

Modelo de prototipado digital:
Integración Lean Manufacturing e Industria 4.0 para la
Eliminación de Mudas y la Agilidad Competitiva

Maestría en Administración de Empresas

Universidad Nacional de Rafaela

Alumno: Miguel Berrueta
Director: Mg Mario Alberto Schmidt
Rafaela 2025



UNRaf
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
RAFAELA





ÍNDICE

Contenido

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
Descripción del Problema	6
Justificación	7
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos.	9
MARCO TEÓRICO	11
El colchón, ingeniería aplicada al descanso.	11
Lean Manufacturing	14
Orígenes y evolución del lean manufacturing	14
Los Cinco Principios Fundamentales del Lean Manufacturing	15
Los Siete Tipos de Desperdicio (Muda)	16
Adopción del Lean Manufacturing en el contexto Argentino y sus desafíos.	17
Diseño y Desarrollo de Productos, Prototipos	18
Definición y Funciones del Prototipo	18
Desafíos del Prototipado Tradicional de Colchones	19
La velocidad de comercialización (Time-to-Market) como ventaja competitiva	20
Industria 4.0: Manufactura Conectada e Inteligente.	20
Los Pilares Fundamentales de la Industria 4.0	21
La Integración de la Industria 4.0 en el Proceso de Prototipado de Colchones	23
El Grado de Adopción de la Industria 4.0 en el Contexto Argentino	24
Fusión de la industria 4.0 y lean manufacturing para un prototipado ágil y eficiente.	24
La Digitalización textil para la creación de una biblioteca de materiales virtuales.	25
Del diseño a la validación virtual: CAD y Realidad Aumentada	26
Conclusión del Marco Teórico.	27
METODOLOGÍA	29
Clasificación y Tipo de Investigación	29
Unidad de Análisis e Instrumentos de Recolección de Datos	29
Estrategia de Análisis de Datos	31
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE HALLAZGOS	33
Descripción del Proceso	33
Análisis de los Resultados de las Entrevistas	34
Perspectiva Operativa: El Diagnóstico de Ineficiencias	35
Perspectiva Estratégica: El Impacto en Marketing e Industria 4.0	36



Identificación de Barreras y Limitaciones Técnicas	37
Fidelidad del Modelo vs. Producto Físico.	37
Validación Productiva	38
Resistencia al Cambio y Cultura Organizacional	38
Estudio de los Registros de la Organización (2019-2024)	38
Análisis de las Observaciones Directas en Planta	39
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	40
Introducción y Fundamentación de la Propuesta	40
Análisis de Alternativas.	40
Tecnologías Habilitadoras: Escáner con IA y Software CAD 3D	42
Fases del Modelo de Implementación	42
Análisis Financiero y Retorno de la inversión.	44
Plan de Acción y Gestión del Cambio	45
Impacto Estratégico: Ventaja Competitiva Dinámica	46
CONCLUSIONES	47
Validación de Objetivos y Respuesta a la Hipótesis	47
Sustento Empírico y Hallazgos Relevantes	48
Limitaciones del Estudio y Prospectiva	48
ANEXO	50
Instrumentos de Recolección de Información	50
Bibliografía	68

Índice de Tablas

● Tabla 1. <i>Cantidad de prototipos fabricados en un periodo de 9 meses</i>	60
● Tabla 2. <i>Ficha de proyecto</i>	63
● Tabla 3. <i>Ejemplo de una ficha de proyecto / apartado de composiciones</i>	66
● Tabla 4. <i>Componentes de un prototipo y aprobaciones</i>	68

Índice de Figuras

● Figura 1. <i>Los componentes de un colchón</i>	12
● Figura 2. <i>Representación de un colchón con base de resortes pocket</i>	13
● Figura 3. <i>Representación gráfica de un colchón con núcleo de espuma</i>	14
● Figura 4. <i>Diagrama de Pareto: Causas de Fabricación de Prototipos</i>	41
● Figura 5. <i>Comparativo de alternativa de mejora</i>	42
● Figura 6. <i>Representación gráfica de la co-creación del diseño</i>	43
● Figura 7. <i>Flujo de valor optimizado</i>	44

RESUMEN

Este estudio aborda la problemática de la ineficiencia en el proceso de prototipado de colchones en una destacada empresa de la industria, a la que denominaremos "Colchones 19 de Febrero". La investigación se centra en cómo la dependencia de un modelo de prototipado físico tradicional genera desperdicios significativos, identificados a través de los principios de Lean Manufacturing. Estos desperdicios incluyen el sobre procesamiento, el consumo excesivo de materiales, la interrupción de líneas de producción seriada, el retrabajo constante y la ocupación de valioso espacio de almacenamiento. Esta ineficiencia no solo impacta en la rentabilidad, sino que también limita la capacidad de la organización para innovar y responder con agilidad a las demandas del mercado. La tesis postula que esta brecha se puede cerrar mediante la integración estratégica de la filosofía Lean Manufacturing con las tecnologías de la Industria 4.0, buscando un modelo de prototipado ágil que sea, a la vez, eficiente y competitivo.

Para validar esta hipótesis y diagnosticar la situación actual, se empleó una estrategia metodológica cualitativa. Se realizaron entrevistas en profundidad a profesionales relacionados a la organización, con amplia experiencia en las áreas de Producción, Desarrollo de Productos, Marketing y Gerenciamiento. Estas entrevistas permitieron una recolección de datos rica y detallada, facilitando la profundización en los temas de interés y la validación de las hipótesis del estudio. Las fuentes de información principales fueron las propias entrevistas y observaciones del proceso en su totalidad, complementadas con un exhaustivo marco teórico que vincula los conceptos de Lean Manufacturing, la Industria 4.0 y la gestión estratégica de marketing.

Los principales resultados de la investigación confirman la existencia de las ineficiencias operativas planteadas. Los entrevistados validaron la presencia de distintos muda, lo que se traduce en altos costos y gastos superfluos. Más allá de lo operativo, el análisis reveló una perspectiva estratégica crucial. El lento proceso actual puede hacer que la empresa pierda la "ventaja de ser los primeros en llegar al mercado", un factor crítico de competitividad. Sin embargo, los profesionales se mostraron optimistas a la digitalización, reconociéndola como un motor para "adelantarse a la competencia" y "llegar rápidamente al cliente con propuestas adaptadas a sus gustos". Aunque se identificaron barreras como la resistencia al cambio y el desafío de la "fidelidad" del prototipo virtual, se planteó un modelo híbrido como solución, que combine lo digital para la iteración rápida con la validación física final. En este modelo, el prototipo virtual permitiría la co-creación con el cliente, un concepto clave que no solo mejoraría el



producto, sino que también fomentaría la fidelización. Este enfoque dual, que une la reducción de desperdicios con la agilidad en la innovación, se posiciona como una ventaja competitiva sostenible.

INTRODUCCIÓN

En el dinámico panorama económico global, la eficiencia operativa y la capacidad de innovación se han consolidado como pilares estratégicos para la competitividad empresarial. Las organizaciones, inmersas en un entorno de constante cambio y creciente exigencia por parte de sus clientes, se ven obligadas a reevaluar y optimizar sus procesos internos a fin de asegurar la sostenibilidad y el crecimiento a largo plazo. La búsqueda de "hacer más con menos", una máxima que ha guiado la evolución productiva desde los principios de la civilización industrial cobra hoy una relevancia sin precedentes en un mercado global donde la competencia es intensa (Porter, 1985). En este contexto, la manufactura moderna enfrenta el desafío de reducir los desperdicios y, simultáneamente, acelerar el ciclo de diseño y lanzamiento de nuevos productos para satisfacer las cambiantes demandas del mercado. La velocidad de respuesta a las necesidades del cliente y la capacidad de introducir innovaciones de manera ágil se han transformado en una ventaja competitiva fundamental desde la perspectiva del marketing estratégico (Kotler & Armstrong, 2012). Es en esta intersección donde el prototipado de productos emerge como una fase crítica, permitiendo a las empresas validar ideas y diseños antes de incurrir en los elevados costos y el tiempo asociados a la producción a gran escala.

La presente tesis se inscribe en esta intersección entre la búsqueda de eficiencia y la necesidad de innovación, centrándose en el proceso de prototipado de colchones dentro de una destacada empresa, a la que denominaremos "Colchones 19 de Febrero". Esta compañía, con una sólida trayectoria en la fabricación de productos para el descanso, representa un caso de estudio idóneo. La relevancia de este estudio radica en la oportunidad de transformar un proceso tradicionalmente intensivo en recursos; materiales, mano de obra y tiempo de planta, en un modelo ágil, eficiente y alineado con las exigencias de un mercado en constante evolución. La planta industrial de esta empresa, una de las más modernas en su tipo, constituye el escenario perfecto para analizar y proponer mejoras en un proceso que, si bien es indispensable para la innovación, también presenta desafíos significativos en términos de eficiencia.

La motivación principal de esta investigación surge de la observación de que, pese a su función crítica en el desarrollo de productos, el prototipado físico de colchones genera un nivel considerable de desperdicio (Muda, según la terminología Lean). La interrupción de líneas de producción seriada, el alto consumo de materiales por unidad no seriada, los extensos set-ups, los frecuentes retrabajos y la ocupación de valioso espacio de almacenamiento son indicadores claros de ineficiencias que

impactan directamente en la rentabilidad y la agilidad de la empresa. Estos desafíos, lejos de ser exclusivos de esta compañía, resuenan en diversas industrias manufactureras que aún dependen en gran medida de prototipos físicos, especialmente en sectores donde las propiedades táctiles y estéticas son cruciales.

La exploración de alternativas para eficientizar este proceso sin menoscabar su valor intrínseco de innovación constituye el eje central de este trabajo. Particularmente, la integración de la filosofía Lean Manufacturing, con su enfoque en la eliminación sistemática de desperdicios, y la incorporación estratégica de las tecnologías de la Industria 4.0, se perfilan como soluciones prometedoras. La digitalización del prototipado, en especial, ofrece una vía para trascender las limitaciones del modelo físico, permitiendo una iteración más rápida, una validación temprana y una reducción drástica de los recursos involucrados.

Este estudio, por tanto, no solo busca diagnosticar las ineficiencias del proceso actual de prototipado en "Colchones 19 de Febrero" con un enfoque Lean, sino también proponer un diseño ágil que armonice la reducción de desperdicios con la imperativa necesidad de innovar rápidamente.

Descripción del Problema

La búsqueda de la eficiencia ha sido una constante en la evolución de las organizaciones, impulsando la innovación en métodos y procesos. Actualmente, esta búsqueda se intensifica en un entorno empresarial marcado por una competencia cada vez más acentuada. Las empresas, incluyendo aquellas del sector manufacturero, se ven obligadas a operar con la máxima eficiencia para controlar costos y minimizar pérdidas, manteniendo así su posición en el mercado (Kotler & Armstrong, 2012).

Dentro de "Colchones 19 de Febrero", el proceso de prototipado, aunque vital para la introducción de nuevos productos y la adaptación a las preferencias del consumidor, se ha identificado como un área con oportunidades significativas de mejora en términos de eficiencia. El proceso actual, que inicia con una ficha de proyecto y culmina con la fabricación de un prototipo a tamaño real, implica una serie de etapas que, si bien buscan asegurar la calidad y viabilidad del producto, generan diversas ineficiencias.

Específicamente, el proceso de prototipado en "Colchones 19 de Febrero" se caracteriza por:

- Alto consumo de recursos: La fabricación física de cada prototipo a tamaño real demanda una considerable cantidad de materiales específicos, que a menudo son mal utilizados o desechados si el prototipo no es aprobado.

- Intensidad en horas de trabajo: La creación de cada unidad experimental es mano de obra intensiva, incrementando el costo por prototipo.
- Interrupción de la producción seriada: La necesidad de adecuar y configurar las líneas de fabricación para la elaboración de una unidad individual requiere la pausa temporal de las operaciones de producción masiva. Esto se traduce en tiempos de inactividad para equipos y personal, afectando la eficiencia operativa general y generando retrasos.
- Frecuentes retrabajos y ajustes: Un porcentaje significativo de los prototipos no cumple con las expectativas iniciales de los departamentos de Marketing, Comercial o incluso de Producción, lo que exige ajustes o la fabricación de nuevas versiones. Estos retrabajos implican un desperdicio considerable de tiempo, materiales y esfuerzo, además de evidenciar una falta de "construcción de calidad" desde las primeras etapas del diseño.
- Inventario excesivo y ocupación de espacio: La acumulación de casi 200 prototipos anualmente, tanto los aprobados como los descartados o retrabajados, ocupa aproximadamente 90 metros cuadrados de espacio de almacenamiento en depósitos o áreas de expedición. Este inventario excesivo representa un costo de mantenimiento y contribuye a la congestión del espacio productivo, limitando la flexibilidad operativa.
- Multiplicación de set-ups: La fabricación no seriada de prototipos implica múltiples cambios de configuración en las líneas de producción, que consumen tiempo y esfuerzo no productivo por parte de los operarios y equipos, afectando la productividad general.

Estos elementos configuran un problema de ineficiencia productiva en una fase crítica del desarrollo de productos. La persistencia de estas ineficiencias se traduce en costos elevados, tiempos de desarrollo prolongados y una capacidad limitada para responder ágilmente a las demandas de un mercado cada vez más dinámico y exigente. La digitalización y las metodologías ágiles, que han penetrado en numerosas industrias, aún no han sido plenamente explotadas para optimizar el proceso de prototipado en este sector específico, lo que representa una brecha significativa en la operación de "Colchones 19 de Febrero" y, por extensión, en la industria textil de colchones.

Justificación

La justificación de esta investigación radica en la imperativa necesidad de las empresas de manufactura, como "Colchones 19 de Febrero", de adaptarse a un entorno de creciente competitividad. En este escenario, la capacidad de maximizar la eficiencia,

minimizar costos y controlar las pérdidas no es meramente una opción, sino una condición fundamental para la supervivencia y el crecimiento. La agilidad en el diseño y la introducción de nuevos productos se ha convertido en un diferenciador clave; llegar al mercado con innovaciones antes que la competencia confiere una ventaja competitiva estratégica desde la perspectiva del marketing (Kotler & Armstrong, 2012).

Si bien el prototipado es un proceso indispensable para la validación de diseños y la mitigación de riesgos antes de la producción a gran escala, su ejecución actual en "Colchones 19 de Febrero" es, como se ha descrito, altamente costosa e ineficiente. Los desperdicios asociados a la fabricación de prototipos físicos son cuantificables y afectan directamente la rentabilidad y la productividad:

- **Costos elevados:** La fabricación de productos por unidad implica un incremento significativo en el consumo de materiales por unidad y una multiplicación del consumo de horas-hombre trabajadas por producto, además de los costos indirectos derivados de los set-ups y las interrupciones en la producción seriada.
- **Generación de desperdicios:** Los prototipos que no satisfacen las expectativas o requieren retrabajo contribuyen a un alto nivel de desecho de materiales y esfuerzo. La inversión en estos prototipos fallidos representa una pérdida directa de recursos.
- **Ineficiencia operativa:** La interrupción de las líneas de producción para la fabricación de prototipos de una sola unidad genera cuellos de botella y afecta la eficiencia global de la planta, retrasando la entrega de productos de línea y desaprovechando la capacidad instalada.
- **Problemas de calidad inherentes:** Los ajustes y retrabajos constantes son un indicador de que las decisiones de diseño y validación no se están tomando con suficiente información o anticipación, lo que resulta en fallas de calidad desde las etapas iniciales del desarrollo del producto. Esto no solo genera costos adicionales, sino que también prolonga el ciclo de desarrollo.
- **Ocupación de espacio valioso:** Los 90 metros cuadrados ocupados por el inventario de prototipos representan un desperdicio de espacio físico en los almacenes, el cual podría destinarse a producción o almacenamiento de productos terminados, afectando la logística interna y la capacidad de crecimiento.

La filosofía Lean Manufacturing, con su enfoque en la eliminación de desperdicio ofrece un marco conceptual robusto para analizar y abordar estas ineficiencias.

Paralelamente, la Industria 4.0 ofrece un conjunto de tecnologías disruptivas que pueden complementar y potenciar la aplicación de Lean Manufacturing. Herramientas

como las simulaciones digitales, el diseño asistido por ordenador (CAD), la digitalización textil asistida por IA y la realidad aumentada/virtual, permiten la creación, prueba y modificación de prototipos en un entorno virtual antes de incurrir en la producción física. Esto no solo reduce drásticamente el consumo de materiales y tiempo, sino que también facilita la experimentación y la iteración rápida, elementos cruciales para la innovación.

La fusión del Lean Manufacturing y la Industria 4.0, a través de la adopción de un modelo de prototipado ágil y digital, no solo promete reducir los costos y desperdicios asociados al proceso actual, sino que también potenciará la capacidad de "Colchones 19 de Febrero" para innovar de manera más rápida y efectiva. Esto se traduce en una ventaja competitiva directa en la satisfacción del cliente y en la capacidad de responder a las tendencias del mercado con productos mejor diseñados y más eficientes. La validación temprana de conceptos y la minimización de errores antes de la fabricación física aseguran que los recursos se inviertan en productos con una mayor probabilidad de éxito, consolidando la posición de la empresa como líder en el sector. Este estudio, por lo tanto, se justifica por su potencial para generar un impacto tangible en la eficiencia operativa, la sostenibilidad económica y la estrategia de marketing de "Colchones 19 de Febrero", y servir de modelo para otras empresas en la industria textil.

Objetivos

El presente estudio se propone evaluar y transformar el proceso de prototipado de colchones en "Colchones 19 de Febrero" mediante la aplicación de principios de Lean Manufacturing y la integración estratégica de tecnologías de la Industria 4.0.

Objetivo General

- Evaluar el proceso actual de prototipado de colchones mediante la aplicación de los principios de Lean Manufacturing y la identificación de oportunidades de integración de tecnologías de la Industria 4.0, con el fin de diagnosticar ineficiencias y proponer mejoras que armonicen la reducción de desperdicios con las necesidades del diseño y desarrollo de productos como estrategia de marketing.

Objetivos Específicos.

- Caracterizar el proceso actual de prototipado de colchones en la empresa, identificando las etapas clave y su importancia estratégica para el desarrollo de nuevos productos.
- Diagnosticar las ineficiencias del proceso de prototipado actual, desde una perspectiva de Lean Manufacturing, identificando las principales fuentes de desperdicio.



- Analizar la viabilidad y el potencial de adaptación de diferentes pilares de la Industria 4.0 para abordar las ineficiencias identificadas en el proceso de prototipado.
- Proponer recomendaciones de mejora para el proceso de prototipado, basadas en la integración de los principios de Lean Manufacturing y la implementación estratégica de tecnologías de la Industria 4.0.

