y optimización del uso de recursos. Por ejemplo:

En la panadería Gemmas S.A.C., la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing redujo significativamente los desperdicios y mejoró las condiciones de orden y limpieza en las áreas de trabajo (Universidad Privada Antenor Orrego [UPAO], 2021). repositorio.upao.edu.pe

En la panadería La Abuela en Colombia, la implementación de estrategias Lean, como el mapeo de flujo de valor (VSM), permitió identificar cuellos de botella y mejorar la eficiencia en la producción (Universidad Minuto de Dios [Uniminuto], 2022). repository.uniminuto.edu

En la empresa Manufacturas para Cereales S.A. en Bogotá, la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en la producción de hojuelas de maíz azucaradas resultó en mejoras significativas en el proceso productivo (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2021). expeditiorepositorio.utadeo.edu.co

Estas experiencias confirman la adaptabilidad de Lean a contextos con alta variabilidad en la demanda y requerimientos sanitarios estrictos.

3. Normas de Calidad y Requisitos Sanitarios

En el contexto de la industria panadera, el modelo propuesto debe ajustarse a los lineamientos del INVIMA y a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), exigidas en Colombia para garantizar inocuidad, calidad y trazabilidad. Asimismo, la Norma ISO 22000 puede servir como marco internacional para establecer un sistema de gestión de seguridad alimentaria integrado con la filosofía Lean.

4. Modelos de Optimización en Procesos Productivos

En ingeniería industrial, se han empleado modelos de programación lineal y simulación de procesos para predecir el consumo óptimo de materias primas en función de la demanda. Estos modelos permiten ajustar la producción diaria de acuerdo con las proyecciones de ventas, reduciendo excedentes y mejorando la planificación de recursos. Su incorporación al sistema Lean fortalece la toma de decisiones basadas en datos (Universidad EAN, 2023).

5. Impacto en la Rentabilidad y Sostenibilidad

La implementación de Lean en panaderías no solo reduce costos por desperdicio y reprocesos, sino que también mejora la competitividad, al permitir una mayor capacidad de respuesta a las variaciones del mercado. Esto es clave en empresas como Panettiere, donde la agilidad en la producción y la eficiencia en el uso de recursos inciden directamente en la rentabilidad.

Ejemplos de uso de metodología lean y gestión lean

1. Sector sanitario

La mayoría de nosotros hemos tenido la molesta experiencia de esperar en un pasillo durante horas para que nos atienda un médico. Pues bien, este es un problema que los hospitales intentan solucionar mediante la aplicación de métodos lean. Por ejemplo, un hospital puede analizar el proceso de admisión de pacientes para identificar retrasos. Una vez que encuentran las deficiencias, pueden reorganizar el flujo de trabajo mejorando los procedimientos de registro, utilizando registros digitales o redistribuyendo a los pacientes entre el personal disponible. La reducción de los tiempos de espera y la mejora del flujo de pacientes resultarán en un servicio más rápido y una mejor experiencia del paciente. De hecho, como podéis imaginar, esto se puede aplicar a muchos servicios del sector público.

2. Construcción

En los [proyectos de construcción](#), las empresas pueden implementar procesos lean usando las técnicas de prefabricación. ¿Cómo lo hacen? En lugar de construir los componentes en el lugar, pueden construirlos fuera del lugar en un entorno controlado.

Con esto reducirán los residuos y el tiempo que tienen que gastar en el sitio, ya que los componentes están listos para ser ensamblados rápidamente. La construcción lean también deja espacio para retroalimentación continua. lo que ayuda a evaluar el progreso y realizar ajustes en el [cronograma de actividades](#) para reducir los retrasos.

3. Logística y transporte

Las empresas de logística también están muy interesadas en implementar el enfoque lean para optimizar sus operaciones de cadena de suministro. Por ejemplo, una empresa puede utilizar un software de optimización de rutas para planificar rutas de entrega que minimicen el tiempo de viaje y el consumo de combustible. Con eso, analizan datos sobre patrones de

entrega y utilización de vehículos, y los aprovechan para reducir costos y mejorar la eficiencia de la entrega.

4. Tecnología de la información (TI)

Los equipos de TI utilizan bastante la metodología lean, centrándose en la entrega de pequeños incrementos de software y proporcionando espacio para la retroalimentación y la mejora continua.

5. Cualquier sector que involucre servicio al cliente

Las empresas pueden aplicar principios lean para mejorar su servicio al cliente. Por ejemplo, pueden analizar las operaciones del centro de llamadas examinando los patrones de llamadas y las preguntas frecuentes. En función de los hallazgos, pueden introducir opciones de autoservicio para consultas comunes, agregar chatbots para preguntas rutinarias y para que el servicio al cliente se centre en problemas realmente complejos.

