



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE COMERCIO Y ADMINISTRACIÓN

UNIDAD SANTO TOMÁS

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA EL AHORRO ENERGÉTICO DE UNA MEDIANA EMPRESA DEL RAMO TEXTIL

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS**

PRESENTA:

FREDY GARCÍA ORTEGA

DIRECTORAS DE TESIS:

MARÍA DEL ROCÍO SOTO FLORES

SUSANA ASELA GARDUÑO ROMÁN



MEXICO, CDMX, JUNIO 2022

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Índice | |
| Índice de figuras..... | 4 |
| Índice de tablas..... | 6 |
| Siglas y abreviaturas..... | 7 |
| Glosario..... | 8 |
| Resumen..... | 10 |
| Abstract..... | 11 |
| Introducción..... | 12 |
| Capítulo 1. Generalidades de la industria textil y su relación con la energía eléctrica. | 15 |
| 1.1 El sector textil en la industria de la transformación..... | 17 |
| 1.1.1 Clasificación de las empresas | 17 |
| 1.1.2 Etapas del proceso productivo en la industria textil..... | 24 |
| 1.1.3 La evolución de las fibras y los materiales. | 33 |
| 1.1.4 La modernización en la industria textil. | 41 |
| 1.2 Participación de México en la industria textil. | 46 |
| 1.2.1 Situación actual de la industria textil en México..... | 49 |
| 1.3 La empresa bajo estudio..... | 55 |
| 1.3.1. Planteamiento del problema. | 57 |
| 1.3.2 Enunciado del problema..... | 59 |
| 1.3.3 Objetivo general | 59 |
| 1.3.4 Objetivos específicos..... | 59 |
| 1.3.5 Preguntas de investigación. | 60 |
| 1.3.6 Justificación | 60 |
| Capítulo 2. Innovación tecnológica y ahorro energético. | 64 |
| 2.1 Innovación tecnológica..... | 65 |
| 2.1.1 Etapas del ciclo de vida | 68 |
| 2.1.2 Clasificación de la innovación..... | 70 |
| 2.1.3 Tecnologías disruptivas | 75 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2 Ahorro energético | 79 |
| 2.2.1 Marco regulatorio de la energía..... | 85 |
| 2.2.2 Ley de transición energética..... | 88 |
| 2.2.3 Reforma energética en México..... | 91 |
| Capítulo 3. Metodología de la investigación..... | 95 |
| 3.1 Esquema metodológico..... | 95 |
| 3.2 Método de investigación..... | 95 |
| 3.3 Tipo de estudio..... | 96 |
| 3.4 Población y muestra..... | 97 |
| 3.5 Recopilación de datos..... | 98 |
| 3.6 Análisis e interpretación de datos recopilados..... | 103 |
| Capítulo 4. Propuesta de acciones de mejora para incrementar el ahorro energético en la empresa bajo estudio | 108 |
| 4.1 Integrar bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia..... | 110 |
| 4.2 Sustituir las luminarias actuales por tecnología LED..... | 116 |
| 4.3 Reemplazo de motores convencionales por equipos de alta eficiencia..... | 120 |
| 4.4 Uso de energía solar en iluminación de pasillos y oficinas..... | 124 |
| 4.5 Compra de maquinaria moderna para reemplazar la existente..... | 129 |
| 4.6 Implementación de sistemas de presencia y equipos inteligentes para sistemas de iluminación..... | 134 |
| Conclusiones..... | 139 |
| Recomendaciones..... | 144 |
| Referencias | 147 |

Índice de figuras.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Principales sectores de la industria de la transformación. Fuente: INEGI (2016) | 19 |
| Figura 2. Proceso productivo textil. Elaboración propia con base en el autor Sánchez Maza (2012)..... | 26 |
| Figura 3. Urdidora de tejido plano. Derechos reservados Moreno Soppelsa, Italia,2006. | 30 |
| Figura 4. Clasificación de fibras y materiales. Elaboración propia con base al autor Jesús Vázquez (2019) | 35 |
| Figura 5. Variación de la oferta de materia prima en la industria textil, 1980-2016 Fuente: Gupta (2009)..... | 41 |
| Figura 6. Línea de tiempo de la industria textil. Elaboración propia con base en el Instituto de Investigación Textil, Terrassa, España (2019)..... | 46 |
| Figura 7. Participación en la industria manufacturera textil por actividad. Elaborado en base a datos del INEGI (2016)..... | 50 |
| Figura 8. Top 15 industrias manufactureras a nivel mundial en los últimos 50 años. Fuente: IHS Global Insight. McKinsey Global Institute (2011)..... | 55 |
| Figura 9.. Estructura organizacional. Basada en el organigrama de la empresa bajo estudio (2018)..... | 58 |
| Figura 10. Comportamiento del ciclo de vida de las tecnologías disruptivas actuales. Análisis del Instituto de Estudios Empresariales, Uruguay (2018). | 77 |
| Figura 11. Alcances del ahorro energético. Esquema propuesto por el Instituto para la diversificación y el ahorro de energía (2020)..... | 82 |
| Figura 12. Estrategia internacional acerca del cambio climático. Elaborada en base a datos de SEMARNAT (2017) | 87 |
| Figura 13. Cantidad de emisiones de CO2 producidas globalmente. Desarrollado por la Organización Latinoamericana de Energía (2017) | 90 |
| Figura 14. Esquema metodológico de la investigación. Elaboración propia con base en la Scottish Qualifications Authority (2009). | 96 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 15. Señal senoidal trifásica monitoreada en la planta. Obtenido del estudio de calidad de la energía realizado en la planta bajo estudio (2021). | 101 |
| Figura 16. Comportamiento del factor de potencia en el último año. Elaborado a partir de los informes eléctricos proporcionados por CFE a la empresa bajo estudio (2021) | 105 |
| Figura 17. Relación de consumo de energía por zonas. Elaborado a partir de los informes eléctricos del estudio de calidad de la energía realizado a la empresa bajo estudio (2021). | 106 |
| Figura 18. Triángulo de potencias. Elaboración propia a partir del autor Navarrete (2017). | 112 |
| Figura 19. Banco de capacitores. Diseño de Schneider Electric (2018). | 114 |
| Figura 20. Relación costo beneficio de la adquisición de bancos de capacitores. Elaboración propia en base a los datos proporcionados (2022). | 115 |
| Figura 21. Amortización de la inversión, al adquirir un banco de capacitores. Elaboración propia en base a los datos proporcionados (2022). | 116 |
| Figura 22. Comparativa tubo tipo fluorescente con un equivalente tecnológico tipo LED. Diseño de la empresa Ilumileds (2022) | 119 |
| Figura 23. Recuperación de la inversión y amortización para el reemplazo de luminarias. Elaboración propia con base a los datos proporcionados (2022). | 120 |
| Figura 24. Características técnicas de los motores de alta eficiencia. Fuente: Ficha técnica Siemens (2022). | 122 |
| Figura 25. Recuperación de la inversión y amortización para la compra de motores de alta eficiencia. Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022). | 123 |
| Figura 26. Ejemplo de algunas celdas instaladas en casos similares al propuesto. Fuente: Paneles de la empresa Q-cells (2022). | 128 |
| Figura 27. Amortización en la compra de celdas solares. Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022). | 129 |
| Figura 28. Máquina de teñido para industria textil. Diseño de la empresa alemana Fongs (2020). | 132 |
| Figura 29. Amortización por compra de maquinaria sin ganancias. Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022). | 134 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 30. Amortización por compra de maquinaria, solo con beneficios adicionales. Elaboración propia con base a los datos proporcionados (2022). | 134 |
| Figura 31. Sensor de presencia típico con tecnología PIR e interruptor horario digital. Diseño de la empresa Legrand (2022). | 136 |
| Figura 32. Instalación de sensores en techos o muros, indicando un cono de detección estándar. Basado en el manual de instalación de la empresa Legrand (2022). | 137 |
| Figura 33. Análisis de retorno inversión en oficinas contemplando el estimado mínimo y máximo. Elaboración propia con base a los datos obtenidos (2022). | 138 |
| Figura 34. Análisis de retorno inversión en pasillos contemplando el estimado mínimo y máximo. Elaboración propia con base a los datos obtenidos (2022). | 139 |
| Figura 35. Resumen de inversión total / grafico de suma de inversiones. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022). | 140 |
| Figura 36. Comparativo de consumos eléctricos en los próximos 5 años, con y sin la propuesta de mejora. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022). | 142 |
| Figura 37. Montos calculados en 5 años, con y sin implementación. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022). | 142 |