MARCO TEÓRICO

Este marco teórico explora la integración estratégica de los principios de Lean Manufacturing y las oportunidades que ofrece la Industria 4.0 para optimizar el proceso de prototipado de colchones, buscando conciliar la reducción de desperdicios con las demandas del diseño y desarrollo de productos como estrategia de marketing, y transformando el diseño ágil en una ventaja competitiva para la organización.

La búsqueda incesante de la eficiencia ha sido una constante en la evolución humana, extendiéndose hasta la fecha en el ámbito empresarial. La optimización de procesos se ha convertido en una necesidad crucial, especialmente en un entorno de creciente competencia y desregulación económica, donde las industrias deben maximizar la eficiencia, minimizar costos y controlar pérdidas para mantenerse competitivas.

En los últimos años, la innovación ha transformado los procesos de prototipado, incorporando modelos aditivos y sustractivos, simulaciones y gemelos digitales, entre otras soluciones. Estas metodologías de prototipado ágil han demostrado ser más eficientes que la fabricación de prototipos a escala real en diversas industrias, incluyendo la textil, un sector que ha visto cómo las nuevas tecnologías pueden superar limitaciones históricas. Este trabajo de tesis se enfoca en explorar las alternativas disponibles para eficientizar el proceso de prototipado de colchones, sin perder sus ventajas inherentes, con un énfasis particular en la innovación y la digitalización de tareas.

El colchón, ingeniería aplicada al descanso.

Antes de comenzar con el desarrollo teórico de las ideas que atravesarán transversalmente a esta investigación, es necesario profundizar en la unidad básica de estudio, el colchón.

Un colchón es un sistema de ingeniería ergonómica y textil diseñado como el componente primario de una unidad de descanso. Su función principal es la de plataforma de soporte, cuyo objetivo es distribuir y mitigar la presión del peso corporal, alineando la columna vertebral del usuario en posición horizontal para optimizar la calidad del sueño y la recuperación física. Desde una perspectiva de manufactura, el colchón es un producto textil-mecánico complejo compuesto por una estructura interna, que puede ser de resortes o de espuma y un revestimiento externo, cabecera y tapa que confieren las características finales de estética.

Figura 1
Los componentes de un colchón.



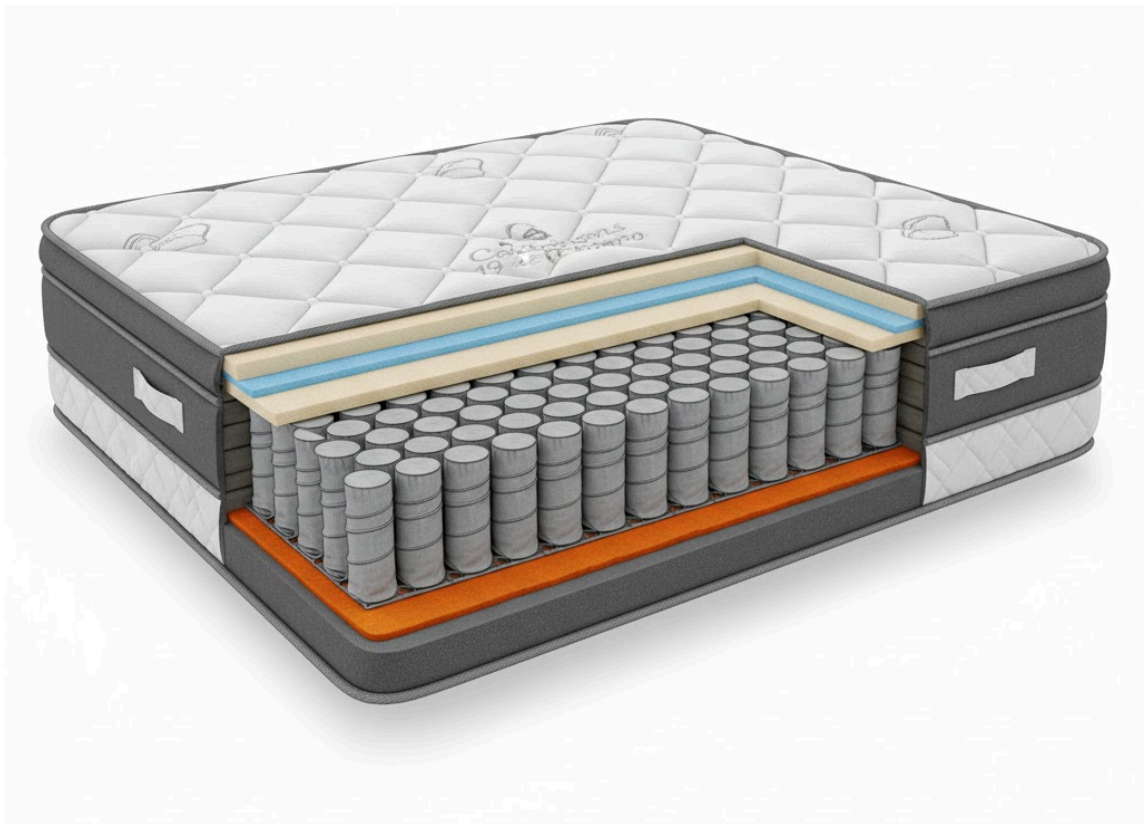
Regularmente, la tapa matelaseada y la cabecera perimetral no son simplemente capas de tela unidas. Con el objetivo fundamental de conferir profundidad, estructura dimensional, resistencia y, crucialmente, el confort superficial inicial del producto, estas cubiertas atraviesan un proceso denominado matelaseado. Este proceso es llevado a cabo con una Máquina Matelaseadora, la cual tiene la capacidad de realizar una unión multicapa de distintos insumos en una sola operación. La máquina cose simultáneamente la tela de cubierta, las capas de confort (placas de espuma o guata de fibra) y el tejido de soporte (tela no tejida). Al realizar esta operación, la máquina no solo fija las capas internas para prevenir su desplazamiento y garantizar la durabilidad, sino que también crea patrones de diseño variados (rombos, cuadrados, círculos o líneas rectas y curvas) que son un requisito de calidad estética y funcional.

En cuanto al interior del colchón, su núcleo estructural está conformado por distintas combinaciones que definen directamente el soporte ergonómico, la resistencia mecánica y la sensación de confort percibida por el usuario. Por un lado, existen los colchones con núcleo de resortes, los cuales utilizan una base o carcasa de resortes de acero como el sistema principal de soporte y amortiguación del peso corporal. Dentro de esta categoría, es fundamental distinguir entre los sistemas de Resortes Bonell y LFK,

donde los muelles están tejidos entre sí formando una estructura altamente interconectada con baja independencia de movimiento, y los Resortes Pocket, donde cada resorte está envuelto individualmente en una bolsa de tela, permitiendo una adaptación punto por punto al contorno del cuerpo y garantizando una independencia de movimientos superior. En ambos casos, el soporte de la base se complementa con capas de confort añadidas (de espuma) y un marco perimetral que puede ser de acero o de tacos de espuma de alta densidad, crucial para la estabilidad lateral.

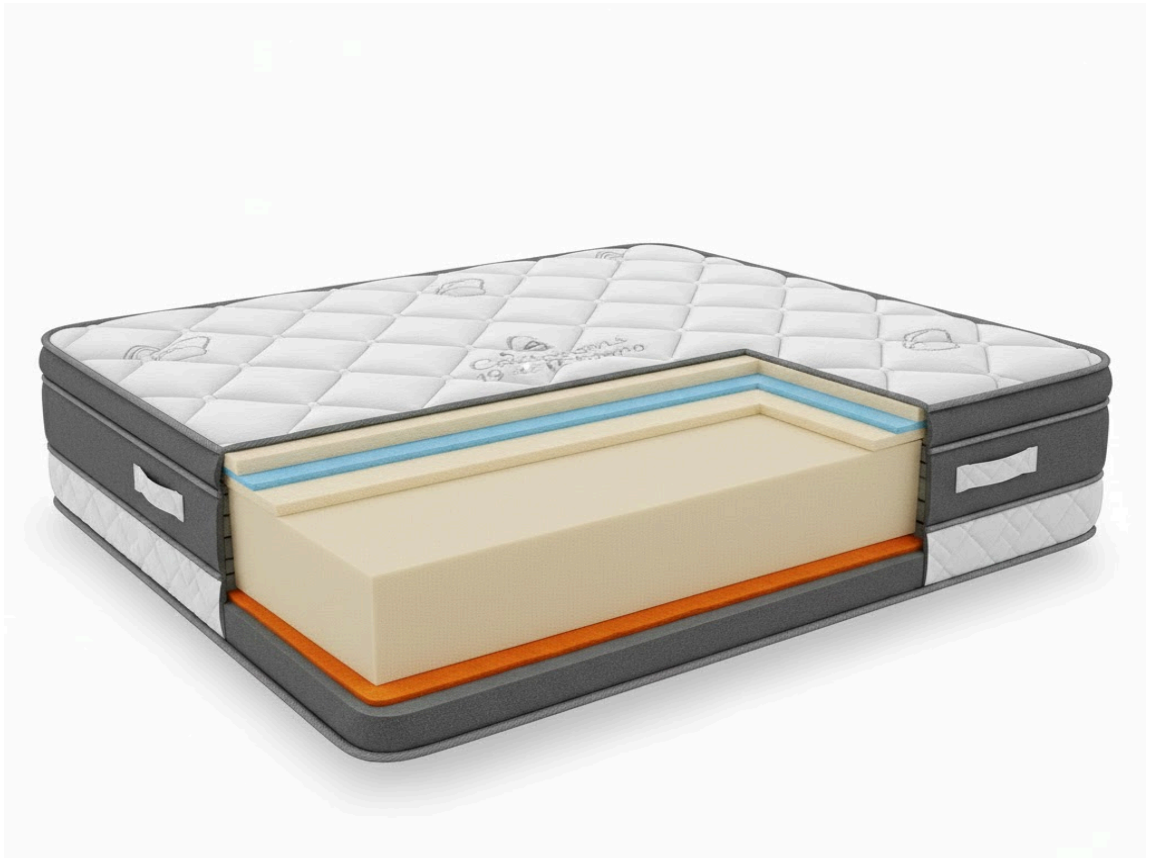
Figura 2

Representación de un colchón con base de resortes pocket.



Otro tipo de colchón es el colchón con núcleo de espuma, el cual, a diferencia del anterior, basa su estructura enteramente en una placa o multicapa de material polimérico. En este caso, el soporte y la durabilidad no dependen de la firmeza, sino de la densidad de la espuma, medida en kilogramos por metro cúbico. Cuanto mayor es la densidad, mayor es la resistencia a la deformación permanente y su capacidad para mantener la alineación ergonómica de la columna vertebral a lo largo del tiempo. El confort final, por su parte, se logra a través de la combinación estratégica de espumas de diferentes composiciones y densidades.

Figura 3
Representación gráfica de un colchón con núcleo de espuma



Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing, también conocido como manufactura esbelta, es una filosofía de gestión que se centra en la eliminación sistemática de desperdicios (Muda) dentro de los procesos de producción, con el objetivo primordial de maximizar la productividad y minimizar el uso de recursos. Su esencia reside en lograr "más" con "menos": generar un mayor valor utilizando una menor cantidad de esfuerzo humano, equipos, tiempo y espacio (TWI Global, s.f.). Los beneficios de esta metodología incluyen la reducción de los tiempos de entrega, la disminución de los costos operativos y una mejora significativa en la calidad del producto.

Orígenes y evolución del lean manufacturing

Aunque los ideales básicos del Lean Manufacturing han existido durante siglos, su consolidación moderna se remonta a los escritos de Benjamin Franklin sobre la reducción de desperdicios en su "Poor Richard's Almanack", donde argumentaba que evitar costos innecesarios podría generar más ganancias que aumentar las ventas. Esta idea fue expandida por el ingeniero mecánico Frederick Winslow Taylor en su libro de 1911, "Principios de la Administración Científica" (Scientific Management), donde codificó el proceso, abogando por un análisis cuidadoso de los nuevos métodos propuestos por los trabajadores para determinar su mérito y adoptarlos como estándar si resultaban superiores.

Industriales estadounidenses como Henry Ford adoptaron principios de manufactura esbelta para contrarrestar la mano de obra barata de países competidores, buscando aumentar la eficiencia de los procesos productivos. Sin embargo, fueron Shigeo Shingo y Taiichi Ohno quienes verdaderamente impulsaron y desarrollaron estos conceptos hasta lo que hoy conocemos como Lean Manufacturing (TWI Global, s.f.). El Sistema de Producción de Toyota (TPS), ideado por Ohno, se fundamenta en la premisa de "justo a tiempo", que busca producir solo lo que el cliente demanda, lo cual se convierte en la base de la filosofía pull. Según Ohno, el objetivo es "fabricar y entregar justo a tiempo" (Ohno, 1991, p. 15), evitando así la costosa sobreproducción.

El término "Lean Manufacturing" fue acuñado por primera vez por el ingeniero de calidad John Krafcik en su artículo de 1988 "Triumph of the Lean Production System". Posteriormente, James Womack y Daniel Jones definieron más a fondo el concepto en su obra Lean Thinking, en la que argumentan que la manufactura lean es un sistema integral que va más allá de un conjunto de herramientas. Para estos autores, el lean se basa en cinco principios clave que permiten un cambio cultural profundo, una idea que resuena en la problemática de la presente tesis.

Los Cinco Principios Fundamentales del Lean Manufacturing

La implementación de Lean se basa en cinco principios interconectados que guían la transformación de los procesos.

Valor (Value). El primer principio se enfoca en comprender lo que el cliente realmente valora y por lo que está dispuesto a pagar. Cualquier actividad que no contribuya a este valor se considera un desperdicio. Se trata de una visión centrada en el cliente que define el propósito de todo el flujo de valor.

Flujo de Valor (Value Stream). Implica identificar y mapear toda la secuencia de actividades, tanto las que agregan valor como las que no, para llevar un producto o

servicio desde su concepción hasta las manos del cliente. El objetivo es visualizar el proceso completo para poder detectar los muda ocultos.

Flujo Continuo (Flow). Asegurar que el valor fluya sin interrupciones, eliminando los cuellos de botella y las esperas.

Sistema Pull (Pull): A diferencia de un sistema de producción push, el sistema pull se basa en la demanda real del cliente. Se produce solo lo que se necesita, cuando se necesita. Esto elimina la sobreproducción y el inventario excesivo, dos de los mayores desperdicios.

Perfección (Perfection). La mejora continua es la esencia de este principio. Lean no es un destino, sino un viaje, donde se busca la perfección a través de la eliminación constante de los desperdicios.

Los Siete Tipos de Desperdicio (Muda)

El sistema de producción de Toyota identificó siete tipos de desperdicios que no añaden valor al producto, todos ellos plenamente aplicables al proceso de prototipado de colchones. A continuación, se detalla cada uno de ellos, con una breve conexión a los hallazgos en la empresa estudiada.

Sobreproducción. Consiste en fabricar más de lo necesario, antes de tiempo o en mayor cantidad. Es el más grave de los desperdicios, ya que genera los otros seis. En la empresa, esto se evidencia en la fabricación de aproximadamente 200 prototipos anuales, de los cuales una cantidad significativa no se convierte en productos de línea, lo que sugiere una producción por encima de la demanda real y la generación de inventario que debe ser liquidado.

Inventario excesivo. Mantener más material, productos en proceso o productos terminados de los estrictamente necesarios. Es una consecuencia de la sobreproducción. En la empresa, esto se evidencia en los casi 90 metros cuadrados de espacio físico ocupados por los prototipos, lo cual genera costos de mantenimiento y congestiona el flujo de valor.

Espera. Tiempos muertos donde los colaboradores o las máquinas están inactivos esperando materiales, información o una etapa previa. Las entrevistas revelaron que la fabricación de prototipos interrumpe las líneas de producción al menos una vez por turno, lo que genera tiempos de inactividad de hasta 30 minutos para los operarios y equipos.

Transporte innecesario. Movimiento de materiales o productos que no añade valor. La congestión del espacio productivo y la necesidad de mover prototipos dentro y fuera del almacén implican transportes que no agregan valor al producto.

Sobrepocesamiento / defectos y retrabajo. Realizar más trabajo del necesario en un producto o repetir un proceso debido a errores. La necesidad de ajustes y retrabajos constantes en los prototipos por no satisfacer las necesidades estéticas o funcionales es un desperdicio significativo de tiempo, materiales y horas de trabajo. Como se evidenció en las entrevistas, un prototipo puede pasar por el ciclo de retrabajo en varias oportunidades antes de ser aprobado, lo que indica una falta de calidad desde el diseño.

Movimiento innecesario. Movimientos de personas que no son estrictamente necesarios para el proceso. La multiplicación de los setups en la línea de producción para la fabricación de prototipos individuales genera un esfuerzo no productivo por parte de los operarios.

Talento no utilizado. Desperdiciar la creatividad, las habilidades y el conocimiento de los colaboradores al no involucrarlos en la mejora de procesos o al asignarles tareas repetitivas o por debajo de su capacidad (TWI Global, s.f.). Por ejemplo, el personal de producción que permanece inactivo durante los cambios de línea para la fabricación de prototipos, lo que representa un desaprovechamiento de su tiempo y capacidad.

Adopción del Lean Manufacturing en el contexto Argentino y sus desafíos.

La filosofía Lean Manufacturing ha sido adoptada por la industria manufacturera argentina como una herramienta esencial para la eficiencia. Sin embargo, el grado y la naturaleza de su implementación varían drásticamente entre las Pequeñas y Medianas Empresas y las Grandes Empresas como "Colchones 19 de Febrero". En las PYMEs, la adopción de Lean se caracteriza por ser fragmentada, reactiva y centrada en la supervivencia. El enfoque de la implementación suele basarse en la aplicación de herramientas aisladas como las 5S (orden y limpieza) y el Mapeo del Flujo de Valor (VSM). El objetivo primario es la generación de ahorros inmediatos y tangibles en un contexto de escasez de capital, pero sin lograr afirmar sus bases en el tiempo (CAME, 2023). Estudios realizados por organismos como CAME y el INTI indican que más del 65% de las PYMEs han implementado al menos una herramienta Lean, pero solo menos del 20% logran una integración de la filosofía a nivel gerencial y general (CAME, 2023). Este estancamiento se debe a la alta volatilidad económica, que desvía recursos y la atención gerencial de la mejora continua a largo plazo. La principal barrera es la falta de capital y la ausencia de una masa crítica de profesionales capacitados para sostener el cambio (Observatorio PYME, 2024).

Por otra parte, empresas de la escala de Colchones 19 de Febrero, tienen la

capacidad financiera y la base de infraestructura para implementar sistemas Lean completos. El desafío no es la falta de capital, sino la inercia de la escala y la rigidez de los procesos establecidos. Las grandes empresas implementan sistemas Lean complejos, con énfasis en el Just-in-Time y el Mantenimiento Productivo Total, buscando la eficiencia en procesos de alto volumen para obtener un resultado con un retorno acorde al proceso.