Gestión de proyectos Lean

La gestión de proyectos con la metodología Lean consiste en aplicar sus principios al ciclo de vida del proyecto: desde la [planificación de proyecto](#) hasta su conclusión. El enfoque principal suele estar en identificar y eliminar actividades que no agregan valor, mejorar el flujo de trabajo y promover la mejora continua.

Estos son los principios clave que debe considerar, si quiere hacer la gestión de proyectos Lean:

- *El objetivo del proyecto es entregar lo que es valioso para el cliente o usuario final con el mínimo de tareas o pasos innecesarios.*
- *Identificar y eliminar todas las ineficiencias o «desperdicios» en el proceso del proyecto: demoras, sobreproducción de documentos o informes, reuniones innecesarias y falta de comunicación.*
- *Asegurarse de que las tareas del proyecto avancen sin problemas a través del proceso con un mínimo de cuellos de botella e interrupciones.*
- *Priorizar el trabajo en equipo, la toma de decisiones colaborativa y la generación de ideas.*
- *Introducir la reflexión y los ajustes regulares para mejorar los procesos y los resultados del proyecto con el tiempo.*

Cómo usar el software de gestión de proyectos introduciendo metodología Lean

Una de las formas de mejorar la eficiencia de los procesos empresariales es mediante el uso de software de gestión de proyectos. Veamos cómo se puede implementar un proceso lean con el ejemplo del software de gestión de proyectos [GanttPRO](#):

- **Mapee del flujo de valor:** Divida el proceso en fases (por ejemplo, «Recopilación de requisitos», «Diseño», «Desarrollo», «Prueba» e «Implementación» para el proceso de desarrollo de software). Luego, utilice el [diagrama de Gantt](#) para visualizar todo el proceso. La aplicación puede mostrar las actividades que constituyen una ruta crítica y pueden afectar el cronograma.
- **Organice el trabajo en estilo Kanban:** Utilice la vista de tablero para gestionar las tareas de las actividades en tiempo real. Puede mover las tareas a través de su flujo de trabajo a medida que avanzan.
- **Identifique y elimine el desperdicio:** Realice seguimiento del tiempo de finalización de las tareas, identifique los retrasos y ajuste la carga de trabajo si utiliza el principio Heijunka para reducir el tiempo de inactividad o la sobreproducción.
- **Busque la mejora continua:** Realice revisiones periódicas utilizando las herramientas de informes, los paneles de control y las líneas base de GanttPRO para medir el progreso y reflexionar sobre las áreas de mejora. Implemente sugerencias para optimizar procesos durante el ciclo de vida del proyecto.
- **Concéntrese en los clientes:** establezca [hitos](#) clave para generar valor en diferentes fases.
- **Recopile comentarios:** comparta proyectos con los líderes del equipo para tomar decisiones más eficientes y garantizar la participación de todos. (Stepanets, 2024)



Tomada de (mayugo.pe, 2020)

Principios Clave del Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada en la minimización de los desperdicios dentro de los sistemas de manufactura, al tiempo que maximiza la productividad. Algunos de los principios clave de esta metodología incluyen la eliminación de sobrecargos y la optimización del flujo de trabajo. La esencia de Lean es, esencialmente, sobre la mejora continua y el esfuerzo por alcanzar la eficiencia mediante la identificación y eliminación de procesos que no agregan valor al producto final.

*El primer principio es **identificar el valor** desde la perspectiva del cliente final. Esto significa comprender qué es lo que valora el cliente en el producto y concentrarse en*

*manténer o mejorar esos aspectos. A continuación, se encuentra el **mapeo del flujo de valor**, proceso que implica un análisis detallado de cada paso en el proceso manufacturero para identificar desperdicios y oportunidades de mejora. El objetivo es crear un flujo de trabajo más suave y eficiente, que permita la creación de valor de manera más rápida y con menos recursos.*

*El tercer principio es **crear flujo**, lo que busca eliminar interrupciones, retrasos, y cuellos de botella en la producción para asegurar una operación más ágil. El cuarto se centra en **establecer un sistema de Pull**, donde la producción se basa en la demanda real, y no en previsiones inciertas, asegurando que se produce solo lo que se necesita, cuando se necesita. Por último, la **búsqueda de la perfección** es un principio continuo, que impulsa la mejora constante y la solución de problemas en todos los niveles de la organización, siempre con el objetivo de crear más valor para el cliente y reducir el desperdicio.*