Índice de tablas.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Esquema tarifario vigente..... | 88 |
| Tabla 2. Tarifa para clasificación GDMTO..... | 89 |
| Tabla 3. Consumo de los últimos periodos de la empresa bajo estudio con un factor de potencia < 85% | 102 |
| Tabla 4. Datos de facturación con cargos adicionales de la empresa bajo estudio..... | 103 |
| Tabla 5. Valores máximos RMS para los transformadores principales de la planta. | 105 |
| Tabla 6. Esquema de propuesta de mejora sugerido | 110 |
| Tabla 7. Cálculo de cargos y bonificaciones según el periodo medido. | 113 |
| Tabla 8. Cálculo de inversión y amortización de la adquisición de bancos de capacitores ... | 115 |
| Tabla 9. Conteo de lámparas actuales en la empresa bajo estudio | 118 |
| Tabla 10. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de equipo con tecnología LED . | 120 |
| Tabla 11. Relación de motores en la empresa | 122 |
| Tabla 12. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de motores de alta eficiencia. . | 123 |
| Tabla 13. Análisis de caso contemplando el consumo total de luminarias existentes. | 126 |
| Tabla 14. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de motores..... | 128 |
| Tabla 15. Relación de maquinaria con más de 30 años de antigüedad. | 131 |
| Tabla 16. Análisis para adquisición de una máquina de teñido marca Fongs, diseño alemán. | 132 |
| Tabla 17. Análisis de costo beneficio en la compra de una maquinaria nueva. | 133 |
| Tabla 18. Relación de sensores necesarios para la propuesta y costos unitarios..... | 137 |
| Tabla 19. Análisis de costos en inversión de sensores de presencia..... | 138 |
| Tabla 20. Resumen de propuestas de mejora..... | 141 |
| Tabla 21. Resumen de beneficios obtenidos por la empresa de acuerdo con la propuesta de mejora..... | 144 |

Siglas y abreviaturas.

ARE – Analizador de redes eléctricas.

AME – Asociación Mexicana de Energía.

BMS – Building Management System (Sistema de administración de edificios).

CENACE – Centro Nacional de Control de Energía.

CFE – Comisión Federal de Electricidad.

CONUEE – Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

DOF – Diario Oficial de la Federación.

ECEE – Estudio de calidad de energía eléctrica.

FAO – Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura).

FBM – Facturación básica medida.

FIDE – Fideicomiso para el ahorro de la energía.

GDMTH – Gran demanda en media tensión horaria.

HP – Horse Power (Caballos de potencia).

I + D – (Departamento) Investigación y Desarrollo.

IEA – International Energy Agency (Agencia de Energía Internacional).

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

IoT – Internet of things (Internet de las cosas).

kWh – Kilowatt hora.

OEM – Original Equipment Manufacturer (Fabricante de equipo original).

OCDE - Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización para la cooperación económica y desarrollo).

PEMEX – Petróleos Mexicanos.

PIB – Producto interno Bruto.

ROI – Return of Invest (Retorno de Inversión).

Semarnat – Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sener – Secretaría de Energía.

TLCAN – Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Glosario.

Cardado – Proceso mediante el cual las fibras textiles son pasadas por unas máquinas que eliminan las fibras más cortas, unen, estiran y tuercen las restantes en paralelo para formar el hilo que se usará para confeccionar prendas (Gupta, 2017).

e-commerce – (del inglés electronic commerce, comercio electrónico) surge para determinar a todas aquellas transacciones comerciales en las que interviniesen medios electrónicos conectados, con actividades que se enfocan más allá de la simple venta por internet (Asturias, 2020).