El caso de estudio ilustra la paradoja de la gran empresa, en la que, si bien la línea de producción seriada opera con altos estándares Lean, el proceso de desarrollo y prototipado está aislado en un silo de diseño tradicional. La rigidez organizacional dificulta que los principios Lean se apliquen a áreas no productivas o procesos de un volumen menor. Esto genera desperdicios crónicos, que son costosos, un problema que una PYME más flexible no enfrentaría a esta escala.

Existe una restricción que no distingue entre pequeñas o grandes empresas y se trata de la resistencia al cambio. La implementación de la filosofía lean es un desafío que va más allá de la aplicación de herramientas. Jeffrey K. Liker (2004) destaca que el éxito depende de una profunda transformación cultural, no solo de la técnica. El autor enfatiza que "el verdadero cambio se produce cuando se cambian los procesos de pensamiento" (Liker, 2004, p. 25). Esta idea es crucial para la presente investigación, ya que la transición a un modelo de prototipado digital requiere un cambio cultural en la organización para superar la resistencia de los colaboradores que están acostumbrados a la validación física. Por ello, la implementación del lean debe contar con el apoyo del personal, ya que su fracaso radica frecuentemente en la falta de participación de los equipos de trabajo (TWI Global, s.f.).

Diseño y Desarrollo de Productos, *Prototipos*

El desarrollo de productos en la manufactura moderna exige una constante búsqueda de eficiencia, reducción de riesgos y aceleración en la llegada al mercado. En este contexto, la prototipación emerge como una fase crítica, permitiendo a las empresas validar ideas y diseños antes de incurrir en los altos costos y el tiempo asociado a la producción a gran escala. De hecho, los productos nuevos son el elemento vital de una organización; sin ellos, a medida que los productos antiguos maduran y desaparecen, las empresas deben desarrollar nuevos productos para sustituirlos (Kotler & Armstrong, 2012).

Definición y Funciones del Prototipo

Un prototipo se define como la creación de un modelo experimental o una muestra preliminar de una idea o producto en desarrollo. Su función primordial es

visualizar o simular el producto final, facilitando la conceptualización, construcción y rápida iteración de diseños (3DALIA, 2020). Es, en esencia, un modelo experimental de una idea concebido para ser probado, modificado y validado antes de la fabricación definitiva. Según Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, autores de la obra de referencia *Product Design and Development* (2004), un prototipo tiene dos propósitos principales: el aprendizaje y la comunicación. El aprendizaje se logra a través de la experimentación, mientras que la comunicación se facilita al permitir que diferentes equipos o actores (diseñadores, comerciales, clientes) interactúen con un modelo tangible o visual.

Las funciones fundamentales de un prototipo son el aprendizaje, la prueba y el testeo. Este proceso permite a los diseñadores y equipos de desarrollo comprender cómo un producto reaccionará bajo diversas condiciones. En el caso específico de los colchones, la función crucial es determinar si el diseño propuesto satisface las necesidades y expectativas del cliente. Incluso al crear un prototipo de baja fidelidad, se pueden examinar conceptos fundamentales como la ergonomía, las líneas de diseño y la evaluación del volumen, sentando las bases para decisiones de diseño posteriores (iamRapid, 2024). Esta capacidad de generar conocimiento temprano a través de la experimentación es un factor clave, ya que permite a los equipos identificar posibles problemas y realizar ajustes en las fases iniciales del desarrollo, lo que se traduce en una reducción significativa de la incertidumbre. Esto transforma el prototipado de una mera etapa de verificación a un mecanismo estructurado para el aprendizaje continuo y la retroalimentación temprana, elementos indispensables para el desarrollo de productos complejos como los colchones, donde la comodidad y la interacción física son primordiales.

Desafíos del Prototipado Tradicional de Colchones

La industria del colchón ha operado tradicionalmente bajo un modelo de prototipado que implica la fabricación de unidades experimentales a tamaño real para la validación de diseños. Este método, si bien permite una evaluación exhaustiva, se caracteriza por ser costoso y consumir un tiempo considerable (iamRapid, 2024). La fabricación de un colchón a tamaño real para cada iteración de diseño representa una inversión significativa en materiales, mano de obra y recursos de planta, lo que ralentiza el ciclo de desarrollo del producto.

Además de los costos directos, el proceso de fabricación de prototipos genera un alto nivel de desperdicio. La producción de unidades no seriadas multiplica los setups en la línea de producción, aumentando significativamente el consumo de materiales por

unidad y las horas-hombre trabajadas por producto (Jacobs & Chase, 2019). Los prototipos a menudo requieren ajustes por no satisfacer las necesidades o el gusto del cliente o del departamento comercial, lo que conlleva al reemplazo de componentes o incluso a un cambio total (retrabajo). Los equipos utilizados para los prototipos (como matelaseadoras, cerradoras y bordadoras) son los mismos que se emplean en la producción de línea, lo que implica que, en ocasiones, se deban interrumpir las líneas de producción para fabricar prototipos, afectando la eficiencia operativa y generando retrasos en las entregas. Anualmente, unos 178 prototipos fabricados ocupan aproximadamente 90 metros cuadrados de espacio en los almacenes, contribuyendo a la congestión del espacio productivo.

La velocidad de comercialización (Time-to-Market) como ventaja competitiva

En un mercado cada vez más dinámico y competitivo, la velocidad con la que una empresa puede lanzar nuevos productos se ha convertido en una fuente crítica de ventaja competitiva. Los ciclos de vida de los productos se han acortado, y la capacidad de responder rápidamente a las nuevas tendencias o necesidades de los consumidores puede determinar el liderazgo en el mercado. El proceso de prototipado, por lo tanto, no es solo una etapa técnica, sino un cuello de botella estratégico que, sí es ineficiente, puede hacer que la empresa pierda la "ventaja de ser los primeros en llegar al mercado" (Kotler & Armstrong, 2012).

Robert G. Cooper (2011), una de las máximas autoridades en la gestión de la innovación, argumenta que la velocidad es un factor de éxito indispensable en el desarrollo de nuevos productos. Su modelo Stage-Gate fue diseñado para estructurar el proceso de desarrollo en etapas, con puertas (gate) de control en cada fase, lo que permite tomar decisiones informadas, reducir los riesgos y, crucialmente, acelerar el ciclo de desarrollo. Cooper sostiene que "la rapidez es una de las principales metas en el desarrollo de un producto, ya que en la mayoría de los mercados el 'first-to-market' tiene importantes ventajas de cuota de mercado" (Cooper, 2011, p. 119). Un proceso de prototipado ineficiente, como el que se ha diagnosticado en el caso de estudio, contradice directamente este principio, ralentizando la validación y, por ende, el lanzamiento.

En este contexto, la prototipación ágil y la validación temprana emergen como elementos esenciales para lograr la velocidad deseada. Ulrich y Eppinger (2004) enfatizan la importancia de la velocidad como una métrica clave del desempeño del desarrollo de productos. Un proceso ágil de prototipado permite a las empresas reducir los costos y el tiempo de cada ciclo de iteración, lo que les da la flexibilidad de fallar

rápido, aprender y corregir, sin el costo que implica la fabricación física en cada etapa. Al reducir el tiempo de desarrollo, la empresa no solo llega primero al mercado, sino que también puede aprovechar al máximo el ciclo de vida del producto. Además, se habilita la capacidad de innovar de forma continua, probando más ideas y diseños en menos tiempo, lo que aumenta las probabilidades de encontrar un concepto exitoso.

Industria 4.0: Manufactura Conectada e Inteligente.

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, representa un nuevo paradigma en la manufactura, caracterizado por una profunda transformación digital. Este concepto promueve una industria conectada e inteligente, fundamentada en la integración horizontal de los procesos de fabricación y la comunicación vertical entre los sistemas ciberfísicos, los sistemas de planificación y control de la producción y los sistemas gerenciales (Schmidt, 2024). En esencia, implica el uso de diversas tecnologías digitales que tienen la capacidad de generar información detallada sobre los flujos de transformación y los procesos logísticos. Esta perspectiva de transformación digital se promueve a nivel mundial mediante iniciativas gubernamentales y programas de innovación.

Según Klaus Schwab (2016), fundador y presidente ejecutivo del Foro Económico Mundial, esta revolución no es solo un avance tecnológico, sino un cambio sistémico que "afecta la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros". La Industria 4.0 fusiona los mundos físico, digital y biológico, impulsando una profunda transformación que va más allá de la simple automatización, al permitir que las máquinas se comuniquen y tomen decisiones de forma autónoma.

Históricamente, la industria ha experimentado tres revoluciones. La primera, en el siglo XVIII, introdujo la máquina de vapor y la energía hidráulica. La segunda, en el siglo XIX, trajo las líneas de montaje y la energía electromecánica. La tercera, a mediados del siglo XX, se caracterizó por la automatización y la introducción de computadoras. La Industria 4.0 es la continuación de este avance, llevando a la integración de sistemas y a la transformación digital de procesos, donde la tecnología interactúa con los humanos para apoyar la toma de decisiones.

Los Pilares Fundamentales de la Industria 4.0

Según el Boston Consulting Group (2015), la Industria 4.0 se construye sobre nueve pilares tecnológicos que actúan como los bloques fundamentales de una manufactura inteligente. Estos pilares, interconectados entre sí, son la base para una nueva forma de producir y gestionar.

Big data y análisis de datos. La Industria 4.0 genera un volumen masivo de

datos a través de la producción y los sistemas de información. El análisis de estos datos permite optimizar la calidad de los productos, ahorrar energía y mejorar el rendimiento de los equipos en tiempo real. Este pilar va más allá de un simple análisis retrospectivo, ya que utiliza modelos avanzados para predecir fallas y tomar decisiones proactivas, lo cual es vital para la mejora continua.

Robots autónomos. En el pasado, los robots eran costosos y rígidos, realizando tareas preprogramadas de forma aislada. La nueva generación de robots, conocidos como cobots, son más autónomos, flexibles y, sobre todo, colaborativos. Pueden interactuar de forma segura con los humanos, lo que facilita la automatización de tareas complejas, repetitivas y riesgosas, con una mayor eficiencia y un menor costo en comparación con modelos anteriores.

Simulación. Permite crear réplicas virtuales de procesos, productos y entornos de fabricación. Esta tecnología, a menudo denominada gemelo digital (digital twin), permite a las empresas probar y optimizar sus productos y sistemas de producción sin incurrir en los altos costos de los prototipos físicos o el tiempo de inactividad de la planta. A través de la simulación, se pueden validar los diseños, optimizar los flujos de trabajo y predecir el comportamiento de un producto bajo diferentes condiciones.

Integración horizontal y vertical de sistemas. La integración horizontal conecta diferentes fases de la cadena de valor, desde proveedores hasta clientes, para crear una cadena de suministro fluida. La integración vertical, por su parte, enlaza los distintos niveles de la empresa, desde la planta de producción (sensores y máquinas) hasta los sistemas de planificación y gestión a nivel gerencial, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y la comunicación entre los distintos departamentos.

Internet de las cosas. Este pilar implica la conexión de máquinas, dispositivos y productos a una red, permitiendo que se comuniquen entre sí y con los humanos. El uso de sensores y software en los equipos de fabricación permite recopilar datos en tiempo real, lo que habilita la visibilidad completa del proceso de producción. El IoT es la base para una toma de decisiones descentralizada, ya que las máquinas pueden tomar decisiones por sí solas sin la necesidad de una intervención humana.

Ciberseguridad. Con la creciente interconectividad de los sistemas y la recopilación de datos, la protección de la información se vuelve fundamental. La ciberseguridad en la Industria 4.0 se centra en proteger los sistemas industriales y las redes de producción de amenazas cibernéticas, como el robo de datos, la interrupción de la producción o el acceso no autorizado a información sensible.

La nube. El uso de la nube facilita el intercambio de datos y la colaboración. Los datos de producción pueden ser almacenados y procesados fuera del entorno físico de

la fábrica, lo que permite el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento. La nube actúa como una infraestructura digital que respalda el intercambio de información y la integración de los diferentes sistemas de la Industria 4.0.

Fabricación aditiva. Esta tecnología, más conocida como impresión 3D, permite crear objetos tridimensionales capa por capa a partir de un diseño digital. Aunque históricamente se ha utilizado para la creación de prototipos rápidos, la fabricación aditiva está evolucionando para la producción de piezas de alta calidad, permitiendo la personalización a gran escala y la producción de lotes pequeños de manera rentable, sin la necesidad de herramientas complejas o matrices.

Realidad aumentada (RA). La RA superpone información digital en el mundo físico. Esta tecnología puede transformar la capacitación de los operarios, el mantenimiento y las operaciones de ensamblaje. Por ejemplo, los técnicos pueden usar gafas de RA para ver instrucciones de mantenimiento superpuestas en la máquina real, o los operarios pueden recibir instrucciones visuales en tiempo real, mejorando la eficiencia y reduciendo los errores.

La Integración de la Industria 4.0 en el Proceso de Prototipado de Colchones

La aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 transforma el proceso de desarrollo de productos, permitiendo una transición de modelos tradicionales a sistemas de prototipado más ágiles y eficientes. La digitalización no sólo automatiza tareas, sino que también crea un entorno virtual donde la innovación puede ocurrir a una velocidad sin precedentes (Young, 2024). Schmidt (2024) argumenta que la integración de estas tecnologías facilita la mejora continua de la calidad y la eficiencia, lo que es fundamental para optimizar procesos como el prototipado.

En el contexto del prototipado de colchones, la combinación de la simulación y la realidad aumentada ofrece una solución directa a los desafíos del modelo físico. La simulación de entornos digitales, a través del uso de la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), permite la creación de prototipos virtuales que pueden ser probados y validados sin el alto costo de los materiales o la interrupción de las líneas de producción. Al integrar CAD (diseño asistido por computadora) con CAE, "es posible optimizar diseños con antelación, lo que permite reducir los prototipos físicos" (Guzmán Cahiguango & Cadena Echeverría, 2023, p. 7).

De este modo, solo se fabricaría el prototipo físico final para la validación definitiva, ahorrando una cantidad significativa de tiempo, materiales y espacio de almacenamiento, y eliminando los desperdicios asociados al modelo tradicional (Alva-Breña et al., 2024). Además, la Realidad Aumentada fomenta la co-creación con

el cliente al permitirle visualizar y "probar" el prototipo virtual, colaborando en el proceso de diseño y proporcionando retroalimentación en tiempo real (DigitalDefynd, 2024).

La implementación de estas tecnologías no debe verse solo como un proyecto de eficiencia operativa para reducir costos, sino como una inversión estratégica para construir una ventaja competitiva sostenible. Al eliminar las ineficiencias del prototipado tradicional, la empresa no solo mejora su rentabilidad, sino que gana la agilidad necesaria para responder a las tendencias del mercado, co-crear valor con los clientes y, en última instancia, consolidar su posición de liderazgo. Este es el quid del problema que aborda esta tesis, proponiendo que la modernización es un imperativo estratégico.

El Grado de Adopción de la Industria 4.0 en el Contexto Argentino

La incorporación de las tecnologías de la Industria 4.0 en el entramado productivo argentino es un proceso que avanza de manera dual, directamente ligado a la escala empresarial. Si bien la digitalización de la gestión ha logrado una alta penetración, la adopción de tecnologías disruptivas (Big Data, Gemelos Digitales, Realidad Aumentada) que impactan directamente en el piso de planta es incipiente y con diferencias claves entre segmentos (INTI, 2024). A nivel latinoamericano, solo el 15% de las empresas manufactureras han incorporado al menos cuatro tecnologías 4.0 esenciales en sus procesos productivos, lo que subraya la lentitud en la adopción profunda de estas herramientas (CEPAL, 2023).

Tal como se ha mencionado para el contexto de adopción del Lean manufacturing en el caso de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs), la principal barrera para la Industria 4.0 es de índole financiera. El alto costo inicial de la inversión en hardware y software especializado en moneda extranjera, sumado a la crónica inestabilidad económica y la escasez de financiamiento a largo plazo, obliga a las PYMEs a mantener una adopción selectiva y cautelosa. Su enfoque se centra en soluciones de bajo riesgo que aseguren la liquidez y la ciberseguridad, postergando la adquisición de herramientas de simulación avanzada (Observatorio PYME, 2024).

En contraste, empresas de la escala de "Colchones 19 de Febrero" (GE) son las líderes inversoras en Industria 4.0 a nivel nacional. Las Grandes Empresas tienen la capacidad de adquirir tecnologías de automatización avanzada. Sin embargo, en sectores tradicionales, la adopción de tecnologías disruptivas es dificultoso por motivos similares a los del lean, la rigidez de los sistemas y la complejidad de la integración. El principal desafío de la GE es la gestión del cambio cultural y la necesidad de una justificación financiera rigurosa que demuestre el Retorno de Inversión al resolver un problema de escala (Liker, 2004). En síntesis, una empresa de la magnitud de

Colchones 19 de Febrero se enfrenta al dilema de tener la capacidad de inversión sin la agilidad operativa, una condición que justifica plenamente la propuesta de esta tesis.

Fusión de la industria 4.0 y lean manufacturing para un prototipado ágil y eficiente.

La búsqueda de la eficiencia en el proceso de prototipado no solo implica la eliminación de desperdicios inherentes a la manufactura tradicional, sino que se ve profundamente potenciada por la integración estratégica de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0. El objetivo es trascender el prototipado físico tradicional hacia un modelo digital, consolidándose como una estrategia de marketing eficaz que permite lanzar productos al mercado con mayor rapidez y precisión.

Es crucial destacar que la implementación de lean manufacturing se considera un requisito importante para el éxito de la Industria 4.0. Las organizaciones que ya han aplicado prácticas lean tienen mayores posibilidades de implementar con éxito tecnologías digitales. La sinergia entre ambas metodologías genera una disciplina conocida como "Lean 4.0", donde la digitalización y automatización de procesos, la agilidad y la innovación son factores que facilitan una respuesta exitosa a los desafíos de la personalización masiva (Guzmán Cahiguango & Cadena Echeverría, 2023). La tecnología, en este sentido, no es un fin en sí mismo, sino una herramienta que, al integrarse con los principios de eficiencia Lean, potencia la capacidad de la empresa para la mejora continua (Alva-Breña et al., 2024).

La Digitalización textil para la creación de una biblioteca de materiales virtuales.

La digitalización de textiles es la base del prototipado digital en la industria del colchón, ya que permite la captura precisa de las propiedades físicas y visuales de los materiales. La relevancia de este proceso radica en su capacidad para transformar un insumo físico y tangible en un activo digital reutilizable, sentando las bases para todo el ecosistema de diseño y simulación que sigue (Young, 2024). Este cambio de paradigma va mucho más allá de la simple modernización, ya que redefine la forma en que se conciben y desarrollan los productos.