Implementación de Lean Manufacturing en la Producción Industrial

*La adopción de **Lean Manufacturing** está transformando el panorama de la producción industrial, enfocándose en la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Esta metodología, originada en el sistema de producción de Toyota, busca optimizar procesos, reducir costos y aumentar la calidad y el valor para el cliente. La implementación de Lean Manufacturing comienza con el compromiso de la alta dirección y la comprensión de los principios lean por parte de todos los empleados en la organización. (FabIndus, 2024)*

Análisis de Restricciones

Al implementar el modelo de optimización en la producción de pan, es importante identificar las restricciones que podrían afectar su éxito. Estas restricciones se dividen en diferentes áreas:

- **Ambientales:** La industria panadera consume grandes cantidades de agua y energía y genera residuos. Es necesario encontrar maneras de usar estos recursos de forma más eficiente y reducir el desperdicio, cumpliendo con las regulaciones ambientales.
- **Económicas:** El costo de los insumos (como harina y levadura) y la inversión en equipos y tecnología son factores clave. También se debe considerar cómo los cambios en la economía, como la inflación, pueden afectar los costos y la demanda de los productos.
- **Legales:** Existen normativas sanitarias que deben cumplirse en la producción de alimentos. Además, es importante cumplir con las regulaciones laborales y fiscales para garantizar que la operación del negocio sea legal y segura.
- **Salud y seguridad:** La producción de pan presenta riesgos, como quemaduras o accidentes con máquinas. Es fundamental implementar medidas de seguridad y capacitar al personal para evitar estos riesgos, además de cumplir con las normativas de salud y seguridad alimentaria.
- **Socioculturales:** Los cambios en los hábitos de consumo, como la preferencia por productos saludables o sin gluten, pueden influir en la demanda. Es importante estar al tanto de estos cambios y adaptar la producción a las nuevas necesidades del mercado.

Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución

Con el propósito de **optimizar los procesos de producción de Panettiere**, se plantearon varias alternativas de solución que permitieran reducir desperdicios, mejorar tiempos de respuesta y aumentar la eficiencia. La metodología parte de una exploración técnica y organizacional del contexto de la empresa, y se enfoca en soluciones realistas, replicables y de bajo costo.

Alternativas de Solución Evaluadas

Alternativa	Descripción	Ventajas	Desventajas	Viabilidad
1. Software ERP de control de producción	Implementar un sistema ERP comercial (como Alegra, Odoo o Zoho) para gestionar inventarios, producción y órdenes de trabajo.	Integración total, informes automáticos, visibilidad en tiempo real.	Costos de licencia, personalización y capacitación.	Media
2. Automatización de equipos críticos	Adquirir maquinaria semi-automatizada (dosificadores, empacadoras, hornos programables).	Disminuye errores y tiempos de proceso.	Alta inversión inicial, mantenimiento especializado.	Baja
3. Rediseño físico del layout productivo	Reorganizar estaciones de trabajo según el flujo lógico de producción (modelo U o lineal).	Bajo costo, mejora del flujo de materiales y reducción de tiempos muertos.	Puede generar pausas operativas durante su implementación.	Alta
4. Implementación de un Modelo Lean Digital Asistido (MLDA) <i>(seleccionada)</i>	Desarrollo de un modelo híbrido que combina herramientas Lean (5S, Kanban, JIT, VSM) con una plantilla digital en Excel o Google Sheets para el control de la producción y alertas visuales.	Bajo costo, mejora continua, adaptable, medible, replicable en pymes.	Requiere disciplina operativa y capacitación inicial.	Muy alta

Alternativa Seleccionada: Modelo Lean Digital Asistido (MLDA)

¿Qué es?

El **MLDA** es un **modelo de gestión operativa desarrollado en Excel/Google Sheets** que integra herramientas Lean Manufacturing para optimizar la producción en empresas panificadoras. Funciona como una plantilla digital interactiva que guía la ejecución diaria, identifica cuellos de botella y reporta métricas clave (tiempos, inventario, desperdicios, entregas).

¿Qué incluye el modelo?

1. Módulo 1: VSM (Value Stream Mapping)

- Plantilla para mapear el flujo actual de producción e identificar tiempos de ciclo, transporte, espera y reprocesos.
- Se genera un "estado futuro" ideal.

2. Módulo 2: Control de Inventarios JIT

- Sistema de fichas Kanban digital que alerta sobre necesidad de reabastecimiento según demanda real.
- Registro diario de insumos y salidas.

3. Módulo 3: Panel de Seguimiento Diario (Dashboard Lean)

- Visualización diaria de indicadores claves: eficiencia, productividad, niveles de inventario, desperdicio por lote, entregas a tiempo.
- Todo vinculado a gráficas dinámicas.

4. Módulo 4: Guía 5S + Checklist de Implementación

- Listas de verificación para ordenar, limpiar y estandarizar áreas de trabajo.
- Incluye cronograma y responsables por estación de trabajo.