Efecto Flicker – Fenómeno visual que se presenta en lámparas producto de una fluctuación brusca en la alimentación eléctrica. Produce cierta molestia en la vista de los seres humanos y puede causar problemas de salud si se expone por un largo tiempo (Pila, 2010).

Empresas OEM – Sector y actividades de un determinado grupo de empresas y trabajadores, dedicados a diseñar, fabricar y patentar maquinaria para procesos industriales. El diseño puede ser innovador, o enfocarse en la mejora de ciertas partes de un proceso (Olmedo, 2012).

Enconadora – Máquina que tiene la función de disponer los hilos en un rollo o cono para su venta directa o como preparación para un proceso posterior (Khan, 2017).

Factor de potencia – Es la relación existente entre la potencia aparente y la potencia activa, tratando siempre de que la potencia activa se acerque lo más posible a la potencia aparente. Se utiliza como una medida de la eficiencia o rendimiento de un sistema eléctrico y el correcto aprovechamiento de la energía suministrada (Navarrete, 2017).

Luz LED – Nombrado por las siglas en inglés Light Emitting Diode, es una tecnología que usa las propiedades de un material semiconductor que tiene la capacidad de emitir luz al aplicar energía eléctrica en sus terminales. Debido a que tiene un bajo consumo, está siendo empleado para sustituir a otro tipo de luminarias existentes (Villegas, 2013).

Machine Learning – Traducido al español como *aprendizaje automático*, se refiere a un algoritmo de programación de inteligencia artificial que permite a un sistema aprender de los datos recopilados en lugar de funcionar de forma cíclica según se le programe; mediante una secuencia de entrenamiento inicial, el sistema puede predecir las fallas presentadas anteriormente, y tomar acciones preventivas (Hurwits, 2018).

Paquete completo - Conjunto de actividades productivas que incluye la fabricación de una prenda completa, formar vínculos con los fabricantes y los productores nacionales que proveen otros materiales, de modo que se abarque mayor mercado (Calderón, 2012).

Pico de voltaje – Perturbación de corta duración en una o más fases de la red eléctrica, también conocido como transitorio, que suele ocasionar fallas en los dispositivos electrónicos o reducir su vida útil (Sánchez T. , 2013).

Silicatos – Formados de la unión de silicio y oxígeno, también denominados sales del ácido silícico, son los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Ocupan el 92% de la superficie continental, constituyendo componentes básicos de rocas, arenas y arcillas. Presentan elevada dureza debido a su estructura tetraédrica. Son utilizados en agricultura y como materia prima para procesos químicos y de construcción (Asociación Minerológica, 1995).

Urdido – Proceso de fabricación de tejidos que consiste en colocar varios hilos que pueden llegar a las centenas unos al lado del otro previo a entretejerlos con otro hilo que pasa perpendicularmente para formar telas (Cassidy, 2017).

Resumen.

La industria textil es una de las pioneras en la revolución industrial y el pilar económico y comercial de muchos países debido a la facilidad en sus procesos lo que permite a las empresas combinar el uso de tecnología y maquinaria de segunda mano en conjunto con técnicas artesanales o que requieren una constante intervención del trabajador, lo que diversifica los métodos de convertir la materia prima en diversas prendas y artículos de uso diario y ofrece una amplia gama de alternativas. Esto ha ocasionado la formación de empresas híbridas, aquellas con equipos discontinuados en otros países y combinando una alta intervención del operador, las cuales pueden generar un volumen importante de producción con poca inversión, a costa de la calidad del producto y un alto índice de reprocesos y devoluciones. Debido a esto, las empresas textiles se enfrentan a una falta de refacciones originales y soporte especializado, y con equipo eléctrico de baja eficiencia y alto consumo, lo que eleva sus costos de operación y refaccionamiento limitando el crecimiento del sector.

Con las continuas regulaciones en energía en varios países, incluido México, derivado de los crecientes costos en generación y distribución de energía, y las posturas ecológicas que obligan a una menor dependencia de combustibles fósiles y el uso de energías alternativas, las empresas se han visto forzadas a implementar innovaciones tecnológicas en sus procesos. Al realizar un estudio de campo en una mediana industria del ramo textil, se propone analizar los procesos y equipos eléctricos utilizados y establecer acciones de mejora en base a la integración de equipos que utilicen innovación tecnológica en el sector y que contribuyan al ahorro energético en la empresa en general. Se utiliza un enfoque cuantitativo en base a datos históricos de consumo eléctrico de la empresa y estudios de calidad que indiquen los puntos críticos a corregir. Los equipos propuestos se analizaron en base a desempeño, ahorro energético y adaptación a los equipos presentes en la planta bajo estudio. Con un análisis costo beneficio y retorno de inversión proyectado a 5 años se demuestra que el proyecto de mejora es factible y se concluye un ahorro promedio del 22% observable en beneficios económicos que recibe la empresa, reduciendo el consumo eléctrico y evitando multas de la compañía eléctrica.

Abstract.

The textile industry is one of the pioneers in the industrial revolution and the economic and commercial pillar of many countries due to the ease of its processes, which allows companies to combine the use of technology and second-hand machinery in conjunction with artisanal techniques that requires a constant intervention of the worker, which diversifies the methods of converting the raw material into various garments and articles of daily use and offers a wide range of alternatives. This has caused the formation of hybrid companies, those with discontinued equipment in other countries and combining a high intervention of the operator, can generate a significant volume of production with little investment, at the expense of product quality and a high rate of rework and repayments. Due to this, textile companies face a lack of original spare parts and specialized support, and with low-efficiency and high-consumption electrical equipment, which raises their operating and refurbishment costs, limiting the sector's growth.

With the continuous energy regulation in several countries, including Mexico, derived from the growing costs in generation and distribution of energy, and the ecological positions that force a lower dependence on fossil fuels and the use of alternative energies, companies have been forced to implement technological innovations in their processes. Carrying out a field study in a medium-sized textile industry, it has proposed to analyze the processes and electrical equipment used and establish improvement actions based on the integration of equipment that uses technological innovation in the sector and that contributes to energy savings in the company in general. A quantitative approach is used based on historical data on the company's electricity consumption and quality studies that indicate the critical points to be corrected. The proposed equipment was analyzed based on performance, energy saving and adapted to the equipment present in the industry under study. With a cost-benefit analysis and projected return on investment for 5 years, it is shown that the improvement project is feasible and an average saving of 22% is concluded in the economic benefits received by the company, reducing electricity consumption, and avoiding fines from the company electrical.