Tradicionalmente, esta fase ha sido manual, lenta y poco eficiente, lo que se ha convertido en un cuello de botella para la innovación. Requiere la medición de propiedades físicas como el peso, el grosor, la elasticidad y la flexión para cada muestra de tela. Este proceso manual consume una cantidad significativa de tiempo y los softwares de simulación textil requieren una entrada manual de hasta 23 parámetros para replicar digitalmente una tela, lo cual es propenso a errores y subjetividad (Young, 2024). Cada variación de color o material exigía una nueva prueba física, lo que

generaba un proceso iterativo largo, costoso y con un alto desperdicio de tela.

Sin embargo, los avances en las herramientas de digitalización automatizada están revolucionando esta etapa, enfocándose en la velocidad, fiabilidad y simplicidad. Dispositivos especializados, como los escáneres de telas, integran cámaras de alta calidad y sensores láser para capturar las propiedades de la superficie del material de forma digital. De forma complementaria, probadores de flexión y tensión automatizados evalúan las propiedades físicas de la tela con alta precisión, midiendo la resistencia a la tracción y la longitud de flexión en diferentes direcciones (Young, 2024). Estas tecnologías de digitalización computarizada no solo reducen el tiempo necesario de forma drástica, sino que también eliminan la dependencia de la entrada manual de datos y la subjetividad humana, garantizando resultados consistentes y precisos.

Plataformas impulsadas por inteligencia artificial transforman aún más la digitalización textil. Estos sistemas utilizan algoritmos avanzados, como redes neuronales artificiales y análisis digital de imágenes, para estimar los parámetros de las propiedades del hilo y la tela a partir de un escaneo simple y unos pocos datos esenciales (peso, grosor, tipo y composición), generando un archivo digital en aproximadamente cinco minutos. El uso de plataformas basadas en la nube elimina la necesidad de invertir en hardware costoso y garantiza que el sistema esté siempre actualizado con las últimas innovaciones. (Young, 2024).

Para el prototipado de colchones, esta capacidad significa la habilidad de digitalizar con rapidez y precisión todas las capas y componentes internos, así como los tejidos de las tapas y cabeceras, creando una biblioteca virtual de materiales con propiedades extremadamente realistas. Esta biblioteca no es solo un repositorio de imágenes; es una base de datos dinámica que contiene la información física y visual completa de cada material. Esto es fundamental para las simulaciones posteriores, ya que permite al software de diseño predecir con exactitud cómo se comportará una tela específica o cuál será su reacción al combinarla con otra de diferentes propiedades. Al tener toda la información de los materiales disponible digitalmente, se reduce drásticamente la necesidad de cortar y manipular físicamente los materiales en las etapas iniciales de diseño, lo que se traduce en una reducción significativa de la cantidad de prototipos fabricados y, en consecuencia, de los desperdicios, costos y tiempo asociados. La biblioteca virtual se convierte en un recurso central para la innovación, permitiendo a los diseñadores experimentar con una variedad infinita de combinaciones de materiales de manera instantánea, sin las limitaciones del mundo físico.

Del diseño a la validación virtual: CAD y Realidad Aumentada

La creación de una biblioteca virtual de materiales es el primer paso para un proceso de prototipado que aprovecha la tecnología. A partir de esa base, el diseño asistido por computadora se convierte en el entorno de software donde los diseñadores convierten los bocetos conceptuales en modelos 3D digitales (Formlabs, s.f.). El software de modelado avanzado permite a los diseñadores explorar ideas, modificar diseños con facilidad, visualizar conceptos mediante renderizados y simular el rendimiento de un diseño en un entorno virtual, facilitando la innovación y acelerando el “time to market” (Haw, 2024).

En lugar de construir múltiples prototipos físicos, se pueden crear y evaluar innumerables versiones virtuales, recurriendo al modelo material solo en ocasiones específicas y con los aspectos visuales previamente definidos en el entorno digital. El software de diseño permite la creación de renderizados fotorrealistas para presentaciones, integración de listas de materiales, simulación de componentes y análisis de esfuerzo, fichas de proyecto entre otras funciones. La simulación de entornos digitales se vuelve una herramienta esencial para validar la ergonomía, la presión y la durabilidad y sobre todo la estética de un colchón de forma digital (Siemens, s.f.).

Para llevar el modelo virtual a una fase de validación con el cliente, la realidad aumentada ofrece un puente entre el diseño y la percepción del consumidor. La Realidad Aumentada, que superpone información digital en el mundo real (DigitalDefynd, 2024), permite al cliente visualizar el prototipo virtual de un colchón en su propio espacio físico (por ejemplo, en su habitación o su showroom), sin la necesidad de un prototipo material. Este enfoque fomenta la co-creación y la validación temprana, ya que el cliente (ya sea el departamento comercial o los clientes mayoristas) puede proporcionar retroalimentación precisa sobre el diseño y la estética, lo que reduce la incertidumbre y minimiza los riesgos antes de la fabricación del prototipo físico final.

Conclusión del Marco Teórico.

El análisis del marco teórico evidencia que la optimización del proceso de prototipado en la industria del colchón no es un simple ajuste operativo, sino un imperativo estratégico. La realidad de empresas como Colchones 19 de Febrero, con sus desafíos en la gestión de desperdicios, los altos costos de prototipado y el impacto negativo en la eficiencia productiva, refleja la necesidad de una transformación profunda. Este problema, lejos de ser único de una sola organización, es una característica común en un sector tradicional que históricamente ha confiado en



métodos de diseño y desarrollo de productos que no se alinean con las demandas del mercado moderno, caracterizado por la rapidez y la personalización.

El recorrido a través de los conceptos clave demuestra que la solución no se encuentra en una única metodología, sino en la fusión de dos paradigmas complementarios. Por un lado, el lean manufacturing proporciona la base filosófica y las herramientas para identificar y eliminar los desperdicios inherentes al proceso de prototipado físico. Por otro lado, la Industria 4.0 no solo automatiza tareas, sino que también actúa como la palanca tecnológica que permite superar las limitaciones de la fabricación física. La digitalización textil crea un activo intangible que elimina el desperdicio y acelera la fase inicial de diseño. Esta base digital, al integrarse con el diseño asistido por computadora y las herramientas de simulación, permite a los diseñadores crear y validar modelos virtuales, reduciendo drásticamente la necesidad de prototipos físicos. Por su parte, la realidad aumentada es el eslabón final que cierra el ciclo de innovación, al fusionar el mundo digital del diseño con la experiencia del cliente en el mundo real. Esta tecnología facilita la co-creación y la validación temprana, permitiendo que la retroalimentación del mercado se integre en las primeras etapas del desarrollo, un proceso que antes requería costosos prototipos a escala real.

METODOLOGÍA

El presente capítulo tiene como objetivo describir el diseño metodológico implementado para llevar a cabo la investigación, alineando las herramientas y procedimientos utilizados con los objetivos específicos planteados en este trabajo. A lo largo del proceso, se detalló la tipología del estudio, la unidad de análisis, los instrumentos de recolección de datos, la estrategia de análisis y las etapas completadas, proporcionando el rigor y la trazabilidad necesarios para validar las conclusiones.

Clasificación y Tipo de Investigación

La investigación se clasificó como un estudio de caso de enfoque mixto, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas. Esta combinación fue crucial para obtener una visión integral del fenómeno, el componente cualitativo permitió comprender la percepción de las ineficiencias operativas y estratégicas por parte de los actores clave, mientras que el componente cuantitativo dimensionó la magnitud de estos problemas a través del análisis de los registros históricos.

El alcance del estudio fue exploratorio y descriptivo. Inicialmente, la naturaleza exploratoria del trabajo se centró en identificar y comprender la naturaleza del problema dentro del contexto organizacional específico de la empresa. Posteriormente, el alcance descriptivo detalló las características del proceso, cuantificó los desperdicios identificados y describió el impacto estratégico de la ineficiencia, relacionando todos los hallazgos con el marco teórico.

En cuanto a su finalidad, la investigación fue de naturaleza aplicada. Su propósito fundamental consistió en proponer una solución viable y concreta para un problema de gestión empresarial en el contexto real de la organización. La estrategia adoptada fue la de estudio de caso, enfocada en la empresa "Colchones 19 de Febrero", lo que permitió un análisis profundo, contextualizado e integral del fenómeno.

Unidad de Análisis e Instrumentos de Recolección de Datos

La unidad de análisis primaria que guió la investigación fue el proceso de prototipado físico de colchones y productos de descanso dentro de la empresa estudiada. Para una comprensión integral, se investigaron unidades de análisis secundarias que incluyen a los actores clave de la cadena de valor, los documentos históricos de gestión y el flujo físico de trabajo.

Para la recolección de la evidencia empírica, se utilizaron tres instrumentos, en línea con el enfoque mixto adoptado:

Entrevistas Semi-estructuradas. Se aplicaron a los Actores Clave. El propósito de este instrumento fue obtener datos cualitativos sobre la percepción de las ineficiencias, el impacto estratégico del proceso actual y las oportunidades de la digitalización. La muestra incluyó a cuatro profesionales, con un rango de edad de entre 30 y 60 años, todos ellos con amplia experiencia en la industria textil, con un enfoque particular en la manufactura de productos para el descanso.

Las entrevistas fueron de carácter presencial. Esta modalidad permitió no solo recabar información detallada, sino también realizar repreguntas y profundizar en los temas de interés que emergieron durante la conversación, aportando a una comprensión completa del fenómeno de estudio. La duración total de las entrevistas fue de aproximadamente seis horas.

La selección fue estrictamente estratégica y no probabilística, buscando asegurar la representación de los roles que intervienen directamente en el proceso de prototipado y su gestión comercial. La muestra se dividió en dos perfiles clave para garantizar una triangulación de perspectivas sobre la cadena de valor:

- **Perfiles de marketing y gerenciamiento:** Estos actores aportaron la visión estratégica, el entendimiento de la demanda del cliente final y la perspectiva comercial sobre la lentitud del time-to-market. Su información fue crucial para identificar el desperdicio asociado a la pérdida de ventaja competitiva y la oportunidad de co-creación con el cliente.
- **Perfiles de producción y desarrollo:** Estos profesionales proporcionaron la visión operativa y técnica. Sus testimonios se centraron en las fricciones diarias, los problemas de comunicación entre diseño y planta, el uso ineficiente de maquinaria de producción masiva para unidades aisladas y la frecuencia del retrabajo. Su experiencia validó la existencia de los Mudas a nivel de planta.

La combinación de estas perspectivas permitió confrontar los datos percibidos con las ineficiencias tangibles, proporcionando una base sólida para el diagnóstico.

Análisis Documental. Se aplicó sobre los registros históricos de prototipos para el periodo 2019-2024. Su propósito fue obtener datos cuantitativos robustos que permitieron cuantificar la sobreproducción (promedio mensual y anual), identificar patrones de repetición y validar la frecuencia de los reprocesos. También se analizaron una serie de fichas de proyecto para validar su ejecución en planta así como también analizar el flujo de la información.

Observación Directa. Este instrumento se centró en el flujo productivo y el análisis de diez fichas de proyecto seleccionadas al azar. La metodología empleada fue

de observación no participante, llevada a cabo durante un periodo de cuatro semanas, con un total de 30 horas efectivas de relevamiento. El propósito fue doble, por un lado, obtener datos cualitativos en tiempo real para validar la existencia de los desperdicios identificados teóricamente y en las entrevistas; y luego analizar la eficiencia del proceso desde el punto de vista operativo y administrativo, poniendo especial foco en la documentación. Se observaron las prácticas de trabajo, el movimiento de materiales y personal, la frecuencia de detenciones para consultas y la calidad de la documentación de diseño. La observación directa demostró la cadena de valor en acción, permitiendo documentar el ciclo de retrabajo con detalle, tal como se presenta en el Capítulo de Resultados.

Estrategia de Análisis de Datos

La estrategia de análisis se basó en la triangulación metodológica, un enfoque que consistió en confrontar y validar los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y observaciones con la evidencia cuantitativa proveniente de los registros históricos. Este proceso aseguró la validez y la robustez de los hallazgos.

Análisis Cualitativo. Para el análisis de las entrevistas y observaciones, se empleó el Análisis de Contenido Temático. Este proceso se guió por el marco teórico del Lean Manufacturing. Las respuestas y las observaciones fueron codificadas bajo las categorías de los desperdicios, y se identificaron los temas estratégicos recurrentes (pérdida de ventaja competitiva, co-creación) para ampliar el alcance de la investigación.

Análisis Cuantitativo. El análisis de los registros históricos se basó en la estadística descriptiva, utilizando herramientas de hoja de cálculo para la medición de las ineficiencias.

- **Cuantificación de sobreproducción:** Se realizó un cálculo del volumen total de prototipos fabricados y del promedio mensual para el periodo 2023-2024. Este cálculo permitió establecer una línea base de la utilización de recursos y la demanda operativa generada por la fabricación de unidades aisladas.
- **Análisis de sobreprocesamiento:** Se contabilizó la frecuencia de las etiquetas de reproceso (etiquetas que identifican dos o más prototipos para un mismo producto) en los registros. La cuantificación de estos códigos estableció un porcentaje directo de proyectos que requirieron ajustes mayores o fabricación de nuevas versiones, confirmando la extensión del retrabajo.

- **Análisis de imprevisibilidad:** Se clasificaron los prototipos por bimestre para el periodo 2019-2024. Este análisis buscó patrones de estacionalidad en la demanda. La confirmación de la ausencia de patrones estacionales predecibles confirmó la naturaleza errática del proceso y el riesgo operacional asociado a la falta de planeación a largo plazo.

Triangulación de Resultados. La integración final de los datos se concretó en el capítulo de resultados, donde la evidencia se unificó de manera concluyente: las entrevistas identificaron el problema cualitativamente, los registros históricos cuantificaron la magnitud del problema, y las observaciones demostraron la ineficiencia en tiempo real, identificando las potenciales oportunidades de mejora.

Etapas de la Metodología. El desarrollo del trabajo de investigación se estructuró en tres grandes etapas interconectadas, las cuales se completaron antes de la redacción final:

Etapas I. Diagnóstico y Marco Conceptual. El foco de esta etapa fue la Revisión Bibliográfica para el establecimiento del marco teórico y la definición de objetivos e hipótesis de la tesis. Los productos clave que se obtuvieron fueron el marco teórico y la definición del problema.

Etapas II. Recolección y Análisis de Datos. El trabajo se centró en la Aplicación de los instrumentos (Entrevistas, Análisis Documental, Observaciones Directas) y la Triangulación de los datos cualitativos y cuantitativos para identificar y cuantificar las ineficiencias. El principal producto de esta etapa fue el Capítulo de Resultados.

Etapas III. Propuesta de Solución y Conclusiones. En esta fase final, el foco estuvo en el diseño de la propuesta del modelo de prototipado digital híbrido, el cual se fundamentó en la evidencia empírica. El trabajo concluyó con la evaluación del cumplimiento de los objetivos y la formulación de las recomendaciones de implementación para la organización.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE HALLAZGOS

Descripción del Proceso

Para comprender la raíz de las ineficiencias analizadas, se consideró vital detallar el proceso de prototipado tradicional que constituye la unidad de análisis central de este estudio. Este proceso, que se realiza de manera física y artesanal, constituye el punto de partida para la identificación y cuantificación de los desperdicios. La siguiente descripción del flujo de fabricación se basa en la documentación interna y en una serie de observaciones directas realizadas en el espacio productivo.

El proceso actual de fabricación de un prototipo se desarrolla en cuatro fases principales y secuenciales, desde la solicitud hasta la validación:

Fase 1. Requisición y Evaluación de Viabilidad Teórica. El ciclo de prototipado se inicia con una requisición proveniente del área de Investigación y Desarrollo (I+D), dependiente de la Dirección de Marketing. Esta solicitud puede originarse en una necesidad directa del cliente o en una iniciativa interna del Departamento Comercial. La Ficha de Proyecto, documento clave del proceso, se distribuye simultáneamente a todas las áreas de control para la validación de su viabilidad teórica. El área de Comercial establece la previsión de ventas para el producto en cuestión y establece fechas tentativas en las que el producto debería salir al mercado. El área de Producción verifica la disponibilidad de insumos críticos (telas, espumas, resortes), los dibujos de bordado solicitados y la lógica de los tiempos y cantidades de producción. Por su parte, Seguridad y Salud Ocupacional y Medicina Laboral evalúan que la fabricación de la nueva unidad no suponga riesgos ergonómicos o procedimentales para el personal. El área de Compras evalúa el inventario, los tiempos de reposición de insumos y las necesidades específicas de packaging. Tras la aprobación de estas áreas, el proyecto obtiene la autorización para avanzar a la fase de fabricación.

Fase 2. Preparación y Fabricación de Componentes. Una vez aprobada la ficha de proyecto, el área de I+D genera un código de prototipo único, que se imprime y se envía a producción. Personal del área de producción toma la ficha y desagrega la composición, solicitando a cada sector de planta la fabricación de componentes que corresponda. El sector de corte de espuma se ocupará de cortar las placas, estructura de resortes fabricará la base de resortes, matelaseado fabricará la cabecera y la tapa. Esta fase se identifica como un punto crítico debido a la utilización de maquinaria de producción masiva para unidades individuales, lo que demanda un consumo de insumos, tiempo de equipos y personal.

Para el matelaseado de la tapa se coloca un rollo de 210 cm de ancho en la matelaseadora, junto a una bobina de espuma del mismo ancho y un rollo de tela no tejida. Estos tres elementos son los mínimos que contendrá una tapa matelaseada. Para obtener una tapa de 1.4 metros con los estándares de calidad requeridos, se requiere matelasear aproximadamente 2.5 metros de material, ya que el primer metro suele presentar inconsistencias técnicas, restos de otras telas o dibujos incompletos.

En el caso del matelaseado de la cabecera, la operación es similar: se utiliza un rollo de 210 cm de ancho, más un rollo de bobina del mismo ancho y otro de tela no tejida. La máquina posee una unidad mínima de fabricación de 5 a 6 cabeceras por metro matelaseado. Al requerirse solo una unidad para el prototipo, las restantes constituyen un excedente de material. Una vez fabricadas, atraviesan el proceso de remallado (costura perimetral). El bordado y etiquetado identificarán el producto; en el caso de la bordadora, el equipo posee una capacidad de 8 bordados en simultáneo, por lo que para un prototipo único el equipo opera al 13% de su capacidad instalada.

Fase 3. Acabado y ensamble final. Las partes fabricadas en distintos sectores se envían al sector de armado para combinarse con las placas y/o bases de resortes que completan la composición del producto, según lo indicado en la Ficha de Proyecto. Finalmente, en la mesa de cerrado, se unen todas las partes, colocando el vivo perimetral que otorga la terminación final y oculta las costuras del producto.