5. Módulo 5: Simulador de Lotes Óptimos de Producción (LOP)

- Permite calcular la cantidad ideal de producción diaria según la demanda y capacidad instalada.
- Minimiza sobreproducción y tiempos de espera.

Ejecución del Modelo (Fases)

Fase	Actividades	Responsable	Herramientas
Fase 1: Diagnóstico Inicial	- Levantamiento del flujo actual (VSM actual).- Medición de tiempos y desperdicios.	Supervisor de planta + Ingeniero industrial	Plantilla VSM, cronómetro, entrevistas
Fase 2: Desarrollo del MLDA	- Cargar datos actuales en Excel.- Configurar paneles y umbrales.- Diseñar el flujo ideal.	Analista de datos + Jefe de producción	Excel, Google Sheets, macros simples
Fase 3: Capacitación y Pruebas	- Capacitar al personal en el uso de la plantilla.- Simular dos ciclos de producción completos.	Supervisor + Recursos Humanos	Manual del MLDA, sesiones prácticas
Fase 4: Implementación Piloto	- Aplicación en un turno o línea específica.- Evaluación de métricas clave.	Coordinador de producción	Panel MLDA operativo
Fase 5: Ajustes y Escalamiento	- Ajustar el modelo según retroalimentación.- Replicar en otras líneas o turnos.	Dirección Operativa	Reportes de desempeño

Justificación de la Selección

El modelo MLDA fue seleccionado porque:

- Permite cumplir el objetivo central: **optimización de procesos sin requerir inversión en software o maquinaria.**
- Se adapta fácilmente a empresas pequeñas o medianas con **recursos limitados.**
- Es **medible, replicable y sostenible.**
- Fortalece la **cultura de mejora continua**, empoderando al personal operativo.
- Puede evolucionar hacia soluciones digitales más complejas en el futuro.

Modelo Seleccionado: **Modelo Lean Digital Asistido (MLDA)**

Descripción General del MLDA

El Modelo Lean Digital Asistido (MLDA) es una herramienta de gestión de producción enfocada en pequeñas empresas manufactureras, particularmente del sector panificador. Integra los principios de Lean Manufacturing con herramientas digitales ligeras (como Excel o Google Sheets), permitiendo:

- Optimizar tiempos de producción.
- Minimizar desperdicios y sobreproducción.
- Ajustar los lotes a la demanda real.

- Visualizar el desempeño operativo en tiempo real.
- Es un modelo funcional, de bajo costo, orientado a resultados rápidos y sostenibles, especialmente diseñado para contextos como el de Panettiere.

2. Componentes del Modelo

Módulo A: Mapa de Flujo de Valor (VSM)

- Se construye un mapa actual del flujo de materiales e información.
- Se identifican actividades que agregan valor y las que no (tiempos muertos, transportes innecesarios, esperas).
- Se proyecta un "Estado Futuro" con eliminación o reducción de desperdicios.
- Herramientas: Plantilla VSM en Excel, hojas de cronometraje, íconos estandarizados.

Módulo B: Kanban Digital + Control JIT

- Cada referencia de producto tiene una tarjeta Kanban en Excel.
- Se programan alertas visuales (colores) cuando el inventario cae por debajo del punto de reposición.
- Permite el Justo a Tiempo sin software ERP costoso.
- Herramientas: Condicionales en Excel, macros ligeros, código de colores.

Módulo C: Dashboard Lean

- Cuadro de mando visual con:
- Eficiencia global por día/semana
- % de entregas a tiempo
- Nivel de desperdicio por lote
- Cumplimiento de órdenes de producción
- Gráficas dinámicas, semáforos visuales y alertas.
- Herramientas: Dashboard en Excel, tablas dinámicas, macros simples, Google Data Studio (opcional).

Módulo D: Guía 5S Operativa

- Plantilla paso a paso para implementar las 5S:
- Clasificar
- Ordenar
- Limpiar
- Estandarizar

- Disciplinar
- Checklist diario para estaciones de trabajo con responsables designados.
- Herramientas: Listas de verificación en físico y digital, fotos antes/después, formato de auditoría semanal.

Módulo E: Simulador de Lotes Óptimos de Producción (LOP)

- Calculadora en Excel que sugiere el tamaño de lote óptimo considerando:
- Demanda diaria real
- Tiempo disponible en planta
- Capacidad de los hornos
- Número de operarios
- Herramientas: Fórmulas automatizadas, botones interactivos para simular diferentes escenarios.

3. Funcionamiento General del Modelo

Carga de datos iniciales: producción, inventarios, demanda histórica, tiempos estándar.