Introducción.

El constante crecimiento de la población y sus necesidades generan dos puntos críticos importantes que todas las empresas manufactureras deben tomar en cuenta: la necesidad constante de ofrecer una característica distintiva e innovadora que mantenga el producto vigente y al alcance de todos y la obligación, tanto gubernamental como social, de reducir los recursos en el proceso de fabricación sin sacrificar calidad en el producto. En la última década las empresas le han dado más importancia al término ahorro energético; esta tendencia se ha acelerado en los últimos cuatro años impulsada por inversiones globales en innovación tecnológica, un aumento en la competencia, que involucra empresas del mismo ramo locales e internacionales y un encarecimiento en la generación de energía que resulta cada día insuficiente para las necesidades y a mayor precio por kilowatt consumido. Y tan solo es el comienzo: Se estima que en los próximos 30 años la demanda de energía crecerá en un 37% a medida que los combustibles fósiles (que representan más del 60% de los métodos utilizados para la generación de energía) sean más escasos. En el caso de las empresas textiles (cuyas inversiones en tecnología en los últimos 10 años han sido las más bajas registradas comparada con otras industrias de la transformación) la problemática es mayor.

El presente trabajo explora las alternativas por las que las empresas con bajo aprovechamiento energético puedan optar para mejorar su ahorro o impulsar la innovación tecnológica en sus procesos, realizando inversiones con tiempos de recuperación a corto y mediano plazo y que mejoren las condiciones eléctricas en la planta industrial. En el capítulo 1 se revisan los antecedentes históricos, de modo que se entienda el origen del panorama actual de la industria textil en México y la problemática que enfrenta actualmente. El capítulo 2 analiza las variables estudiadas a través de diversos autores y enfoques en distintos sectores productivos. El capítulo 3 describe la metodología empleada en esta investigación, así como los datos recopilados para su análisis y finalmente la propuesta de mejora se enuncia en el capítulo 4. Se espera que los datos y la metodología empleada pueda servir de modelo para replicarse en organizaciones que enfrenten los mismos problemas o que deseen

una reducción en su consumo eléctrico con una inversión moderada. Por cuestiones de tiempo en la investigación, este trabajo no contempla el uso de buenas prácticas y hábitos de los usuarios para el uso austero de la energía, capacitaciones, cursos, equipo o cableado dañado o en mal estado que afecte el desempeño eficiente del sistema eléctrico y el uso de softwares especializados de gestión de energía. Se propone la energía solar como alternativa para la energía eléctrica en la industria bajo estudio, pero también pueden ser válidas otras opciones más amigables con el medio ambiente que los combustibles fósiles como combustibles alternativos con base en hidrógeno, etanol, biocombustibles, plantas de cogeneración o basadas en gas natural.

Aquellas organizaciones que están haciendo esfuerzos por adaptarse y brindar soluciones a las necesidades de sus clientes tienen mayores posibilidades de seguir vigentes en las nuevas tendencias en el mercado, adaptándose a las necesidades del consumidor; aquellas que permanezcan estáticas, o dependientes de procesos obsoletos o poco eficientes, empezarán a quedarse rezagadas en el mercado, generando costos que minen la calidad del producto y finalmente, condenadas a desaparecer. El mercado global está cambiando cada vez más rápido y solo las empresas que apuesten por la constante innovación tienen mejores oportunidades de permanecer con un crecimiento constante.



CAPÍTULO 1

Generalidades de la industria textil y su relación con la energía eléctrica

Capítulo 1. Generalidades de la industria textil y su relación con la energía eléctrica.

La energía eléctrica es de vital importancia en la vida cotidiana. Es un insumo de primera necesidad para cualquier país o ciudad, sin importar su tamaño, garantiza el bienestar y funcionamiento económico para un país con un alto impacto social. Es esencial en los procesos de producción y consumo, en los medios de transporte y en el hogar, así como en los servicios de salud y educación. Sin embargo, a pesar de su importancia, según las estadísticas de la Secretaría de Energía en México, se ha detectado un bajo aprovechamiento energético de la energía suministrada en hogares e industrias, donde el promedio detecta un porcentaje que va del 10 al 30% se desperdicia o se usa de forma ineficiente debido al cableado inadecuado, sobrecarga en los circuitos, equipos obsoletos o a consecuencia de malos hábitos de consumo en la población (Secretaría de Energía, 2018). Debido a los altos costos que se requieren para producirla, se deriva la necesidad de mejorar el correcto aprovechamiento y ahorro energético enfocado en las industrias, el sector que representa el mayor consumo de recursos energéticos, y en donde se deben implementar las medidas de ahorro energético para reducir los costos y acrecentar las barreras técnicas, políticas y de información. Aunque muchos países han fomentado la modernización e innovación tecnológica en las industrias en las últimas dos décadas, siguen existiendo numerosas instalaciones poco eficientes (IEA, 2008).

No solo existe un interés económico en aprovechar mejor la energía eléctrica y reducir los costos de producción. El constante crecimiento de población y de sus necesidades, así como el crecimiento de otros problemas derivados del uso excesivo de la energía eléctrica, como el calentamiento global o el aumento de la emisión de gases nocivos para el ambiente, principalmente CO₂, exige a las organizaciones reguladoras internacionales implementar medidas obligatorias para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento de la energía eléctrica, fomentando el ahorro y evaluando las técnicas de producción de las empresas fabricantes. De este modo se

pretende en los próximos años que el nivel de aprovechamiento de la energía en las industrias sea igual o superior al 95% y en un plazo menor a 20 años, se incremente al 97% además de que la dependencia por energías producidas por carbón o gas natural se reduzca al 36%. Asimismo, se espera que el uso de energías renovables suba a un 35% y en un plazo de 20 años se alcance el 50% del consumo actual (Servicio Público de Energía Eléctrica, 2018).