Fase 4. Validación, Apreciaciones y Ciclo de Retrabajo. Una vez terminado, el prototipo se exhibe para que los interesados realicen sus apreciaciones. Se observa que la validación estética es posterior a la fabricación física. Por cada modificación requerida (reemplazo de insumos, ajustes de composición o estética), se repite total o parcialmente el ciclo de fabricación, activando un ciclo de retrabajo. En el anexo se adjunta una ficha de proyecto junto con la composición desagregada de un ejemplo de prototipo.

Análisis de los Resultados de las Entrevistas

Con el objetivo de aportar al cumplimiento de los objetivos específicos, se condujo una serie de entrevistas en profundidad a cuatro profesionales clave. La muestra incluyó perfiles con amplia experiencia en la industria textil y del descanso, con roles estratégicos en Marketing, Gerenciamiento, Producción y Desarrollo de productos. El método de recolección de datos se basó en entrevistas semiestructuradas presenciales, con una duración total de aproximadamente seis horas. El contenido fue sometido a un análisis cualitativo para identificar los temas recurrentes y las

percepciones comunes sobre el proceso, proporcionando la evidencia empírica necesaria para el presente capítulo.

Perspectiva Operativa: El Diagnóstico de Ineficiencias

La información obtenida a través de las entrevistas y observaciones revela la presencia de ineficiencias (Mudas) que impactan en el flujo de valor.

Sobreproducción. Las entrevistas indican que la sobreproducción es el desperdicio más recurrente. Según los registros históricos analizados, se fabrican 178 prototipos al año. Un entrevistado del área de producción describió la situación como una "operación de contrafuerza": "fabricar unidades aisladas en grandes máquinas diseñadas para fabricar muchas unidades a la vez". Esta práctica utiliza un sistema de producción masiva para una tarea individual. Al no realizarse una validación previa del diseño, la organización fabrica versiones físicas que, en caso de no ser aprobadas, resultan en un desperdicio de materiales.

Impacto Económico del Desperdicio. Tomando como base que el valor de mercado de un producto de gama media-media alta es de \$750.000 y aplicando la fórmula de la organización ($\text{Costo} \times 1.6 = \text{Precio mayorista} \times 1.6 = \text{Precio consumidor final}$), se establece un costo unitario de fabricación aproximadamente de \$292.969. Considerando que se fabrican unos 178 prototipos anuales se cuantifica el costo en \$52.099.888.

Espera y Movimiento Innecesario. La fabricación de prototipos interrumpe el flujo de trabajo regular. Un entrevistado de producción confirmó que los prototipos "suelen tener algo de apuro", lo que fuerza la interrupción de las líneas de producción hasta una vez por día. Estas interrupciones generan tiempos de inactividad y un tiempo de configuración (set-up) de entre 20 y 30 minutos por evento. La espera de materiales y la ocupación del espacio productivo son manifestaciones de este proceso. Según los testimonios, estas interrupciones afectan la continuidad de las tareas del personal, que debe priorizar unidades fuera del flujo normal de producción.

Defectos y Sobreprocesamiento. Las entrevistas revelan que los prototipos requieren ajustes por razones estéticas antes de su aprobación. Un entrevistado mencionó que para lograr el producto final se generaban "tal vez 5 versiones previas". Esta situación implica un consumo de horas-hombre y materiales en etapas avanzadas del proceso. Al realizar las correcciones después de la fabricación física, se incurre en un sobreprocesamiento. Los testimonios coinciden en que la necesidad de múltiples versiones físicas demanda tareas repetitivas por parte del personal de diseño y producción.

Inventario Excesivo. La acumulación de prototipos genera una ocupación de espacio físico en el área productiva. Estos elementos poseen una baja rotación y ocupan un espacio de valor. Un experto entrevistado señaló que estos prototipos "implican muchísimo trabajo" y que las ventas para liquidar este stock son una fuente de frustración y un consumo de recursos de ventas y logística. El inventario inmovilizado ocupa 90 m². Al valor locativo industrial de Rafaela (\$5.100/m²), este espacio representa un costo de \$5.508.000 anuales.

Perspectiva Estratégica: El Impacto en Marketing e Industria 4.0

Las entrevistas con los especialistas en marketing enriquecen el análisis al vincular las ineficiencias operativas con el impacto directo en la estrategia de negocio y la competitividad de la organización. La información obtenida destaca la relevancia de los prototipos como herramienta de validación para la propuesta de valor y como un punto de contacto crucial con el cliente. En esta sección se analiza cómo las dinámicas del proceso tradicional se traducen en costos estratégicos que afectan la posición en el mercado.

Impacto en los Tiempos de Lanzamiento y la Ventaja Competitiva. El área de marketing confirma que el ciclo actual de prototipado, por su naturaleza física y reactiva, condiciona la capacidad de la empresa para capturar la "ventaja del primer movimiento" en el mercado. Este hallazgo se alinea con las perspectivas de Kotler y Armstrong (2012) sobre la importancia de la celeridad en la introducción de nuevos productos. Al respecto, se observa que la validación estética actual, en lugar de ser una etapa predictiva de diseño, opera bajo un esquema de prueba y error posterior a la fabricación.

Uno de los entrevistados afirmó que la necesidad de retrabajo frecuente para lograr "*llamar la atención del cliente*" es una consecuencia de la configuración actual del proceso. La evidencia indica que este enfoque prolonga el ciclo de vida del producto en su etapa de desarrollo, generando un rezago estratégico.

Análisis del Gasto y Retorno de Inversión (ROI). Las entrevistas revelan que, si bien el gasto en prototipos es aceptado como una inversión necesaria, existe un consenso sobre la falta de eficiencia en su ejecución. Un entrevistado mencionó que los retrabajos constantes generan "*gastos superfluos*" que actualmente no se encuentran debidamente cuantificados. Esta falta de trazabilidad financiera dificulta la medición precisa del costo real de la innovación.

La gestión de los prototipos descartados o no vendidos representa un punto crítico adicional. Históricamente, la venta de estas unidades servía para "*financiar*

internamente" su creación; sin embargo, los testimonios indican que este proceso se ha vuelto costoso. La necesidad de liquidar stock de prototipos genera un costo de oportunidad al derivar recursos de ventas y logística que podrían enfocarse en productos de línea. Desde la perspectiva de marketing, se menciona además que la comercialización de estos prototipos a precios reducidos conlleva el riesgo de devaluar la percepción de marca y generar confusión en el cliente sobre los estándares de calidad de la línea regular.

La Digitalización como Hallazgo de la Investigación de Campo. La visión de los expertos consultados sobre la digitalización no se limita a la optimización de costos, sino que surge como una alternativa para transformar la relación con el cliente. La posibilidad de emplear modelos digitales realistas es vista por los entrevistados como una herramienta para involucrar al usuario de manera temprana, siguiendo principios de diseño centrado en el cliente.

Durante las entrevistas se destacó un contraste de alcance: mientras que un prototipo físico es validado por una muestra limitada de *"cinco o diez personas"*, un activo digital permitiría alcanzar a *"50 clientes"* de forma simultánea. Este concepto, referido por los especialistas como una potencial *"democratización del diseño"*, sugiere una oportunidad para la co-creación de valor y el fortalecimiento de la lealtad de marca a través de una validación más amplia y precisa antes de la manufactura.

Identificación de Barreras y Limitaciones Técnicas

A pesar de las ventajas estratégicas identificadas, los entrevistados señalaron barreras específicas para la adopción de nuevas tecnologías en el proceso de desarrollo:

Fidelidad del Modelo vs. Producto Físico.

Esta es la principal preocupación del área comercial. Se detecta el riesgo de que una representación virtual no se replique con exactitud en la producción final, afectando la credibilidad institucional. Los entrevistados subrayan la naturaleza *"analógica"* de ciertos segmentos de clientes que requieren el contacto físico con el producto para la validación final.

El Prototipo como "Unidad 1" surge del análisis de la posibilidad de un enfoque híbrido. La evidencia sugiere que la estrategia no necesariamente implica la eliminación total del objeto físico, sino la elevación del estándar del diseño previo para que el primer prototipo fabricado sea, efectivamente, la *"primera unidad de la línea que va a salir"*. Bajo este esquema, el activo digital funcionaría como herramienta de consenso estético

y comercial, mientras que la muestra física se produciría únicamente una vez alcanzado dicho consenso, integrándose directamente al flujo productivo vendible.

Validación Productiva

El personal del área de producción subraya una limitación intrínseca del modelo actual: la necesidad de verificar la factibilidad física de cada diseño. Se observa que el proceso no solo busca una validación estética, sino técnica, para asegurar que las innovaciones sean compatibles con la maquinaria existente en la planta. Un hallazgo relevante es la incertidumbre ante el uso de materias primas inéditas. La evidencia indica que el comportamiento de nuevos materiales no es predecible bajo el esquema actual, requiriendo "pruebas piloto" físicas. No obstante, cabe destacar que durante las observaciones directas no se detectó el ingreso de insumos nuevos, lo que sugiere que esta es una restricción de ocurrencia esporádica pero de alto impacto crítico cuando se presenta.

Resistencia al Cambio y Cultura Organizacional

Existe una barrera cultural identificada por todos los consultados: la dependencia del objeto físico. Tanto los equipos internos como los clientes externos se encuentran habituados a la "validación por tacto". Esta inercia operativa se manifiesta como una resistencia natural a transicionar hacia modelos de validación no físicos, lo que representa un desafío de gestión que trasciende lo puramente tecnológico.

Estudio de los Registros de la Organización (2019-2024)

El análisis del registro histórico de la empresa, que comprende más de 1.000 entradas en el período 2019-2024, permite cuantificar las ineficiencias analizadas y validar la recurrencia de los desperdicios identificados.

Presencia de la Sobreproducción. Entre julio de 2023 y julio de 2024, se fabricaron 178 prototipos (un promedio de 15 unidades mensuales). Este volumen confirma que el ciclo de diseño está indisolublemente ligado a la fabricación física. Esta dinámica genera un desperdicio de inventario, ya que cada unidad no vendida se transforma en un activo inmovilizado que ocupa espacio crítico en los 90 m² identificados en el análisis operativo.

Evidencia de Sobreprocesamiento y Defectos. Los registros son una prueba del ciclo de "prueba y error". Se detectó una repetición sistemática de productos bajo las etiquetas *Alt (Alternativa)* y *Restyling*. Un caso testigo es el Colchón Sidney 1.40 x 1.90, que cuenta con cinco versiones físicas distintas (Alt. 1 a Alt. 5) antes de su aprobación. Este patrón demuestra que la organización no alcanza un diseño final en el primer intento, incurriendo en un gasto repetitivo de materiales y horas-hombre.

Falta de Trazabilidad y Gestión de la Información. El registro actual, basado en una carga manual de datos, presenta inconsistencias, fechas faltantes y ausencia de códigos unificados. Esta precariedad informativa constituye un "Muda de gestión", ya que la falta de datos fiables obliga a la dirección a tomar decisiones basadas en la intuición o la memoria individual, en lugar de un análisis de patrones objetivos.

Imprevisibilidad y Riesgo Operacional. Al desglosar el registro por bimestres, no se observa un patrón estacional. Los picos de producción de prototipos ocurren de forma errática (marzo-abril en algunos años, septiembre-octubre en otros). Esta falta de previsibilidad confirma el carácter reactivo del proceso, lo que genera cuellos de botella inesperados que afectan la programación de la línea de producción regular.

Análisis de las Observaciones Directas en Planta

La observación en tiempo real permitió identificar causas raíz que los registros manuales no logran capturar.

Inconsistencia en las Fichas de Proyecto. De una muestra de 10 fichas observadas, 4 presentaron información insuficiente (falta de definición en colores de hilos, tamaños de bordados o insumos específicos). Esta falta de estandarización obliga a detener la línea de producción para consultas informales, fomentando una toma de decisiones descentralizada y aumentando el riesgo de que el producto final no coincida con el diseño esperado.

El Retrabajo "Invisible". Se constató que un volumen significativo de cambios estéticos se realiza sin generar una nueva ficha o código. Se estima que un 20% de los prototipos sufre retrabajos no registrados, lo que elevaría no solo la cifra de prototipos fabricados sino también su costo, el costo de reproceso, el costo de almacenamiento y los desperdicios anteriormente descritos.

Durante las observaciones, se registró el reemplazo de una cabecera de colchón por un cambio de tejido solicitado a último momento. El proceso reveló una cadena de desperdicios:

1. Desarmado: Se destruyeron los vivos perimetrales (desperdicio de material).
2. Sobreprocesamiento: El estrés mecánico de descoser y volver a coser provocó el desgarró de la tapa superior.
3. Efecto Cascada: Se debió detener la matelaseadora para fabricar una tapa nueva (pérdida de tiempo de set-up), lo que implicó que para un cambio estético "simple" se terminara fabricando el 80% de los componentes del producto por segunda vez.

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

Introducción y Fundamentación de la Propuesta

La evidencia recolectada y analizada en las etapas de diagnóstico revela que el sistema de desarrollo de productos en "Colchones 19 de Febrero" ha alcanzado un techo operativo bajo su actual paradigma analógico. Los hallazgos del capítulo de resultados no solo exponen ineficiencias económicas, sino que fundamentalmente describen una parálisis estratégica que limita la capacidad de respuesta de la organización ante un mercado cada vez más volátil y exigente.

La presente propuesta no se concibe como una solución aislada de ahorro de costos, sino como una transformación integral del flujo de valor. Se fundamenta en la convergencia entre la filosofía Lean Manufacturing y las tecnologías de la Industria 4.0, buscando transmutar el proceso de diseño y desarrollo de producto basado en el "ensayo y error físico" hacia uno de validación digital inteligente.

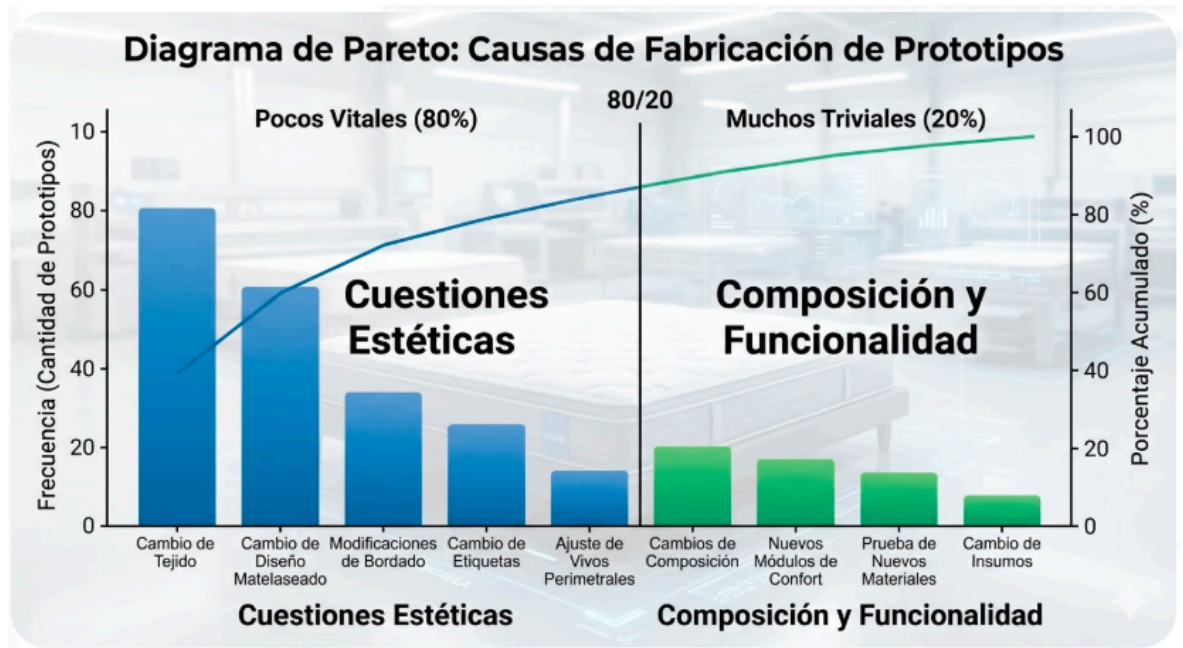
El Modelo de Prototipado Digital Híbrido aquí diseñado tiene como propósito central la eliminación de las mudas de sobreproducción, espera y defectos, mediante la sustitución del 90% de las iteraciones físicas por simulaciones virtuales de alta fidelidad. De este modo, la propuesta busca no solo restaurar la salud financiera del proceso, sino también dotar a la empresa de una agilidad competitiva superior, permitiendo que la innovación y el diseño vuelvan a ser el motor de crecimiento de la compañía, liberados de las restricciones materiales y temporales del modelo tradicional.

Análisis de Alternativas.

Para definir el alcance de esta propuesta, se realizó un análisis de los registros históricos de la organización (2019-2024). Mediante la aplicación de un diagrama de Pareto, se cruzaron los datos de las fichas de proyecto con los costos de fabricación y el valor de mercado de los prototipos. Este análisis permitió identificar que el más del 80% de los prototipos fabricados se concentran en el 20% de las causas raíz, específicamente en los cambios estéticos y de *fitting* solicitados por marketing y clientes. Al entender que las validaciones estéticas pueden resolverse y definirse en el entorno digital, se determinó que el casi el 90% de los prototipos físicos actuales podrían dejar de fabricarse, trasladando su validación al entorno virtual sin riesgo operativo.

Figura 4

Diagrama de Pareto. Causas de la fabricación de prototipos.



Antes de profundizar en la propuesta seleccionada, es necesario evaluar las diferentes vías que la organización podría tomar para abordar sus ineficiencias.

Alternativa A: Optimización Analógica (Situación Actual Mejorada). Consiste en mantener el proceso de fabricación física de prototipos pero implementando controles de gestión más estrictos, como planillas de seguimiento digitales y estandarización rigurosa de las fichas de proyecto. Si bien reduce el desperdicio de información, no soluciona el problema de fondo: el alto costo de materiales, el desperdicio de mano de obra y el tiempo de set-up de máquinas que interrumpe la producción seriada.

Alternativa B: Digitalización 2D y Visualización Parcial. Implica el uso de herramientas de diseño gráfico tradicionales para validar colores y estéticas básicas en pantalla antes de fabricar. Aunque acelera la comunicación visual, carece de "fidelidad técnica", ya que no permite predecir cómo se comportará la tela en las costuras o cómo reaccionará la espuma a la tensión del matelaseado, lo que termina forzando igualmente la creación de múltiples prototipos físicos.

Alternativa C: Prototipado Híbrido con Tecnología 3D, IA y Realidad Aumentada. Es la propuesta central de este trabajo. Combina la captura de datos físicos reales mediante un escáner de materiales con un entorno de simulación 3D paramétrico y visualización en Realidad Aumentada. Esta alternativa permite que la validación sea técnica y estética a la vez, eliminando casi por completo la necesidad de fabricar unidades físicas para corrección.