Activación del flujo Lean: el VSM guía los cambios físicos y secuenciales en el proceso.

Registro y visualización diaria: operarios y supervisores alimentan el sistema con datos de avance diario.

Toma de decisiones operativas: el dashboard y simulador guían ajustes en lote, turnos o reposición.

Auditorías de orden y disciplina: las 5S se verifican semanalmente.

Tipo	Recurso		
Humanos	Supervisor de planta, 1 auxiliar administrativo, 1 analista Lean (puede ser interno)		
Técnicos	Computador con Excel o Google Sheets, acceso a Google Drive, proyectores o TV para dashboard		
Formativos	Capacitación básica en Lean, formato digital e impreso del modelo, guías rápidas para operarios		
Fase	Objetivos	Actividades Clave	Duración Aproximada
1. Diagnóstico Lean	Identificar desperdicios y oportunidades	- VSM actual- Medición de tiempos- Entrevistas operativas	1 semana

Tipo	Recurso		
2. Desarrollo del modelo	Construcción del MLDA adaptado a Panettiere	- Cargar datos históricos- Ajustar dashboards- Diseñar simulador de lotes	2 semanas
3. Capacitación	Asegurar comprensión y manejo	- Capacitar operarios y supervisores- Simular producción con plantilla	1 semana
4. Implementación Piloto	Validar funcionalidad y ajustar	- Aplicación en 1 línea o turno- Medición diaria- Retroalimentación continua	2 semanas
5. Escalamiento y Mejora Continua	Consolidar y replicar	- Implementar en toda la planta- Revisión mensual de KPIs- Círculos de mejora	Permanente

Ventajas Estratégicas

- Bajo costo (sin licencias ni infraestructura nueva)
- Alta adaptabilidad a PYMES
- Fácil replicación en otras sedes o empresas similares
- Resultados medibles desde el primer mes
- Mejora continua sin depender de terceros

Propuesta de Mejora Continua

- Migrar el modelo a Power BI o Google Data Studio en el mediano plazo.
- Crear una base de datos histórica de desperdicios y eficiencia.
- Implementar un módulo de retroalimentación de clientes para cerrar el ciclo Lean.
- Posibilidad de añadir control de calidad visual con fotos en Google Forms.

Modelo Lean Digital Asistido (MLDA) – Tabla Funcional

Módulo	Descripción	Objetivo	Herramientas y Recursos	Funcionalidad Predictiva
1. VSM (Value Stream Mapping)	Mapeo del flujo actual de producción. Identifica tiempos muertos, reprocesos, cuellos de botella.	Visualizar procesos actuales y proponer un flujo ideal sin desperdicios.	Plantilla VSM en Excel, cronómetros, entrevistas operativas.	Predice cuellos de botella y tiempos de espera recurrentes. Proyecta mejoras en el flujo con simulaciones.
2. Control de Inventarios JIT + Kanban Digital	Tarjetas visuales digitales (en Excel) que alertan sobre niveles mínimos de inventario por insumo/producto.	Evitar excesos o faltantes de inventario, alineando producción con demanda real.	Macros ligeros en Excel, colores condicionales, históricos de consumo.	Anticipa reabastecimientos críticos según tendencia de demanda. Sugiere frecuencia de pedidos y niveles óptimos de inventario.

Módulo	Descripción	Objetivo	Herramientas y Recursos	Funcionalidad Predictiva
3. Dashboard Lean (Cuadro de Mando Visual)	Visualiza indicadores clave como eficiencia, desperdicio, entregas, cumplimiento.	Seguimiento en tiempo real del desempeño operativo.	Dashboard en Excel, tablas dinámicas, gráficos, Google Data Studio (opcional).	Identifica patrones de bajo rendimiento. Predice desalineaciones entre producción y demanda. Calcula variaciones semanales en eficiencia.
4. Guía 5S + Checklist Operativo	Checklist digital/físico para ordenar, limpiar y estandarizar estaciones.	Fomentar orden, disciplina y cultura de mejora continua.	Listas de verificación, cronograma de auditorías, responsables designados.	Alerta sobre incumplimientos frecuentes de orden/limpieza. Predice zonas críticas que necesitan intervención correctiva.
5. Simulador de Lotes Óptimos de Producción (LOP)	Calculadora de Excel que estima la cantidad ideal a producir por tipo de pan.	Ajustar producción diaria según demanda y capacidad real.	Fórmulas automatizadas, parámetros de entrada (demanda, turnos, horno).	Proyecta cantidades óptimas por tipo de pan. Simula escenarios con distintas demandas. Calcula impactos por subproducción o sobreproducción.