La presente investigación se orienta a identificar los beneficios económicos que se pueden obtener al crear un ambiente de ahorro, evaluando los procesos de producción comunes en las plantas textiles, sus consumos energéticos y el potencial de ahorro energético para un mejor aprovechamiento de los recursos y contemplar la factibilidad de implementar innovación en equipos de proceso, equipos inteligentes de gestión energética y nuevas fuentes de energía alternativa, necesarios para una producción más limpia y ecológica y con un costo de inversión menor que puedan atraer a empresarios y directivos a adoptar estas nuevas medidas. Se contempla una industria textil clasificada como pequeña industria analizando su configuración y tamaño, ubicación geográfica, características de los procesos, maquinaria y tipo de productos que maneja.

Se contempla también comparar ciertos indicadores de consumo obtenidos a través de procesos de monitoreo, estudios, reportes y verificación para ser tomados como parámetros de referencia, identificar el potencial de mejora analizando ofertas tecnológicas innovadoras que puedan ser elegibles mediante un análisis costo beneficio y que a su vez busque beneficios en los consumos y las buenas prácticas. Se contemplan los distintos niveles de inversión, cálculo de periodos de retorno y los ahorros estimados.

1.1 El sector textil en la industria de la transformación.

Las actividades económicas comprenden los procesos que obtienen o transforman un producto, destinado a cubrir una necesidad o deseo y son la base de la economía de los países. En los diversos indicadores de censos en México se tiene a la industria textil como el sector número 10 en actividades económicas, con una mayor importancia e impacto económico en países en vías de desarrollo; la importancia de estos sectores se debe a que requieren una constante participación e interacción con diversas empresas enfocadas a servicios de mantenimiento y refacciones y presta un importante apoyo en microempresas manufactureras como complemento de sus procesos, además de la elaboración de prendas o distribución de mercancía terminada, por lo que una sola empresa textil puede generar cientos de empleos directos e indirectos. Comúnmente la industria textil se encuentra dominada por pequeñas y medianas empresas con un sector homogéneo que combina automatización y tecnología en ciertas secciones del proceso, así como secciones 100% operadas de forma manual. Para una mejor comprensión de las necesidades y entender mejor la importancia de cada grupo, se utilizan diversos indicadores para clasificar las empresas en base a distintos criterios. De este modo, se garantiza una mejor explotación de los recursos disponibles y estudiar los campos de acción de cada sector de forma más eficiente (Bautista, 2000).

1.1.1 Clasificación de las empresas

Para entender mejor el posicionamiento de la industria textil y su importancia a través del desarrollo de industrias más grandes, se describen a continuación diversas clasificaciones según la Clasificación mexicana de actividades y productos (INEGI, 2016). Cada clasificación analiza diversos factores y criterios que pueden posicionar una misma empresa en distintos grupos. Esto permite crear asociaciones que fomenten acciones o acuerdos que benefician a un grupo o sector, y faciliten la producción del bien a consumir.

Basándonos en la clasificación de la FAO, las empresas se agrupan en 3 sectores principales:

Sector Primario. Conformado por actividades enfocadas en la agricultura, pesca, caza, ganadería, aprovechamiento forestal y la minería (solo extracción). Dentro de este sector se consideran los recursos renovables del país como los no renovables (Blanco, 2008). Las industrias textiles dependen de este sector para obtener materias primas de origen animal y vegetal, como son lana, algodón, lino y otros que mencionaremos en capítulos posteriores.

Sector Secundario. Junto con el sector primario, utilizan bienes tangibles. Está formado por las industrias y los diversos productos que fabrican. A su vez, este sector se divide en cuatro grandes grupos: Generación y distribución de electricidad, Petróleo y sus derivados, manufactura e industria de la transformación. Las industrias textiles entran en este rubro, aunque dependiendo de su extensión y los tipos de productos que procesen, pueden caer en distintas clasificaciones.

Sector terciario. Son actividades que no producen mercancías, pero que son necesarias para el buen funcionamiento de los otros sectores. En este apartado se contemplan los servicios profesionales, el comercio, transportes, comunicaciones y actividades del gobierno (Serna G. M., 2011). Las empresas textiles conviven activamente y en todos los niveles con el sector terciario. Este puede desarrollarse

con profesionistas especializados nacionales, o depender de tecnología y especialistas internacionales líderes en innovación del ramo textil.

De acuerdo con el censo efectuado por el INEGI, la industria que prolifera mayoritariamente en México se especializa en la elaboración de productos alimenticios, bebidas y tabaco, seguida de empresas dedicadas a la elaboración de maquinaria industrial y de servicio, así como equipo con diseño o características únicas y originales. Estas empresas se denominan OEM por sus siglas en inglés (Monroy, octubre 2021). Comparte la sexta posición del grupo y engloba la elaboración y preparación de materia prima, así como la manufactura de prendas de vestir y otros productos textiles (INEGI, 2016). En la figura 1 se aprecia la división de las principales industrias y el grado de participación de cada sector.



Figura 1. Principales sectores de la industria de la transformación. Fuente: INEGI (2016)

Como puede observarse, hay una tendencia mayor hacia las empresas que transforman o fabrican productos de primera necesidad, como son los alimentos y bebidas, de bajo costo en fabricación y aquellas destinadas para consumo frecuente. El petróleo y el carbón (y otros relacionados como el gas natural o el gas LP) destacan no solo por los productos refinados sino como combustibles y materias primas necesarios para los procesos de otras industrias, incluyendo los transportes. La división de la actividad industrial es un factor clave para el desarrollo económico de

cada país ya que garantiza su autosuficiencia. Cuando destacan las industrias metálicas, derivados del petróleo o aquellas que desarrollan maquinaria y equipos, el nivel económico del país sube considerablemente, ya que los niveles de industrialización, así como el nivel educativo más elevado van a la par con estos sectores, mientras que las actividades agropecuarias y de productos de consumo son más representativos de los países con sistemas económicos más frágiles (Sargano, 2016). Para esta investigación, se identificó una empresa orientada en el área textil, ubicada en el sector secundario y como parte de las industrias de la transformación relacionada con la manufactura como complemento y acabados.