Figura 5

Cuadro Comparativo de Alternativas de mejora.

Criterio	Alternativa A: Analógica	Alternativa B: Digital 2D	Alternativa C: Modelo Híbrido 3D
Inversión	Muy Baja	Media	Alta ✓
Reducción de Mudass	Marginal	Moderada	Drástica ✓
Fidelidad Técnica	Nula	Baja	Alta ✓
Diferencial Tecnológico	Ninguno	Básico	Alta IA y RA ✓

Tecnologías Habilitadoras: Escáner con IA y Software CAD 3D

La viabilidad del modelo híbrido depende de la capacidad de replicar digitalmente la estética de los insumos y comportamiento físico de ellos. Para lograr este grado de detalle será necesario aplicar el uso de determinadas herramientas de vanguardia:

- **Escáner de Materiales con IA (Vizoo xTex o similar):** Este hardware es el encargado de realimentar el sistema de diseño. Utiliza sensores y algoritmos de Inteligencia Artificial para detectar mapas de relieve, brillo y, fundamentalmente, parámetros físicos de elasticidad y caída. La IA analiza la estructura del tejido para predecir su comportamiento mecánico, permitiendo simulaciones de tensión con un 99% de precisión.
- **Software CAD Textil 3D (CLO3D o soluciones similares):** Permite la creación de modelos paramétricos donde se aplican los datos del escáner. Este software sustituye las múltiples y costosas maquetas físicas por "Gemelos Digitales" que permiten iteraciones infinitas sin costo de material.
- **Interfaz de Realidad Aumentada:** Funcionará como la interfaz de visualización para clientes y gerencia. A través de monitores o dispositivos móviles, los interesados podrán visualizar el prototipo en tamaño real sobre el entorno físico, permitiendo una inspección detallada de texturas y volúmenes sin que el producto exista físicamente aún.

Fases del Modelo de Implementación

La propuesta se ejecuta en tres fases, apoyadas en el marco de la Industria 4.0:

Digitalización y Diseño Paramétrico: La fase comienza con la captura de materiales mediante el escáner con IA. Se crean modelos que replican con exactitud el comportamiento físico (caída de tela, y su comportamiento al contacto con la espuma, o sus patrones de costura). Este paso sustituye las múltiples versiones físicas (como las Alt. 1 a 5 detectadas en el diagnóstico).

Iteración y Validación Virtual (Co-creación): Una vez creado el Gemelo Digital, las correcciones estéticas y de fitting se realizan en este entorno. Se generan renders fotorrealistas y modelos de realidad aumentada para la validación con clientes internos y externos, democratizando el diseño y asegurando el éxito comercial.

Figura 6

Representación gráfica de la co-creación del diseño



Fabricación de la unidad 1 de la Línea. Solo tras el consenso digital se procede a la fabricación física. El prototipo físico se convierte en la "Unidad 1 de la Línea", una unidad de producción real que valida la puesta a punto final. Esto elimina el desperdicio de sobreproducción y las interrupciones en la línea seriada.

Figura 7

Flujo de valor optimizado



Análisis Financiero y Retorno de la inversión.

Considerando la realidad económica actual (Tipo de cambio 1 USD = \$1450), se detalla la rentabilidad del proyecto:

A) Inversión Inicial:

- Hardware, Escáner Vizoo con IA y Estación Pro: u\$s 15.000 (\$21.750.000)
- Licencias Software de diseño 3D (CLO3D) u\$s 2.500 (\$3.625.000)
- Capacitación Inicial: u\$s 2.500 (\$3.625.000)
- Total Inversión Inicial: \$29.000.000 ARS

B) Estructura de Ahorros Anuales:

La ineficiencia actual, analizada en el Capítulo 4, se descompone en:

- Mano de Obra y Materiales (Costo del producto): \$ 52.148.437
- Costo de Almacenamiento del Inventario Inmovilizado (90 m²): \$ 5.508.000
- Ahorro Total Proyectado: \$57.656.347

C) Indicadores de Rentabilidad:



- ROI (Retorno de Inversión - Año 1): 98.8%
- Payback (Periodo de recuperación): 6 meses

Plan de Acción y Gestión del Cambio

La transición desde un modelo de prototipado 100% analógico hacia un ecosistema de Prototipado Digital Híbrido no representa únicamente un cambio tecnológico, sino una transformación cultural y operativa dentro de Colchones 19 de Febrero. Para asegurar que la inversión de capital se traduzca en una ventaja competitiva real, se ha diseñado un programa de despliegue progresivo de cuatro meses, orientado a minimizar la resistencia al cambio y garantizar la precisión técnica del nuevo sistema.

Este cronograma está estructurado bajo una lógica de escalabilidad, permitiendo que la organización absorba las nuevas capacidades sin interrumpir el flujo productivo actual:

Mes 1. Adquisición y Setup Técnico. Este período se centrará en la cimentación tecnológica del proyecto. Incluye la compra, importación y recepción del escáner de alta fidelidad Vizoo xTex y la actualización de las estaciones de trabajo con placas de procesamiento gráfico necesarias para el renderizado en tiempo real. Simultáneamente, se procederá a la configuración de la arquitectura en la nube para la plataforma de Realidad Aumentada (RA), asegurando que los repositorios de diseños digitales sean accesibles y seguros.

Mes 2. Capacitación y Programa de Adopción. Se iniciará un ciclo de entrenamiento intensivo segmentado por departamentos. El equipo de Diseño se especializará en el software CLO3D, mientras que Producción y Marketing se enfocarán en la interpretación de los gemelos digitales y el uso de herramientas de RA para la preventa. En paralelo, se activará un plan de sensibilización para explicar los beneficios del modelo virtual (reducción de errores y mayor agilidad), transformando la posible percepción de "amenaza tecnológica" en una oportunidad de profesionalización del talento humano.

Mes 3. Prueba Piloto. Para garantizar una transición sin riesgos, se ejecutará una fase de "ejecución en paralelo". Se seleccionará una línea de productos específica para ser desarrollada bajo ambos métodos (físico vs. digital). El objetivo es doble: por un lado, calibrar los algoritmos de la IA del escáner para que la representación de los tejidos sea idéntica a la realidad y, por otro, validar la confianza del cliente externo en las herramientas de RA antes de la eliminación definitiva de las muestras físicas.

Mes 4. Implementación Operativa Plena. Con los procesos calibrados y el

personal capacitado, se realizará el lanzamiento del primer ciclo completo de productos bajo el Modelo Híbrido. En esta etapa, se desactiva oficialmente la fabricación de prototipos de prueba para cuestiones estéticas, derivando esos recursos operativos hacia la producción de línea. Se establece este mes como el punto de partida para el monitoreo de los indicadores de desempeño (KPIs) y el cálculo del retorno de inversión (ROI) proyectado.

Impacto Estratégico: Ventaja Competitiva Dinámica

La implementación del modelo híbrido no debe entenderse meramente como una optimización de costos, sino como un cambio estratégico que reafirma la posición de Colchones 19 de Febrero en el mercado nacional. Este impacto se desglosa en tres ejes fundamentales:

Compresión Extrema del Time-to-Market. En la industria del descanso, la capacidad de capturar tendencias estéticas (colores, texturas, diseños de matelaseado) es efímera. La celeridad competitiva inédita que otorga este modelo permite que la empresa pase de la idea a la validación comercial en cuestión de días, no de meses. Al eliminar el "valle de la muerte" del prototipado físico —donde las semanas se pierden en esperas de insumos y pruebas de costura—, la organización adquiere una agilidad de respuesta que la coloca por delante de competidores con estructuras tradicionales y rígidas.

Co-creación y Democratización del Diseño. Tradicionalmente, el diseño era un proceso "puertas adentro". Mediante el uso de activos digitales fotorrealistas y Realidad Aumentada, la propuesta permite integrar al cliente en las etapas tempranas del desarrollo. Para la empresa esto también es una gran ventaja ya que se reduce el riesgo de lanzamiento al mercado, dado que el producto nace de una retroalimentación real.

Sostenibilidad y Eficiencia en el Uso de Recursos. Desde una perspectiva de Triple Impacto, el modelo digital reduce drásticamente el desperdicio de espumas, telas y fibras sintéticas que hoy terminan como residuos tras las pruebas físicas defectuosas. Esta eficiencia operativa se traduce en una ventaja competitiva dinámica: la capacidad de la empresa para reconfigurar sus competencias y recursos rápidamente para responder a entornos cambiantes y volátiles, como el contexto económico actual.

CONCLUSIONES

Validación de Objetivos y Respuesta a la Hipótesis

El presente Trabajo Final de Maestría se estructuró para dar respuesta a una problemática multidimensional en la organización "Colchones 19 de Febrero". Tras el análisis desarrollado, se concluye el cumplimiento de los objetivos planteados:

- **Identificación y Cuantificación de Mudanças (Objetivo 1):** Se logró diagnosticar la ineficiencia del modelo actual bajo la lente del *Lean Manufacturing*. La investigación identificó que el sistema artesanal analógico es una fuente crítica de seis de los siete desperdicios operativos. Se cuantificó una sobreproducción de 178 prototipos anuales y un 20% de retrabajo no registrado, validando empíricamente la existencia de desperdicios de material, tiempo y talento humano que impactan directamente en la rentabilidad.
- **Análisis del Impacto en Marketing y Ventas (Objetivo 2):** Se demostró que la dependencia del prototipo físico condiciona la estrategia de negocio, limitando la validación de mercado a grupos reducidos. La propuesta de Realidad Aumentada y renders fotorrealistas mediante IA responde a este punto, permitiendo una "democratización del diseño" y una validación masiva con clientes externos antes de comprometer recursos productivos.
- **Evaluación del Ciclo de Desarrollo y Time-to-Market (Objetivo 3):** Se analizó la imprevisibilidad del proceso actual, detectando picos erráticos de trabajo y un carácter reactivo frente a la competencia. El Modelo Híbrido diseñado ataca este punto al comprimir el ciclo de desarrollo, eliminando las semanas perdidas en iteraciones físicas de prueba y error y permitiendo a la empresa liderar tendencias.
- **Diseño del Modelo y Análisis de Rentabilidad (Objetivo 4):** Se desarrolló una solución técnica basada en tecnologías 4.0 (CAD 3D, Escáner Vizoo con IA y RA) que se validó financieramente con un ROI del 98,8%. Este análisis permitió transformar un gasto hundido en una inversión estratégica con un plazo de recuperación (Payback) de 6 meses, dotando a la gerencia de una herramienta de decisión objetiva y basada en datos.

En cuanto a la validación de la hipótesis, los resultados confirman la hipótesis de la investigación, el modelo de prototipado físico actual es significativamente ineficiente y su sustitución por un modelo digitalizado híbrido no solo optimiza los recursos operativos

reduciendo el 90% de las muestras físicas, sino que constituye una ventaja competitiva dinámica al integrar al cliente en el proceso de co-creación y reduciendo el tiempo de lanzamiento de los nuevos productos.

Sustento Empírico y Hallazgos Relevantes

Las conclusiones de esta investigación no representan meras deducciones teóricas, sino que se encuentran estrictamente ancladas en la evidencia directa recolectada durante el proceso de diagnóstico. En primer lugar, el sustento financiero de la propuesta resulta contundente al haber identificado una ineficiencia operativa con un costo real de \$55.000.000 anuales. Esta magnitud económica no solo justifica la inversión tecnológica, sino que posiciona al proyecto como una iniciativa de alta rentabilidad, con una capacidad de autofinanciamiento proyectada en un plazo inferior a un año.

Más allá de lo cuantitativo, el estudio aportó pruebas empíricas sobre la destrucción de valor inherente al modelo analógico. El caso testigo analizado ilustra de manera crítica cómo la validación manual somete a los materiales a un estrés mecánico innecesario, generando defectos que podrían evitarse íntegramente en un entorno virtual. Asimismo, mediante la aplicación del Diagrama de Pareto, se logró probar que mas del 80% de los retrasos en el flujo de valor provienen de ajustes puramente estéticos. Este hallazgo es fundamental, ya que valida la suficiencia de una solución digital para resolver la gran mayoría de las causas raíz del desperdicio en la organización.

Limitaciones del Estudio y Prospectiva

Como toda investigación de carácter académico y propositivo, este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas para su interpretación. Metodológicamente, es necesario precisar que el alcance de este trabajo ha sido de naturaleza proyectiva y no ejecutiva; por lo tanto, si bien los resultados de rentabilidad se basan en datos históricos, su validez final queda sujeta a la efectividad de la implementación operativa. A esto se suma una limitación contextual ligada a la volatilidad económica de Argentina. El análisis financiero fue estructurado bajo un tipo de cambio de referencia de \$1450, por lo que variaciones en la paridad cambiaria podrían alterar los costos de adquisición de la tecnología importada propuesta. Finalmente, se reconoce que, aunque se detectó la existencia de barreras culturales, la investigación no profundizó en el diseño de un plan de incentivos específico para el personal, variable que será determinante durante el despliegue del modelo.



No obstante, estas limitaciones abren paso a prometedoras líneas de investigación futura que permitirán consolidar la viabilidad del proyecto a largo plazo. Resulta pertinente, en una etapa posterior, profundizar en estudios de gestión del cambio que analicen los mecanismos de adopción tecnológica y capacitación específica para operarios de la industria textil. Del mismo modo, una evaluación longitudinal post-implementación permitiría contrastar las métricas de éxito reales frente a las proyecciones aquí planteadas tras el primer año de uso del sistema. Por último, la expansión del concepto de "Gemelo Digital" invita a explorar la integración de los modelos 3D con sistemas ERP, lo que permitiría una automatización total de la cadena de suministro desde la misma fase de concepción del diseño.

ANEXO

Instrumentos de Recolección de Información

Entrevistas.

El presente anexo contiene el instrumento cualitativo central de la investigación, el guion de las entrevistas semiestructuradas realizadas con expertos en las áreas de Diseño, Producción, Desarrollo y Marketing. La inclusión de dos de las entrevistas tiene por objetivo transparentar la estructura de trabajo utilizada en la etapa de diagnóstico.

La estructura del guion se dividió en tres bloques temáticos, cada uno con un propósito específico:

- Bloque 1: Diagnóstico Operacional: Preguntas enfocadas a identificar la percepción y la validación de los siete desperdicios en el proceso de prototipado físico, indagando sobre las causas raíz del sobreprocesamiento y la interrupción de la línea seriada.
- Bloque 2: Capacidad de Innovación y Agilidad: Preguntas destinadas a evaluar el impacto estratégico del proceso actual, la percepción del Time-to-Market y el potencial de la co-creación de valor.
- Bloque 3: Viabilidad Tecnológica: Preguntas que exploraron la apertura cultural y la familiaridad con las tecnologías de simulación 3D y los retos organizacionales para adoptar un modelo digital

Entrevista n°1. Dirigida a expertos en Desarrollo de productos y producción.

Pregunta: ¿Podrías describir las etapas clave del proceso de prototipado de un colchón, desde que se recibe la solicitud hasta que el prototipo es aprobado o descartado?

Respuesta: Se recibe una ficha de proyecto, la cual contiene la composición del producto, eso incluye las espumas, la tipología, los tipos de tela, el bordado en caso de corresponder. Esta ficha es analizada por todas las partes interesadas y en caso de ser aprobada se generan los códigos de producto.

Pregunta: ¿Cuál es el flujo típico de un prototipo a través de la fábrica? ¿Qué departamentos o áreas visita?

Respuesta: Comercial en conjunto con el área de marketing definen la necesidad del prototipo. Luego el sector de corte de bloques corta las placas que serán necesarias,

dependiendo del tipo de producto. Matelaseado de colchones de espuma o matelaseado de colchones de resortes fabricará la cabecera, la tapa y el bordado. El sector de Armado de colchones ya sea de espuma o de resorte recibirá las partes en proceso fabricadas previamente y armará el producto.

Pregunta: ¿Cuál es la importancia estratégica del prototipado para la empresa? ¿Cómo contribuye al desarrollo de nuevos productos y a la estrategia de marketing?

Respuesta: Creo que es fundamental para salir rápido con nuevos e innovadores productos, la competencia es muy dinámica y salir antes que ellos puede hacer la diferencia. Como uno de los principales líderes del mercado nacional, la estrategia implica innovar y liderar, no perseguir.

Pregunta: ¿Quiénes son los principales "clientes" internos del prototipo (ej. ¿departamento comercial, dirección, diseño, etc.)? ¿Cómo se valida que un prototipo satisface sus necesidades?

Respuesta: La dirección comercial y la de marketing son los principales clientes del prototipo, aunque en oportunidades ellos son voceros del cliente mayorista. Normalmente la validación es visual. El prototipo se exhibe y las áreas interesadas lo observan, lo prueban y se debate entre las partes si es necesario algún cambio.

Pregunta: En promedio, ¿cuántos prototipos se fabrican al año? ¿Hay picos o variaciones estacionales en esta cantidad?

Respuesta: Si se consideran todos los tipos de prototipos que se realizan (colchones, somniers, productos de publicidad, almohadas y respaldos estimo que se superan las 300 unidades por año. Si solamente hablamos de colchones calculo que son entre 200 y 250 unidades. Realmente no lo validé con los registros pero creo que rondamos esa cantidad. Suele haber momentos de mayor demanda, cuando se realiza un restyling de una línea completa (Alguna marca en particular) se realizan prototipos de colchones y sommier y en oportunidades más de uno de cada producto, eso hace que las cantidades aumentan sensiblemente pero no creo que eso ocurra en un momento particular del año, se hace cuando lo piden.

Pregunta: ¿Se requieren ajustes o retrabajos en los prototipos? ¿Cuáles son las razones más comunes para estos ajustes? ¿Cuántas veces, en promedio, un prototipo pasa por este ciclo de ajuste?

Respuesta: Constantemente. Normalmente los ajustes son por cuestiones estéticas, se decide cambiar de tejido, de vivo perimetral, de bordado. No suelen generarse retrabajos por cuestiones ligadas al confort, a pesar de la gran cantidad de tipos de productos distintos las composiciones no son más que 40 o 50, eso hace que, por más que se innove en una composición normalmente ya existe un producto que la use, por eso se puede validar el confort con productos de línea que ya existen.

Pregunta: ¿Cómo se maneja el desperdicio de materiales generados durante la fabricación de prototipos? ¿Se registra de alguna manera?

Respuesta: El desperdicio es muy alto. La fabricación de un producto de manera individual, es decir no seriada, implica fabricar unidades aisladas en grandes máquinas diseñadas para fabricar muchas unidades a la vez. Para citar un ejemplo claro de esta situación menciono lo que ocurre con las cabeceras, para fabricar 5 cabeceras el desperdicio es aproximadamente de un 5% (utilizando la capacidad total de la máquina). Cuando la fabricación es de una única unidad el desperdicio se multiplica al 75% aproximadamente.