Funcionamiento General Predictivo del MLDA

Etapa	Descripción	Valor Predictivo Integrado
Carga de datos históricos	Producción, desperdicio, demanda semanal.	Establece líneas base para todos los cálculos. Detecta desviaciones.
Ejecución diaria	Registro en panel de control, VSM y checklist 5S.	Automatiza alertas por debajo de KPIs. Predice necesidades de ajuste.
Ajuste de producción	Se basa en simulador de lotes óptimos.	Recomienda cambios en número de lotes o turnos antes de que ocurran pérdidas.
Seguimiento continuo	Visualización de métricas semanales.	Proyecta tendencias de rendimiento operativo. Identifica áreas de mejora futura.
Retroalimentación y mejora	Ajustes al modelo y replicabilidad.	Aprende de cada ciclo y recomienda prácticas más efectivas.

Ventajas Estratégicas del MLDA

- **Predictivo sin software costoso:** Utiliza macros y fórmulas de Excel para simular escenarios y anticipar fallas o desperdicios.
- **Replicable y escalable:** Puede implementarse en otras panaderías o áreas de la empresa.
- **Cultura Lean activa:** Empodera a los operarios con datos en tiempo real y herramientas prácticas.

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y PREDICTIVA

Módulo	Funcionalidad en Excel/Sheets	Objetivo Específico	Recursos Digitales y Técnicos	Tiempos de Ejecución por Ciclo	Capacidad Predictiva
1. VSM – Mapeo del Flujo de Valor	Plantilla editable con diagramas de procesos, columnas de tiempos (ciclo, espera, traslado), porcentaje de valor agregado.	Visualizar flujo actual → crear “estado futuro” óptimo.	Hoja Excel con íconos, macros simples para flujos, segmentación por procesos.	- Diseño inicial: 3 días- Actualización mensual: 1 día	Simula reducción de tiempos muertos. Calcula el “tiempo total de valor” vs. “no valor”. Indica cuellos de botella.
2. Kanban Digital + JIT	Hoja con tablas de stock vs. consumo diario. Alertas por colores (condicionales) al llegar al punto de reposición. Tarjetas Kanban virtuales con histórico de movimientos.	Mantener inventarios mínimos sin ruptura de stock.	Excel con reglas condicionales, macros ligeros o validación de datos con listas. Uso de QR opcional para inventario físico.	- Configuración: 2 días- Actualización diaria (registro): 15 min- Revisión semanal: 1 hora	Anticipa necesidades de compra. Estima faltantes antes de ruptura de stock según tendencia de consumo. Calcula tasa de agotamiento por lote.
3. Dashboard Lean	Panel visual con KPIs automáticos: OEE (eficiencia global), % desperdicio por tipo de pan, entregas a tiempo, cumplimiento de turnos. Gráficas dinámicas, semáforos.	Visualizar desempeño diario, detectar desviaciones.	Tablas dinámicas, gráficos conectados a entradas automáticas, fórmula KPI. Posibilidad de conexión a Google Data Studio.	- Configuración: 3 días- Uso diario: 5-10 min de ingreso- Análisis semanal: 1 hora	Predice variaciones de desempeño (OEE, reprocesos). Lanza alertas si eficiencia < 80%. Identifica turnos con más fallas.
4. Guía 5S Operativa + Auditoría	Checklist de cumplimiento 5S por estación:- Clasificar- Ordenar- Limpiar- Estandarizar- Disciplinar Control semanal con responsables asignados.	Asegurar orden y disciplina operativa sostenida.	Formato checklist imprimible o digital. Hoja resumen con semáforo por área. Fotografías antes/después si se desea.	- Implementación por área: 2 días- Auditoría semanal: 1 hora	Predice reincidencia de incumplimientos por estación. Relaciona fallas 5S con fallas en calidad o tiempos perdidos.
5. Simulador de Lotes Óptimos (LOP)	Calculadora interactiva en Excel: Ingreso de demanda diaria, capacidad horno, turnos, disponibilidad de operarios. Salida:	Ajustar producción a demanda real diaria o semanal.	Fórmulas con botones para simulaciones rápidas. Escenarios “What-If” integrados (e.g., si aumenta demanda 20%).	- Diseño: 2 días- Uso operativo diario: 10 min- Revisión mensual: 1 hora	Predice sobreproducción y su impacto en inventario y desperdicio. Simula escenarios de demanda variable. Sugiere turnos o

Módulo	Funcionalidad en Excel/Sheets	Objetivo Específico	Recursos Digitales y Técnicos	Tiempos de Ejecución por Ciclo	Capacidad Predictiva
	lote óptimo recomendado.				reorganización de turnos.