Se conoce como industria de la transformación a la responsable del procesamiento de varios insumos o materias primas, de tal forma que puedan ser transformadas en nuevos artículos o bienes de consumo humano (Serna A. , 2012). Al analizar los procesos de producción, se procura que la materia prima conserve las cualidades y características originales tal como el producto se presenta por naturaleza, con lo que es más económico producirlo (por ejemplo, la suavidad del algodón). Sin embargo, la importancia de los procesos de transformación radica en brindar características específicas a las materias primas que le atribuyan nuevos usos o alarguen su vida útil. Desde este punto de vista, el valor de la materia prima transformada depende de los materiales originales, así como de los procesos y tecnología empleada para transformarlos y volverlos un bien consumible, además de resultar atractivo para el consumidor (Bautista, 2000). Esto engloba la forma, textura, color, durabilidad y otras características que hagan destacar el producto final.

De la misma forma, la industria manufacturera comprende la transformación mecánica, física o química de materiales para obtener productos nuevos, contemplando también los procesos y técnicas empleados para ensamblar partes y componentes, reconstrucción o modernización de maquinaria y equipo industrial. Asimismo, los procesos destinados al acabado de productos, mediante teñidos, tratamientos, adherencia de químicos, aceites, lubricantes, colorantes, resinas, fertilizantes o cualquier producto que contribuya a mejorar las capacidades de la

materia prima (Eraso, 2008). También se contempla el diseño, corte, confección y decorado del producto terminado para adaptarlo mejor al consumidor.

Todo proceso de manufactura requiere de las tecnologías de la transformación. El grado de industrialización de cada sitio varía según la inversión y tamaño del negocio. En este sentido, todo proceso puede entenderse como un sistema en el que diversos insumos interactúan con la tecnología para convertirse en productos. Así, la industria de la transformación es un grupo conformado por recursos, llamados insumos y un número de técnicas, actividades y procedimientos destinados a modificar el estado de los recursos (Zapata, 2014). A todo material que entra al proceso se le denomina corriente de entrada, compuesto por materias primas o insumos y a todo lo que sale potencial de salida, definido como materia prima ya transformada en producto. En el proceso de transformación se incluyen maquinaria, fuentes de energía, mano de obra capacitada, tiempo de proceso y gastos administrativos (Córdoba Nieto, 2016).

Los principales objetivos de las industrias dedicadas a la transformación de la materia prima son los siguientes:

1. Fabricar productos con la mejor calidad, generando una ganancia, y sin que el ciclo productivo represente pérdidas económicas para la empresa.
2. Satisfacer las demandas de la población, de acuerdo con lo que el mercado requiere.
3. Reducir costos sin que esto repercuta en la calidad del producto. En el caso de bienes de consumo como frutas y verduras, basta con la recolección y lavado para su consumo, sin embargo, un gran número de empresas dedican parte del proceso al empaquetado y presentación al público, lo que relaciona al producto y su calidad con una marca.
4. Ser altamente productivo, es decir, alcanzar un equilibrio entre el volumen de productos manufacturados, los recursos utilizados para su producción y su volumen de venta. Todas las empresas aspiran también a un incremento anual en su tasa de producción y procurar que esta no disminuya (INEGI, 2018).

En esencia, la industria de la transformación cumple principalmente con las funciones de adquirir las materias primas, asignar la mano de obra necesaria para su transformación, controlar los costos derivados de la producción y asegurar la correcta finalización del producto y su distribución. El tamaño de los sectores industriales y de la transformación varía en recursos y número de personas que participan en cada empresa y limitan las actividades que se efectúan. Las diversas clasificaciones que reciben utilizan distintos criterios que ayudan a entender mejor la fuerza económica de un país y la forma en como impulsa su desarrollo a nivel mundial (Pineda, 2010).

Para el propósito de esta investigación, se anexan algunos otros tipos de clasificación, que permiten ubicar más a detalle el sujeto de estudio. Cada una analiza distintas características de las empresas y considerando diversos criterios y una misma empresa puede formar parte de distintos grupos y organizaciones en base a su visión de negocio y si esto representa una ventaja competitiva (Azato, 2014).

a) Clasificación por su actividad o giro.

Empresas extractivas. Dedicadas a la explotación de recursos naturales y que son de utilidad para las necesidades del hombre.

Empresas manufactureras. Con la finalidad de transformar materias primas en productos terminados. No se contempla el tamaño de la empresa por lo que no se diferencia desde una empresa artesanal o taller familiar, hasta líneas de ensamblaje automático en una empresa multinacional.

Empresas comerciales. Dedicadas a la compraventa de productos terminados que funcionan como intermediarias entre las empresas productoras y el consumidor. Por el tamaño de sus ventas y canales de distribución se subdividen en minoristas, mayoristas y comisionistas.

Empresas de servicio. Ofrecen actividades que complementan a las otras empresas.

b) Por su origen de capital.

Empresas privadas. A cargo de inversionistas privados con recursos propios y con una intención lucrativa.

Empresas públicas. El capital pertenece al estado, y tiene una finalidad de tipo social. Pueden dar concesiones a empresas privadas o convertirlas en propiedad del estado.

c) Por el tamaño de la empresa.

Según el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2009), se establecen los criterios de estratificación de empresas según el número de trabajadores que la conforman; el número varía dependiendo del giro de la empresa, considerando los giros de industria, comercio y servicios:

- Microempresa: para el giro de industria, se considera en esta clasificación en un rango de 0 a 30 trabajadores, de 0 a 20 para el giro de servicios y de 0 a 5 para comercios.
- Pequeña empresa: Se considera una empresa pequeña si cuenta con 31 hasta 100 trabajadores para el giro de industria, de 2 a 50 para servicios y de 6 a 20 personas para comercios
- Mediana empresa: Se considera una mediana empresa si el número de trabajadores está conformado entre 101 a 500 para industrias, de 51 a 100 en el área de servicios y de 21 a 100 en el giro de comercios.
- Gran empresa: Para contemplar una gran empresa debe contar con más de 500 colaboradores en adelante, y más de 101 trabajadores para el giro de comercios y servicios, sin tener restricción en el número máximo.