Pregunta: ¿La fabricación de prototipos interrumpe las líneas de producción en serie? Si es así, ¿Con qué frecuencia ocurre esto y cuál es el impacto en los tiempos de entrega de productos de línea?

Respuesta: Si, normalmente la interrumpe a menos que, se fabriquen los prototipos en momentos de baja producción pero eso no suele ocurrir tan a menudo. En los últimos meses es una situación que ocurrió casi todas las semanas pero no tengo cuantificado el impacto, lo que puedo decir es que los prototipos suelen tener algo de apuro, así que cuando está la demanda hay que intentar priorizar la fabricación de esta unidad.

Pregunta: ¿Tienes una estimación del tiempo que se pierde en "set-ups" o cambios de línea para fabricar prototipos?

Respuesta: No menos de 30 minutos en el total de los equipos. 10 minutos en la matelaseadora de cabecera, 10 en la matelaseadora de tapas, 5 minutos en la bordadora y otros 5 minutos en una cerradora de colchones. No tengo cronometrados esos tiempos pero es más o menos eso. Todo esto depende del prototipo que se realice, varía si es un prototipo tipo matelaseado, o si es tipología funda, incluso si se trata de un sommier.

Pregunta: ¿Genera un problema el espacio de almacenamiento de prototipos? ¿Qué



implicaciones tiene para la operación diaria?

Respuesta: Si, mucho. No abunda el espacio y los colchones son productos voluminosos. En oportunidades quedan dando vueltas por la plata hasta que finaliza el proceso de aceptación, más las sesiones de fotos etc. Cuando se juntan varias unidades se envían al depósito, donde también generan problema porque además de ocupar espacio no tienen rotación.

Pregunta: ¿Existe algún tipo de "espera" o inactividad de personal o equipos relacionada con el proceso de prototipado?

Respuesta: Si, cuando se frena un equipo para hacer un prototipo normalmente el proceso siguiente termina esperando por la falta de materiales de línea que ese equipo en cuestión fabrica. Tenemos un sistema "bastante JAT" (Justo a tiempo) y esas demoras impactan.

Pregunta: ¿Crees que hay talento humano que no se está utilizando plenamente debido a las ineficiencias del proceso? Por ejemplo, ¿personal de diseño dedicado a retrabajos o personal de producción inactivo?

Respuesta: Absolutamente. Fundamentalmente al realizar retrabajos porque no hay consenso en las cuestiones estéticas. Cambiar una cabecera por ejemplo demora mucho tiempo y se corre el riesgo de que se rompan otros componentes del producto al desarmarlo, así que no solo es la pérdida de tiempo por retrabajo si no también la posibilidad de aumentar el scrap.

Pregunta: ¿Se lleva algún registro de los costos asociados directamente a la fabricación de un prototipo (materiales, horas hombre, uso de máquinas, etc.)? Si no, ¿cómo se estima?

Respuesta: Se considera que un prototipo tiene el mismo desperdicio que un colchón de línea, lo que personalmente considero un error, el costo es sensiblemente más alto debido a esto que te mencionaba de destinar equipos diseñados para fabricación en serie a fabricar unidades. Es como usar un horno de panadería para hacer una sola factura.

Viabilidad de Integración de Industria 4.0 (Objetivo Específico 3):

Pregunta: ¿Qué opinas de la posibilidad de utilizar herramientas digitales para probar diseños de colchones antes de fabricar un prototipo físico? ¿Crees que sería factible para



este tipo de producto?

Respuesta: No solo considero que sea factible, sino que es necesario. No se podría reemplazar el 100% de los prototipos pero estoy seguro que hacemos una cantidad innecesaria y que la mayoría de los reprocesos son el producto de cuestiones visuales que podrían definirse de otra forma.

Pregunta: ¿Se ha considerado alguna vez el uso de Realidad Aumentada (RA) o Realidad Virtual (RV) para visualizar prototipos?

Respuesta: No desde que yo me desempeño en esta tarea.

Pregunta: ¿Cómo se maneja actualmente la información y los datos de los prototipos y sus iteraciones? ¿Hay un sistema centralizado o se utiliza software de diseño (CAD/CAM)?

Respuesta: No hay un sistema asistido por computadora. Los prototipos se realizan en escala real material.

Pregunta: ¿Qué barreras o desafíos principales ves para la implementación de estas tecnologías en el proceso de prototipado actual (ej. costo, capacitación, resistencia al cambio, infraestructura)?

Respuesta: Desconozco los costos de un programa para digitalizar la tarea, pero entiendo que hay margen para invertir debido a los costos del proceso. Seguramente sea necesario capacitar al personal también y existiría resistencia al cambio, sobre todo en la validación del prototipo, estamos acostumbrados a ver el prototipo físico real, lo cual es muy bueno pero es muy caro.

Pregunta: ¿Si pudieras cambiar una cosa en el proceso de prototipado actual, ¿cuál sería y por qué?

Trataría de desarrollar un modelo digital lo más parecido a la realidad posible y a través de la digitalización trataría de definir las cuestiones visuales. Solo se pasaría a la creación del prototipo atravesada esta etapa.

Pregunta: ¿Qué mejoras crees que tendrían el mayor impacto en la eficiencia y en la reducción de costos?

Respuesta: La que mencioné en la respuesta anterior. Seguramente si alcanzamos un buen nivel de renderización se podrían utilizar estos mismos modelos para reemplazar fotos y para exhibirlas digitalmente a los clientes.

Pregunta: ¿Cómo crees que un prototipado más eficiente podría beneficiar directamente al marketing y la capacidad de la empresa para lanzar nuevos productos?

Respuesta: No soy experto en marketing pero considero que una salida más rápida a través de la reducción del tiempo de diseño sería una muy buena ventaja.

Pregunta: ¿Hay algo más que consideres importante mencionar o alguna sugerencia para mi investigación?

Respuesta: No, simplemente aclarar que verdaderamente nosotros manejamos estándares operativos muy altos, nuestros procesos productivos son muy eficientes y tecnológicos, pero particularmente en este proceso es posible trabajar y mejorarlo con las herramientas disponibles.

Entrevista 2°

Pregunta: ¿Qué rol estratégico juegan los prototipos de colchones en la introducción de nuevos productos de Limansky S.A.?

Respuesta: Es un rol clave ya que en general el prototipo se hace desde el núcleo de la fábrica y lo valida el cliente, atraviesa muchas áreas, muchos procesos y es fundamental.

Pregunta: Desde el punto de vista de marketing, ¿cómo contribuyen los prototipos a la validación de la propuesta de valor de un nuevo colchón antes de su lanzamiento al mercado?

Respuesta: El objetivo primordial es interpretar las necesidades del cliente. Por eso este cliente debe opinar en este proceso, así se genera un compromiso mayor con la propuesta de valor de la empresa. Lo pone en el plan de negocio como parte activa.

Pregunta: ¿De qué manera los prototipos les ayudan a entender y satisfacer las expectativas del cliente?

Respuesta: La empresa tiene en claro que las necesidades del cliente es el punto que deben atender, pero la realidad es que terminamos haciendo prototipos sin consultarle al

cliente o sin participar. Normalmente el prototipo sale de alguna idea de la empresa, eso es normal pero debería salir del cliente.

Pregunta: ¿Considera que los prototipos actuales reflejan adecuadamente la visión de diseño y posicionamiento que busca Marketing para los nuevos productos?

Respuesta: Esa es una respuesta que debería dar el cliente intermedio o el cliente final. Está claro que un prototipo digital nos da más libertad de innovación, hacer más modelos, probar más cosas sin costo, pero también considero que es necesario considerar que el cliente en muchos casos continúa siendo analógico, y quiere ver una muestra.

Pregunta: ¿Con qué frecuencia sienten la necesidad de realizar cambios o ajustes en los prototipos ya fabricados?

Respuesta: El entrevistado no proporciona una frecuencia numérica o temporal exacta sobre la necesidad de realizar cambios o ajustes en los prototipos ya fabricados. Sin embargo, su respuesta y los ejemplos que se mencionan sugieren que esta necesidad es frecuente y significativa, generando varias problemáticas. El entrevistado recuerda que, para lograr el producto final, se generaban "tal vez 10 versiones" previamente. Además, se generaban prototipos que luego no se usaban o no se aprobaban, lo que llevaba a la necesidad de hacer liquidaciones para venderlos o enfrentar ventas problemáticas a clientes o internamente

Pregunta: ¿Cómo impacta el proceso actual de prototipado en los tiempos de lanzamiento al mercado de nuevos productos?

Respuesta: El proceso actual de prototipado tiene un impacto significativo y probablemente negativo en los tiempos de lanzamiento al mercado de nuevos productos, principalmente debido a la falta de eficiencia, la naturaleza analógica del proceso y la cantidad de retrabajo y prototipos no utilizados. La dependencia de un "cliente analógico" y la necesidad de prototipos físicos para la validación final limita la rapidez con la que se pueden obtener opiniones y realizar iteraciones. Mientras que un prototipo digital podría mostrarse a "50" clientes rápidamente, un colchón físico solo se puede mostrar a "cinco tipos, a 10 tipos que tienen que ir a una sucursal".

Opinión sobre la Digitalización del Prototipado:

Pregunta: ¿Qué nivel de conocimiento tiene sobre las tecnologías de digitalización y

simulación 3D aplicadas al diseño de productos textiles?

Respuesta: El entrevistado tiene un conocimiento general e inferencial sobre las tecnologías de digitalización y simulación 3D aplicadas al diseño de productos textiles, más que un conocimiento específico y detallado. Infiere que existen muchas de estas tecnologías debido a su naturaleza "tecnológica". Sin embargo, admite claramente: "No tengo el conocimiento específico".

¿Está familiarizado con herramientas que permiten transmitir las propiedades físicas de una tela (textura, elasticidad, etc.) a un entorno CAD 3D? Si es así, ¿cuáles?

Respuesta: Realmente no. Si esas herramientas existen no las conozco.

Pregunta: En su opinión, ¿cómo podría la digitalización del prototipado beneficiar el trabajo del área de Marketing? ¿Considera que la digitalización podría acelerar la fase de iteración y prueba de los diseños de colchones?

Respuesta: La digitalización del prototipado ofrecería al área de Marketing la capacidad de validar ideas de productos de manera más amplia, rápida y económica con clientes intermedios y finales, reduciendo los riesgos, acelerando el tiempo de lanzamiento y, en última instancia, mejorando la eficiencia y la ventaja competitiva de la empresa. Un prototipo digital muy bien hecho y con alta tecnología permite mostrar el producto a un número mucho mayor de clientes al mismo tiempo. Esto facilita un relevamiento mucho más profundo de las opiniones de los clientes, permitiendo una validación más robusta de la propuesta de valor.

La digitalización puede eliminar muchas etapas del proceso analógico y disminuir drásticamente la cantidad de prototipos físicos necesarios, incluyendo los prototipos finales. Esto no solo ahorra dinero y tiempo, sino que también reduce los problemas de almacenamiento y gestión de prototipos no utilizados que, en la actualidad, implican "muchísimo laburo".

La capacidad de llegar antes al mercado es una ventaja competitiva en la actualidad. Un proceso de prototipado digital más ágil contribuye directamente a esta rapidez. Permite combinar la "cantidad de opinión por un lado con la calidad de la opinión contra un producto físico", trabajando las dos cosas en conjunto.

Pregunta: ¿Qué riesgos o desafíos percibe en la transición de un prototipado físico a uno predominantemente digital? ¿Estarían dispuestos, como área de Marketing, a trabajar

con modelos virtuales antes de ver un prototipo físico, si eso implicara mayor agilidad?

Respuesta: La naturaleza "analógica" del cliente: El desafío más significativo es que el cliente intermedio y final sigue siendo "un tipo analógico y no digital". Esto implica que, aunque las herramientas digitales permiten mucha iteración y validación inicial, la validación final de un producto como un colchón probablemente requerirá un prototipo físico real. A pesar de las ventajas del prototipado digital, la "muestra final es necesaria". La búsqueda ideal sería que el prototipo final, una vez validado digitalmente en todas las cuestiones físicas, se convierta en la "unidad uno de la línea que va a salir" y no un prototipo desechable.

Es fundamental "armar el procedimiento digital para contraponerse con el analógico" y determinar "cuáles son todas las etapas de analógico que se salvan con él con el digital". Esto implica un desafío en la integración y sincronización de ambos mundos, buscando "acercar las partes". Opino que lo mejor sería una "transición híbrida lo más corta posible".

Reconoce que en el pasado existía la creencia de que era "muy complejo simular en un entorno digital el comportamiento que va a tener determinada tela". Superar estas percepciones o resistencia al cambio puede ser un desafío.

Pregunta: ¿Existe un presupuesto específico para la creación y gestión de prototipos dentro del área de Marketing, o es un costo compartido? ¿Cómo se justifican los costos asociados al prototipado físico actual (materiales, mano de obra, espacio de almacenamiento) desde la perspectiva de Marketing?

Respuesta: Históricamente, los costos de los prototipos se manejaban de una manera particular: la venta de los prototipos (incluso aquellos no seleccionados para producción final) se aplicaba a la misma cuenta, lo que ayudaba a que el costo no diera negativo y a "financiar internamente" su creación. Esta práctica sugiere un enfoque de costo compartido o absorbido en lugar de un presupuesto exclusivo y aislado de Marketing. Actualmente, el panorama ha cambiado, y los prototipos ya no se venden con la misma facilidad, lo que genera problemas de sobre stock y una "gestión propia" para ventas internas que conlleva "muchísimo laburo" y costos ocultos. Esto implica que los costos de los prototipos, si no se compensan con ventas, recaen de manera más directa en la empresa, sin una clara asignación a un presupuesto específico de Marketing.

Pregunta: ¿Se realiza un seguimiento de la inversión por prototipo y su retorno, especialmente aquellos que no llegan a producción final?



Respuesta: No.

Pregunta: ¿Considera que el gasto actual en prototipos es eficiente, dada la cantidad de retrabajos o prototipos no utilizados que se mencionan en la empresa?

Respuesta: Creo que se podría mejorar.

Pregunta: Si la digitalización pudiera reducir significativamente los costos de prototipado, ¿qué destino se les daría a esos recursos liberados desde la perspectiva de Marketing?

Respuesta: Si la digitalización lograra reducir significativamente los costos de prototipado, los recursos liberados, desde la perspectiva del área de Marketing, se podrían orientar hacia varias áreas estratégicas. Se podría destinar estos recursos a ampliar la cantidad de opiniones de los clientes y a realizar un relevamiento mucho más profundo de sus necesidades. Se podría invertir en métodos que permitan el ingreso del cliente de forma anticipada y mucho más rápida en el proceso de validación, incluso antes de empezar el prototipo físico. Esto incluye la posibilidad de usar herramientas como encuestas privadas en redes sociales con grupos de clientes para justificar el prototipo.

Estos recursos permitirían a Marketing asegurarse de que los prototipos no solo surjan de ideas internas, sino que respondan a una necesidad específica del cliente, superando la práctica actual donde los prototipos a menudo se hacen "como creen ellas que hay que hacerlo".

También se podrían canalizar fondos para establecer una medida de eficiencia para el análisis de prototipos. Generar datos sobre cuántas muestras se producen, las horas invertidas, y si los prototipos están realmente conectados con los planes de acción y los objetivos estratégicos de la organización. Actualmente, no se tiene esta dimensión de eficiencia.

Esto permitiría al Marketing asegurarse de que cada prototipo esté super justificado y ligado a un plan anual aprobado, en lugar de ser una idea que "se le ocurrió a alguien en el medio".

Registros de prototipos.

En pos de preservar datos sensibles de la organización se presentará una muestra de los registros históricos en el cual consta la fabricación de prototipos. En la misma se modificaron los nombres de los productos, las fechas y las cantidades. Con la finalidad de que los datos aporten a la comprensión del problema se intentó mantener la cantidad



de prototipos en el periodo de la muestra.

Tabla 1.

Cantidad de prototipos fabricados en un periodo de 9 meses.