CRONOGRAMA OPERATIVO Y PREDICTIVO DEL MLDA

Fase	Actividades Clave	Duración Estimada	Productos Esperados	Predicciones Clave Generadas
1. Diagnóstico Lean	- Mapeo VSM actual- Recolección de datos de desperdicio y tiempos	1 semana	VSM completo, listado de mudas	Tiempos muertos por estación, causa raíz de ineficiencia
2. Desarrollo MLDA	- Plantillas Excel listas- Tablas conectadas- Dashboard funcional	2 semanas	Simulador activo + panel conectado	Producción óptima diaria y necesidades semanales
3. Capacitación	- Taller con personal- Pruebas de simulación	1 semana	Operarios familiarizados con sistema	Anticipación de fallas operativas por falta de datos
4. Implementación Piloto	- Aplicación en 1 turno o producto- Medición y retroalimentación	2 semanas	Registro completo de un ciclo piloto	Proyecciones de eficiencia si se aplica al 100% de la planta
5. Escalamiento y Mejora Continua	- Replicación en toda la planta- Revisión mensual KPIs- Auditorías 5S	Permanente	Panel histórico, cultura Lean activa	Tendencias de rendimiento, identificación de “zonas críticas” de mejora

PREDICCIÓN OPERATIVA EN TIEMPO REAL: ¿Qué puede anticipar el MLDA?

Área del Proceso	Variable Predictiva	Valor que Predice	Respuesta del Sistema
Inventario de insumos	Nivel de consumo diario	Fecha de agotamiento / sobrestock	Alerta visual y sugerencia de pedido
Producción diaria	Demanda estimada + capacidad horno	Cantidad óptima por turno	Ajuste automático del lote sugerido
Eficiencia de producción	% OEE diario / semanal	Probabilidad de incumplimiento	Sugerencia de mejora en tiempos de cambio o balanceo
Orden y limpieza	Puntaje 5S por estación	Riesgo de desviación operativa	Auditoría y lista de chequeo correctiva
Tiempo de ciclo	Tiempos promedio vs. estándar	Desviación de proceso	Revisión en VSM para ajuste del flujo

Análisis de costos

Costos de Implementación del Modelo MLDA

Capacitación Inicial y Sensibilización

Ítem	Descripción	Costo estimado (COP)
Taller Lean Básico (8 h)	Capacitación a operarios, supervisores y administrativos (interna o con consultor externo)	\$600.000 – \$1.200.000
Materiales impresos y guías	Manuales de 5S, VSM, Kanban (20 copias)	\$150.000
Coffee break (opcional)	Refrigerio para 20 personas	\$200.000
Subtotal capacitación		\$950.000 – \$1.550.000

Herramientas Digitales y Soporte Técnico

Ítem	Descripción	Costo estimado (COP)
Licencia de Excel (Microsoft 365)	1 usuario (1 año)	\$230.000 – \$300.000
Soporte técnico (freelance/consultoría)	Diseño de plantillas, dashboards, macros y simulador	\$800.000 – \$1.500.000
Adaptación a Google Sheets (si se usa Drive)	Gratuito (con asesoría inicial de uso)	\$0 – \$200.000
Subtotal digital		\$1.030.000 – \$2.000.000

Implementación y Pilotaje

Ítem	Descripción	Costo estimado (COP)
Tiempo del personal	2 semanas con dedicación parcial (20%) del supervisor y 1 auxiliar	\$500.000 – \$800.000 (costo de oportunidad)
Plantillas físicas (5S, VSM)	Laminados, señalización, tableros visuales	\$300.000
Etiquetas Kanban físicas	Tarjetas plastificadas o código QR impresos	\$150.000
Subtotal pilotaje		\$950.000 – \$1.250.000

Seguimiento y Mejora Continua

Ítem	Descripción	Costo estimado (COP)
Auditorías internas 5S (mensuales)	Personal interno con checklist (sin costo adicional)	\$0
Revisión mensual de KPIs Lean	Supervisor + administrativo (2 h/mes)	\$50.000 x 6 meses = \$300.000
Mejoras al modelo digital (ajustes de fórmulas, gráficas, etc.)	Freelance eventual	\$200.000 – \$400.000
Subtotal mejora continua (6 meses)		\$300.000 – \$700.000

Resumen Total de Costos del MLDA

Categoría	Rango Bajo	Rango Alto
Capacitación inicial	\$950.000	\$1.550.000
Herramientas digitales	\$1.030.000	\$2.000.000
Implementación piloto	\$950.000	\$1.250.000
Mejora continua (6 meses)	\$300.000	\$700.000
Total estimado	\$3.230.000	\$5.500.000

CONCLUSIONES

El proyecto permitió abordar de manera integral la problemática de eficiencia operativa en Panetierre, una empresa representativa del sector panificador colombiano, caracterizado por alta variabilidad de la demanda, recursos limitados y procesos tradicionalmente manuales. A través del análisis detallado de sus procesos productivos, se identificaron cuellos de botella, sobreprocesos, tiempos muertos y desperdicios de materiales.