En el censo del año 2018, la participación de empresas pequeñas y microempresas presenta una participación del 97.3% en cada uno de los giros, en especial el relacionado al comercio y servicios, sin embargo, empresas multinacionales o aquellas que adquieren, compran o crean alianzas pueden registrar empresas de pequeño y mediano tamaño como forma de especializar una marca en un producto definido o en algunos países como estrategia legal y de impuestos, o porque algunas marcas ya están posicionadas en la mente de los consumidores: como ejemplo podemos mencionar al grupo Sonitex Sonoco de México, categorizada como gran empresa fabricante de productos de embalaje con más de 500 colaboradores que cuenta con distintas plantas a lo largo de México. Con el fin de manejar cada sección

del proceso por separado, la empresa subdivide sus marcas por cada producto que se ocupa en su ramo, lo que deriva en medianas empresas como Bulksac (bolsas y recipientes), Load Runner (cartón corrugado), Shuert Technologies (productos de inyección de plástico) y la matriz Conitex Sonoco (productos textiles, cartones y tubos) Otras posicionan distintas partes del proceso por países o estados, si en estas se encuentra más barata la materia prima o se reducen los costos de fabricación. Aunque forman parte del mismo grupo, muchas veces estas empresas operan con personal, objetivos, misión y visión propios, aunque compartan un mismo producto final (Bautista, 2000).

d) Por criterios

Criterio financiero. Basado en la cantidad de capital y bienes materiales con los que cuentan la empresa. La maquinaria, construcciones, terrenos, medios de transporte y acceso a materia prima.

Criterio de personal ocupado. Basado en el número de trabajadores empleados. Para empresas con menos de 10 trabajadores, se considera una microempresa. Para menos de 50 se considera una empresa pequeña, menos de 250 una empresa mediana y un número mayor a este, contempla una gran empresa. También se toman en cuenta criterios de ventas anuales para clasificar empresas con pocos empleados base, pero que se basan en subcontrataciones o representantes en otras regiones, pero con un volumen alto de ingresos.

Criterio de producción. Basado en el nivel de automatización de sus procesos, y que tanto interviene el personal operador. Los procesos críticos o que representan un riesgo para la vida o la salud son aquellos que exigen un grado mayor de sistematización.

Criterio de ventas. Basado en la demanda del consumidor, la cantidad de producto terminado que la empresa ofrece y las ventas que desplaza

Criterio económico. Basado en las utilidades que la empresa recibe, se utilizan diversos indicadores como el retorno de inversión, Utilidad neta o las tasas de interés (Azato, 2014).

1.1.2 Etapas del proceso productivo en la industria textil

Si observamos una pintura o foto de hace algunas décadas, la mayoría de las personas parecen vestidas con el mismo tipo de prendas y en colores muy similares. Esto se debe a que en esa época la creación y desarrollo de la industria textil se enfocó en utilizar el tejido de fibras de forma eficaz y abundante para formar prendas de vestir básicas que sirvieran de protección contra el clima y que resultara económica, por lo que se encontraban pocas variaciones en la vestimenta y los colores disponibles. Las prendas de vestir con un diseño o elaboración artesanal sólo podían costearse por el clero y la clase alta debido a sus altos costos, e incluso estas se regían por determinados estilos, dadas las limitaciones de diseño de la época. En las etapas del proceso productivo en la elaboración de prendas textiles podíamos resumirlas en cuatro principales: formación del hilo, formación de la tela, proceso de humidificación o tintura, y fabricación de la prenda (Torres, 2017). En la actualidad, la variedad de procesos y materiales utilizados en la industria textil ha obligado a dividirla en varias subcategorías especializadas en cada sección del proceso. Asimismo, la obtención de nuevos materiales y fibras sintéticas ha derivado en una gama de nuevas aplicaciones, y han obligado a modificar los procesos básicos y diversificado las especialidades en las industrias textiles. Aunque no es la intención del presente trabajo ahondar en los procesos de manufactura, se mencionarán las etapas principales, ya que nos serán útiles al momento de hacer el análisis de costos y la propuesta de mejora en los equipos del área de producción.

1.1.2.1 Partes del proceso textil

A continuación, en la figura 2 se incluyen las distintas etapas del proceso de transformación en la industria textil para una amplia gama de materias primas. Aunque la incorporación de nuevos materiales ha modificado la forma de la maquinaria o la obtención de hilos, el procedimiento básico ha variado poco a lo largo de los años. La innovación en el mercado textil en los últimos años se ha enfocado en descubrimiento de nuevas técnicas para la fabricación, que aumenten la velocidad de hilado, reduzcan

la relación de baño o químicos a utilizar, o bien la combinación de telas sintéticas con las naturales para un sinnúmero de nuevas aplicaciones (Hildegunn, 2004).

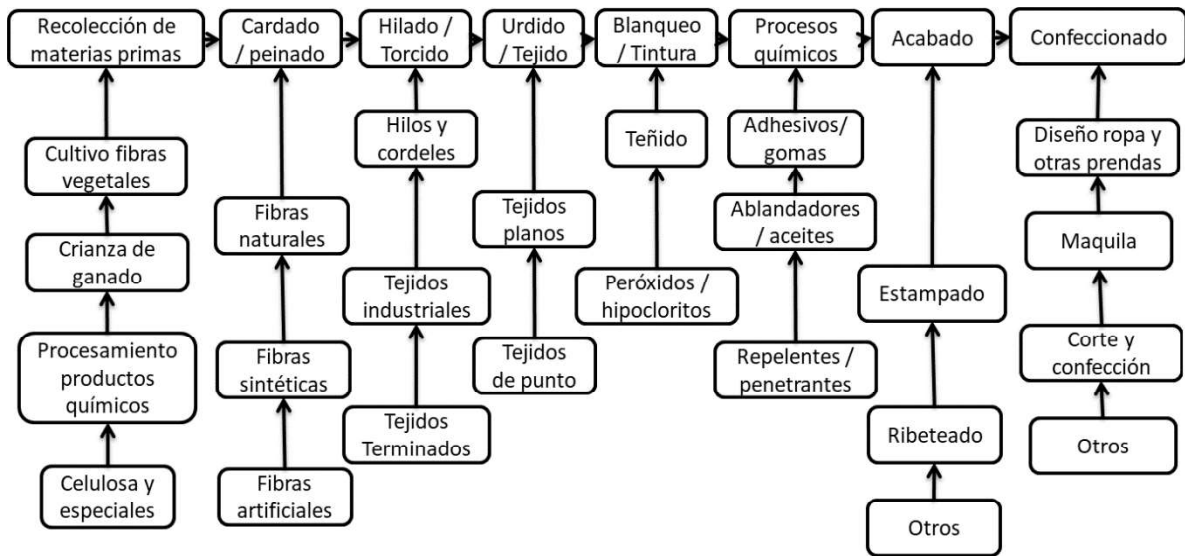


Figura 2. Proceso productivo textil. Elaboración propia con base en el autor Sánchez Maza (2012)