Descripción	Observación	Cant.	Fecha entrega código
Col. Cliente A Alt.1 1.40x1.90	Prototipo Simil Pisys tapa bordo	1	26/11/2024
Col. Cliente A Alt.2 1.40x1.90	Prototipo Simil Pisis tapa gris	1	27/11/2024
Col. Cliente A Alt.3 1.40x1.90	Prototipo Simil Piscis Silver	1	28/11/2024
Col. Cliente A Alt.4 1.40x1.90	Prototipo Simil Piscis	1	29/11/2024
Col. Outlet Alt 1 1.40x1.90	Prototipo Simil Águila Outlet	2	2/12/2024
Col. Outlet Alt 2 1.40x1.90	Prototipo Simil Águila Outlet	2	4/12/2024
Col. Outlet Alt 3 0.80x1.90	Prototipo Simil Piscis Outlet	2	6/12/2024
Col. Outlet Alt 4 0.80x1.90	Prototipo Simil Lux 24 Outlet	3	11/12/2024
Col. Sussex Alt 1 0.80x1.90	Prototipo sabana código 36	1	17/12/2024
Col. Sussex Alt 2 0.80x1.90	Prototipo sabana código 38	1	20/12/2024
Col. Grabado 1.40 x 1.90	Prototipo cambio tela tapa	2	26/12/2024
Col. Lex 1.60 x 2.0	Prototipo Reserva 2025	3	27/12/2024
Col. Barca 1.60 x 2.0	Prototipo Reserva 2025	3	27/12/2024
Col. Fin 1.40 x 1.90	Prototipo final restyling 2025	2	7/1/2025
Som. Reserva 0.80x2.00x0.12	Prototipo Reserva 2025	2	8/1/2025
Col. Astor Negro 1.40 x 1.90	Prototipo World 2025	1	10/1/2025
Col. Astor Alt Gris 1.40 x 1.90	Prototipo World 2025	1	10/1/2025
Col. Astor Alt Azul 1.40 x 1.90	Prototipo World 2025	1	14/1/2025
Col Extra Grande 1.40x1.90	Prototipo World 2025	1	15/1/2025
Col Extra Grande 1.40x1.90	Prototipo World 2025	2	16/1/2025
Som. Extra Grande 1.40x1.90	Prototipo World 2025	2	16/1/2025
Col. Piscis 1.40x1.90	Prototipo Piscis	2	21/1/2025
Sillón Duo 0.65x0.80	Prototipo Chenille Rojo	2	23/1/2025
Sillón 0.65x0.80	Prototipo Chenille Negro	1	27/1/2025
Col. Base baja Azul 1.40x1.90	Prototipo Base Baja	1	30/1/2025
Col. Clásico 1.60x2.0	Prototipo Colchón E-commerce	1	6/2/2025
Col. Clásico 1.60x2.0	Prototipo Colchón E-commerce	2	7/2/2025



Col. Lex 1.60 x 2.0	Prototipo Reserva 2025 fotos	2	18/2/2025
Col. Barca 1.60 x 2.0	Prototipo Reserva 2025 fotos	2	19/2/2025
Col. Bulgari 1.60 x 2.0	Prototipo Reserva 2025 fotos	3	20/2/2025
Col. Extra Grande 1.40x1.90	Prototipo Reserva 2025 fotos	3	4/3/2025
Col. Extra Grande 1.40x1.90	Prototipo Larga vida 2025	1	8/3/2025
Col. Astor Alt Azul 0.80 x 1.90	Prototipo World 2025	1	12/3/2025
Som. Jackard Negro 1.40x1.90	Prototipo World 2025	3	15/3/2025
Col. Intercont 1.40x1.90	Prototipo Col. Intercont cambio	2	18/3/2025
Col. Boss 1.90x0.24	Prototipo Restyling cliente 2025	2	27/3/2025
Col. Noss PT 1.40x1.90	Prototipo Restyling cliente 2025	2	8/4/2025
Col. Eoss 1.40	Prototipo Restyling cliente 2025	3	15/4/2025
Col. Arti 0.80	Prototipo espuma	3	19/4/2025
Col. Dyango 1.60 x 2.0	Prototipo para evento	2	24/6/2025
Col. Doss 1.40x1.90	Prototipo Restyling cliente 2025	3	25/4/2025
Col. Oss 1.40x1.90	Prototipo Restyling cliente 2025	3	28/4/2025
Som. Gen Negro 1.40x1.90	Prototipo sin placa superior	1	2/5/2025
Som. Gen Blanco 1.40x1.90	Prototipo sin placa superior	1	8/5/2025
Col Bolsa cliente x 1 1.40x1.90	Prototipo cliente en bolsa	1	14/5/2025
Col Bolsa cliente x 2 1.40x1.90	Prototipo cliente en bolsa	3	20/5/2025
Som. Cliente x 70x190	Prototipo cliente sommier	2	23/5/2025
Col. Intercont Alt.9 1.60x2.0	Prototipo Col. Intercont. restyling	1	28/5/2025
Col. Linux Alt.1 1.60x2.0	Prototipo Col. restyling	2	28/5/2025
Som. Estandarte Alt.3 0.80x2.0	Prototipo Som. Estandarte	3	28/5/2025
Col. Super 0.80x1.90	Prototipo restyling col Super	3	4/6/2025
Col. Fam 1.40 x 1.90	Prototipo Tejido remanente	1	9/6/2025
Col. SUSEX 1.40 x 1.90	Prototipo Tejido remanente	1	9/6/2025
Col. Sostenible 1.40x1.90	Prototipo Sostenible	4	9/6/2025
Som. SC 1.40x1.90	Prototipo sommier negro SC	1	11/6/2025
Col. Alta Gama 1.60x2.0	Prototipo Alta gama 2025	1	17/6/2025
Col. Elegancia 1.40 x 1.90	Prototipo Col. Compactado BB	2	19/6/2025
Alm. Reserve Luxury 70x35	Prototipo Alm. Tejido cabecera	1	25/6/2025
Col. Lon 1.40x1.90x0.24	Prototipo tejido remanente	2	27/6/2025
Overpillow 40x160 cm	Prototipo Over Pillow	2	1/7/2025
Overpillow 40x160 cm	Prototipo Over Pillow	2	1/7/2025



Overpillow 40x160 cm	Prototipo Over Pillow	2	4/7/2025
Overpillow 40x160 cm	Prototipo Over Pillow	1	4/7/2025
Protector 40x160 cm	Prototipo Funda	3	9/7/2025
Protector 40x160 cm	Prototipo Funda	1	10/7/2025
Protector 40x160 cm	Prototipo Funda	3	11/7/2025
Col. Intercon Alt.12 1.60x2.0	Prototipo Col. Intercont Alt 12	1	15/7/2025
Som. Estandarte Alt.4 0.80x2.0	Prototipo Som. Estandarte Alt 4	2	17/7/2025
Col. Indiferencia Alt.3 1.60x2.0	Prototipo Col. restyling Alt.3	2	22/7/2025
Som. Alt.1 1.40x1.90	Prototipo proyecto Sostenible	2	24/7/2025
Col. Vin Alt.3 1.40 x 1.90	Prototipo con nueva espuma	2	5/8/2025
Col. Lux Premium Alt.1 1.40 x 1.90	Prototipo tejidos nuevos	1	7/8/2025
Col. Lux Alt.1 1.40 x 1.90 x 0.20	Prototipo tejidos nuevos	1	12/8/2025
Col. Lux Alt.2 1.40 x 1.90	Prototipo tejidos nuevos	3	13/8/2025
Col. Intercontinental 1.40 x 1.90	Prototipo tejido remanente	3	14/8/2025
Som. Tradicional 1.40 x 1.90	Prototipo tejido remanente	3	15/8/2025
Col. Free 0.80 x 1.90	Prototipo tejido remanente	2	19/8/2025
Som. Canapé LE 0.80 x 1.90	Prototipo tejido remanente	2	21/8/2025
Col Arti Duo 0.65x0.80	Prototipo cambio espuma	2	22/8/2025
Col. Arti 0.65x0.80	Prototipo cambio espuma	1	26/8/2025
Col. Sofá cama 1.29 x 1.88	-	2	27/8/2025
Col. Indiferencia 0.80x1.90	Prototipo tejidos nuevos	3	27/8/2025
Col. Elementos 1.40 x 1.90	Prototipo para plegado en 3	2	28/8/2025
Co. Brig 1.60x2.0	Prototipo Restyling 2025	3	29/8/2025
Col. Gold 1.60x2.0	Prototipo Restyling 2025	3	30/8/2025
Col. King 1.60x2.00	Prototipo Restyling 2025	2	22/8/2025
Col. Ken 1.60x2.00	Prototipo Restyling 2025	2	22/8/2025
Col. Brad. 1.60x2.00	Prototipo Restyling 2025	2	22/8/2025
Col. Free 1.40 x 1.90	Prototipo sin matelaseado	2	29/8/2025
Col. Free Plus 1.40 x 1.90	Prototipo nuevo producto	3	30/8/2025

Ficha de proyecto

La ficha de proyecto es uno de los documentos más importantes que atraviesa el proceso de prototipado. El mismo está diseñado para albergar toda la información que se asocia a un lanzamiento de producto, pasando por los plazos tentativos de lanzamiento hasta las previsiones comerciales, desde los insumos necesarios y los stock hasta las consideraciones de seguridad y salud ocupacional.

Durante el proceso de caracterización del prototipado se evaluaron 10 fichas de proyecto, se validó su aplicación, se verificó su funcionalidad y se validó su adaptabilidad en cada caso.

A continuación se expone una ficha de similares características a la utilizada en Colchones 19 de Febrero.

Tabla 2

Ficha de proyecto.

NÚMERO DEL PROYECTO: 369		NOMBRE DEL PROYECTO: Restyling para colchón Barca				
DESARROLLO	Tipo de Proyecto	Nuevo producto, línea o licencia				
	Breve Descripción	Se solicita un cambio de estética para el colchón Barca en todas sus dimensiones, La última actualización se realizó en 7/2022. Se pretende mantener la composición y reemplazar tejidos y bordados manteniendo el costo del producto.				
	Fecha de Inicio	01/07/2025	Fecha posible de lanzamiento:	1/9/2025	Estado	En Desarrollo
COMERCIAL Y MARKETING	Fecha Máxima Presentación		1/9/2025			
	COMERCIAL				MARKETING	
	Producto	Marca del Producto	Detalle Producto/s	Estimado a Comercializar	Nombre definitivo del producto	Gráfica generada/fotografías
	Colchón c/pillow	Barca	Mantiene la composición, cambia la estética.	Productos de línea	Barca	Si
	Cliente/s	VentaSur S.A				

	Otras Consideraciones	El precio final del producto admite una variación máxima de 1%		
PRODUCCIÓN	Fecha Máxima Presentación			
	Factibilidad	Aprobada		
	Observaciones	Necesitamos el diseño propuesto para el nuevo bordado. Sería ideal que el tiempo de bordado no sea mayor al actual.		
	Recursos necesarios	El vivo perimetral que se utilizará para el prototipo es una muestra, no hay volumen en stock. En caso de ser incorporado se necesitará tener disponible el material		
	Fecha estimada de capacitaciones	25/8/2025		
COMPRAS	Fecha Máxima Presentación	1/7/2025		
	Nuevo Insumo	Costo	Descripción / observación	
	Observaciones	Ídem al actual	Los proveedores son locales, no tendríamos esperas mayores para traer el insumo.	
	Fecha de Disponibilidad	Necesitamos 30 días a partir de la aprobación para tener disponibles los insumos necesarios.		
COSTOS	Fecha Máxima Presentación	1/7/2025		
	Costos	El costo de los tejidos propuestos tienen el mismo valor que los insumos utilizados hasta la fecha. Resta cotizar el bordado que va a depender de las características del diseño elegido por I+D		
	Fecha Máxima Presentación	1/7/2025		
	Lista de precios	Lista de precios VentaSur 2025		
PROGRAM. DE LA PRODUCCIÓN	Fecha Máxima Presentación	1/7/2025		
	Planificación de la producción	Planificación en orden de	No presenta cambios respecto al modelo anterior.	

		producción:	
		Análisis capacidad productiva:	No presenta cambios respecto al modelo anterior. Si la previsión comercial es que vaya a aumentar deberíamos ver la capacidad de las mesas de Pillow.
	Fecha Máxima Presentación		1/7/2025
	SCH Back	Manipulación y Logística:	No presenta cambios respecto al modelo anterior.
		Depósitos Productos Terminados:	No presenta cambios respecto al modelo anterior.
RECURSOS HUMANOS	Fecha Máxima Presentación		1/7/2025
	Capital Humano	Análisis de incentivos:	No presenta cambios respecto al modelo anterior.
		Comunicación:	Coordinar capacitación a los sectores de ACR y MCR
	Medicina laboral	Revisión de cuestiones ergonómicas:	El peso y las dimensiones no varían. Mantener recomendaciones ergonómicas para su manipulación.
CALIDAD	Observaciones	Ver la ubicación de la etiqueta colgante respecto al bordado, deben de quedar alineados.	
HIGIENE Y SEG.	Observaciones	No se requiere el uso de nuevas máquinas ni nuevos procesos, por tanto solo será necesario respetar las medidas establecidas vigentes.	

Esta ficha de producto está compuesta también por una descripción dirigida al área de producción. En función a ella se fabricará el prototipo. Como ya hemos mencionado a lo largo de la investigación, Colchones 19 de Febrero no realiza prototipos digitales por lo cual la solicitud sólo contiene las características técnicas en formato escrito, en oportunidades con los códigos de la materia prima, pero sin ningún tipo de guía visual que oriente a quien llevará adelante el proceso. En oportunidades

esto dificulta definir algunos detalles como la ubicación de la etiqueta, el bordado o la utilización de tejidos desconocidos.

A continuación se expone una descripción de producto a modo de ejemplo, con características similares al formato utilizado en Colchones 19 de Febrero.

Tabla 2

Ejemplo de una ficha de proyecto/ apartado de composiciones.

PRODUCTO		
Detalles	Tipología	Simple
	Vivo	Celeste (-6903)
	Bordado	N° 132
Tapa matelaseada	Diseño matelaseado	Matelaseado V16 8*3
	Foto tapa	
	Tejido	Tejido de punto gris (-8989)
	Fibra	-
	Espuma 1	20 mm Espuma blanca
	Espuma 2	20 mm Espuma blanca
Pillow	Foto Pillow top	
	Tejido	
	Diseño mat.	
	Capa 3	
	Capa 2	
	Capa 1	
Cabecera	Foto Cabecera	
	Tejido	Tejido Jackuard Blanco (-7894)
	Capa 1	
Composición	Capa 7	-

interna	Capa 6	-
	Capa 5	-
	Capa 4	-
	Capa 3	45 mm Espuma Blanca
	Capa 2	170 mm Espuma verde
	Capa 1	45 mm Espuma Blanca
Observaciones	Garantía	5 Años C19F
	Altura (cm)	30 cm

Nota: Los espacios que se observan vacíos es porque este modelo de producto en particular no está compuesto por estos ítems.

Fuente: elaboración propia

Observaciones.

Las observaciones realizadas durante el proceso de prototipado fueron claves para la justificación de esta investigación. La empresa no posee un registro en el que conste la cantidad de cambios o reprocesos que sufre un prototipo. Como se mencionó anteriormente el proceso de aprobación de un prototipo consta de una reunión informal, con un grupo multidisciplinario que valida la estética del prototipo en cuestión. Los posibles resultados de esa reunión pueden ser “aprobado”, “no aprobado” o “requiere cambios o ajustes”. La falta del modelo digital hace que, muy a menudo, el prototipo físico fabricado requiera ajustes, con todo lo que eso implica en materia de desperdicios.

A continuación se expone un extracto de la tabla de observación utilizada, en la cual se evidencian los componentes de 4 productos y las observaciones sobre cada uno de ellos. Se seleccionó esta porción dada su representatividad en materia de desperdicios y retrabajo, estos 4 prototipos fueron fabricados en el transcurso de una semana. Se puede observar como 3 de los 4 prototipos seleccionados requirieron cambios de distintos tipos, todos ellos apuntando a cuestiones estéticas que podrían haber sido validadas bajo un esquema híbrido digital.

Tabla 3

Componentes de un prototipo y aprobaciones.

Componente	Producto			
	Astor	Lex	Barca	Bulgari
Tipología	OK	OK	NO OK	OK
Tela de cabecera	OK	OK	OK	OK
Dibujo de cabecera	OK	NO OK	OK	OK
Tela de tapa	OK	OK	OK	OK
Dibujo de tapa	OK	OK	NO OK	OK
Bordado	OK	NO OK	NO OK	NO OK
Etiqueta	OK	OK	OK	OK
Vivo perimetral	OK	OK	OK	OK

Nota: Los cambios solicitados a estos productos implican el reemplazo de 3 cabeceras, dos tapas matelaseadas y el total de los vivos perimetrales en las 3 unidades.

Bibliografía

3DALIA. (2020, 24 de enero). *El prototipado. Conoce sus ventajas en el diseño de producto.*

<https://3dalia.com/el-prototipado-conoce-sus-ventajas-en-el-diseno-de-producto/>

10 maneras en que la industria del colchón utiliza la IA. (2024, 22 de mayo).

DigitalDefynd. <https://digitaldefynd.com/IQ/ai-in-mattress-industry/>

Alva-Breña, K. A., Espíritu-Asencios, A. K., & Vargas, C. Z. (2024). *Herramientas de manufactura esbelta integradas con tecnologías de la Industria 4.0 para la eficiencia operativa: Revisión sistemática.* LACCEI.

https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/papers/Contribution_555_final_a.pdf

Antoranz, P. (2024, 19 de julio). *Manufactura esbelta y su relación con el diseño de producto.* I-MAS.

<https://i-mas.com/en/lean-manufacturing-and-its-relationship-with-product-design/>

Boston Consulting Group. (2015). *Industrie 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.* BCG

https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2023). *Según la*



CEPAL, la inteligencia artificial ya impulsa la productividad en América Latina y el Caribe, pero aún enfrenta barreras para su expansión. CEPAL.

<https://www.cepal.org/es/notas/segun-la-cepal-la-inteligencia-artificial-ya-impulsa-la-productividad-america-latina-caribe>

Cómo elegir el mejor software de CAD 3D: Una guía exhaustiva. (s/f). *Laboratorios de Form.* <https://formlabs.com/latam/blog/software-cad/>.

Cooper, R. G. (2011). *Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch*. Basic Books.

Franklin, B. (1732). *Poor Richard's Almanack*.

<https://ia803400.us.archive.org/26/items/poorrichardsalma00franrich/poorrichardsalma00franrich.pdf>

Guzmán Cahiguango, M. J., & Cadena Echeverría, J. L. (2023). Influencia de Lean manufacturing en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en un estudio de caso múltiple en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 1200. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8763

Haw, J. (2024, 29 de marzo). *Del prototipo a la producción: Escalado para la producción en masa*. OpenBOM.

<https://www.openbom.com/blog/from-prototype-to-production-scaling-for-mass-manufacturing>

Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI.

<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

Ingeniería asistida por ordenador (CAE). (s/f). *Software de industrias digitales Siemens*.

<https://www.sw.siemens.com/es-ES/technology/computer-aided-engineering-cae/>

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). (2024). *Transformación Digital e Industria 4.0: Compilación de Ponencias*. INTI.

https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/comunicacion/gacetillas-2024/eventos/jornadas-40/trabajos_red_4-0_10_2.pdf

Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (15a ed.). McGraw-Hill Education.

Kotler, P., & Armstrong, G. (2012). *Marketing* (14a ed.). Pearson Educación.

Lean Manufacturing: What is Lean Manufacturing and the 5 Principles Used? (s/f).

Twilight.com.

<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-lean-manufacturing>

Liker, J. K. (2004). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante*.



más grande del mundo. Gestión 2000.

Observatorio PYME. (2024). *Informe Especial: Ánimo inversor y proyectos frenados en las PyME. Situación actual y perspectivas*. Fundación Observatorio PYME.

<https://www.observatoriopyme.org.ar/courses/informe-especial%3A-%C3%A1nimo-inversor-y-proyectos-frenados-en-las-pyme.-situaci%C3%B3n-actual-y-perspectivas>

Ohno, T. (1988). El sistema de producción de Toyota: Más allá de la producción a gran escala. Productivity Press.

Porter, M. E. (1985). Ventaja Competitiva: Creación y Sostenimiento de un Rendimiento Superior. Pirámide.

Rapid prototyping vs traditional prototyping. (2024, 15 de diciembre). *iamRapid*.

<https://iamrapid.com/knowledge-hub/rapid-prototyping-vs-traditional-prototyping/>

Real Academia Española. (s.f.). *Eficiencia*. En *Diccionario de la lengua española*.

<https://dle.rae.es/eficiencia>

Schmidt, M. A. (2024). El sistema de control de calidad y la industria 4.0: estudio de caso de una empresa manufacturera de Santa Fe. Universidad Nacional de Rafaela.

Repositorio Institucional Digital UNRaf.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2004). Product design and development (3a ed.). McGraw-Hill Education.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking: Cómo Utilizar el Pensamiento Lean para Eliminar los Desperdicios y Crear Valor en su Empresa. Gestión 2000.

Young, S. (2024, Abril). *Revolutionizing Textile And Apparel Manufacturing Through Digitization*. Textile World.

<https://www.textileworld.com/textile-world/knitting-apparel/2024/04/revolutionizing-textile-and-apparel-manufacturing-through-digitiza>