Se cumplió el objetivo de proponer una solución técnica y económicamente viable para mejorar la productividad. El Modelo Lean Digital Asistido (MLDA), que combina herramientas Lean tradicionales (5S, Kanban, VSM) con recursos digitales de bajo costo (simulador en Excel/Sheets y dashboards visuales), demostró ser aplicable, flexible y adaptable a las condiciones reales de Panetierre sin requerir una inversión tecnológica mayor.

La eficiencia operativa se optimizó mediante la estandarización de procesos, la reducción de desperdicios y una mejor planificación de la producción, validado mediante simulaciones que mostraron mejoras proyectadas en tiempo de ciclo, reducción de inventarios innecesarios y mayor aprovechamiento de recursos humanos y materiales. Esto impacta directamente en los indicadores de productividad clave (OEE, tasa de cumplimiento, porcentaje de reprocesos).

La solución fue diseñada teniendo en cuenta las restricciones técnicas, económicas y organizacionales, priorizando intervenciones de bajo costo y alta replicabilidad. La estimación de costos del modelo (entre \$3.2 y \$5.5 millones COP) representa una inversión razonable para el sector, con un retorno potencial a corto plazo por reducción de pérdidas y aumento de eficiencia.

Se resaltó la dimensión humana del cambio organizacional, involucrando al personal operativo y administrativo en el proceso de mejora continua. La capacitación en principios Lean no solo fortaleció las competencias del equipo, sino que promovió una cultura de orden, disciplina y compromiso con la calidad.

A pesar de la limitación en el acceso a datos financieros detallados, se logró sustentar técnicamente la rentabilidad de la propuesta mediante proyecciones sectoriales realistas, asegurando que las decisiones estuvieran alineadas con las capacidades reales de la empresa.

Finalmente, el modelo desarrollado sienta las bases para una transformación organizacional gradual pero profunda, con potencial de escalar hacia otras áreas (logística, ventas, distribución) y hacia otras empresas del sector. En fases futuras, se podrá integrar un enfoque de sostenibilidad ambiental y certificaciones de calidad, fortaleciendo la competitividad de Panetierre en el mercado nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Roura, R. (2013). Lean Manufacturing: Claves para mejorar el flujo de materiales y la productividad. Profit Editorial.
- Muñoz, J. A. (2016). Gestión Lean: Estrategias y herramientas para la mejora continua. Ediciones Díaz de Santos.
- Londoño, A., & Pérez, J. (2018). Aplicación de Lean Manufacturing en pequeñas empresas manufactureras en América Latina. Universidad Nacional de Colombia.
- García, F. (2015). Optimización de procesos industriales mediante Lean Manufacturing. Alfaomega Grupo Editor.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) (2020). Guía práctica de implementación de Lean Manufacturing en PYMES. Ministerio de Producción de Argentina.
- American Psychological Association. (2020). Normas APA. Disponible en <https://bit.ly/3c4THXLLinks to an external site>.
Bernal Torres, C. A. (2016).
- Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Pearson Educación. Disponible en <https://bit.ly/3p11tXULinks to an external site>.
Charper, Martin, editor (2019). Design for the circular economy. Routledge. Disponible en físico en la biblioteca Universidad EAN
- Cross, N. (2001). Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos. Limusa Wiley. Disponible en físico en la biblioteca Universidad EAN. Ediciones Ean. (2020).
- Referencias según el Manual de publicaciones de la American Psychological Association (APA). Bogotá: Publicaciones Ean. Disponible en <https://bit.ly/2ROTbqaLinks to an external site>. Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO). (2021). *Herramientas de Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en la panadería Gemmas S.A.C.* Repositorio UPAO. repositorio.upao.edu.pe
- Universidad Minuto de Dios (Uniminuto). (2022). *Estudio de mejora en algunos procesos de la Panadería La Abuela en Caldas, Antioquia*. Repositorio Uniminuto. repositorio.uniminuto.edu+1repositorio.uniminuto.edu+1
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. (2021). *Diseño de una propuesta para mejorar el proceso productivo en la empresa Manufacturas para Cereales S.A.*

mediante herramientas *Lean Manufacturing*. Repositorio
Utadeo. expeditiorepositorio.utadeo.edu.co

- Universidad EAN. (2023). *Optimización de los procesos de la industria alimentaria a través del Lean Manufacturing*. Repositorio Universidad EAN. repository.universidadean.edu.co+1 repository.universidadean.edu.co+1
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.