Cabe resaltar que la mayoría de las empresas textiles en el país, no manejan directamente todos los subprocesos enunciados anteriormente y dependen de subcontratar empresas del sector primario que les brinden la materia prima ya preparada y desde la cual comienza su participación y negocio. Como ejemplo se menciona a los proveedores de algodón, a cuyo empresario textil no le interesa cultivar, y por lo tanto prefiere comprar la materia ya recolectada, limpia y empacada, para comenzar a partir de ese punto el proceso de transformación. Otras empresas de gran tamaño dividen sus partes del proceso en filiales, asociados o subempresas para especializar el método de transformación o dominar una región del mercado. En el intervalo desde la materia prima hasta el producto final pueden estar involucradas variadas microempresas y talleres maquiladores de corte y confección y que no necesariamente pertenecen a una misma marca o sector (Luna M. A., 2006).

1.1.2.2 Recolección de materia prima.

En todo proceso de transformación se requiere una materia prima o producto bruto. Se entiende por materia prima a toda sustancia básica en un proceso de elaboración,

imprescindible para obtener el nuevo producto conforme a los procesos determinados en cada industria y donde se pueden conservar o modificar sus propiedades físicas y/o químicas originales (Pino, 2012). En la producción textil, las fibras son las materias primas básicas y dependiendo de su origen, las fibras se obtienen por medio de la agricultura, la ganadería, la química o la petroquímica. Otras fibras especiales como las de origen mineral siguen un proceso similar al de la obtención de metales del sector siderúrgico (Reyes, 2004).

Como procedimiento general, la materia prima alimenta a máquinas llamadas pick-up (o abridoras), en donde se limpia de basura o alguna otra impureza y al mismo tiempo se desmenuza y desenreda. Este método permite obtener lo que se denomina tejido en crudo. La materia prima pasa entonces a un pretratamiento donde se limpia y se da un blanqueamiento que elimina manchas y obtiene un tono uniforme. Para el caso de las fibras naturales como algodón, lino o seda, al estar expuestos al medio ambiente, contienen mayor grado de impurezas (hasta un 20% del total del lote). Estos pueden ser removidos al lavar el tejido, pero en ocasiones requieren procesos químicos más elaborados. La lana, de origen animal, debe ser cortada directamente de las ovejas u otros animales que producen fibras, y luego pasada a un proceso de carbonización con químicos para eliminar residuos vegetales. Algunos de estos químicos, además de limpiar el tejido, mejoran sus propiedades físicas como la resistencia al quiebre, absorción de colorantes y sedosidad (Mondragón, 2002).

Una vez realizado el pretratamiento del material se introduce en una máquina que comprime los tejidos hasta formar una masa más tupida, donde se forman rollos o pacas cuadradas que facilitan su transportación. Países como China o India lideran la producción y exportación de algodón ya que el precio suele ser más económico y el clima es propicio para una producción en masa, superando las 6,000 toneladas al año, aunque países como México destacan por la calidad de su materia prima, ocupando el noveno lugar en la producción de algodón (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

1.1.2.3 Hilatura y tejeduría

Una vez limpia, la materia prima se prepara para convertirse en fibras que puedan ser hiladas o entrelazadas. El cardado es el proceso que consiste en la transformación de las fibras textiles a mechas de un largo aproximado de cuatro centímetros de diámetro las cuales se enrollan entre sí para formar hilos más gruesos y resistentes a quiebres y roturas. Estos se extienden hasta alcanzar cientos de metros. Mientras las mechas se enrollan se van estirando lentamente y se van separando aquellas que se rompen o son demasiado cortas, las cuales se vuelven a inyectar al inicio del proceso (Flores, 2011).

Luego de ser estiradas, las mechas se dirigen hacia prensas de rodillos, las que presionan y estiran el material para darle más solidez. Más adelante pasan al peinado donde se presionan y limpian para reducir el diámetro, estirándolas nuevamente, y luego uniendo y torciendo hasta 4 mechas y torciéndose entre si para formar una sola más resistente. En este segundo estirado se pueden realizar mezclas de diferentes orígenes para formar materiales con otras propiedades, por ejemplo, el más común: algodón y poliéster, los cuales varían en su composición; la resistencia del poliéster complementa la suavidad y absorbencia del algodón para fabricar una tela de mayor duración y más cómoda. El diámetro del hilo se puede regular en este segundo estiramiento, donde también se tuercen y tensan para darles mayor resistencia (Lee, 1990).

Las mechas resultantes se colocan una tras otra y pueden formar hilos que pueden medir hasta 5 kilómetros de largo. El siguiente proceso consiste en colocar las mechas, ahora denominadas pabilos, en bobinas y carretes. Con la finalidad de dar mayor resistencia a los pabilos, se someten a un último estiraje y torsión y finalmente se lleva al área de enconado. Las enconadoras se encargan de conseguir un producto uniforme que se distribuye en madejas y carretes de más extensión que permitan un mejor manejo y desplazamiento del material (Pellini, 2014).

En este punto el hilo se puede distribuir al siguiente proceso u ofertarse como producto final. Algunas empresas se especializan en el proceso de hilatura o le dan un acabado adicional, como teñido de distintos colores, agregan aroma o se coloca en puesta al público para talleres de costura o tejido volviéndose eslabones primarios para empresas textiles enfocadas en telares y acabado del material.

1.1.2.4 Urdido y tejido

El proceso de tejido consiste en enlazar los hilos del urdido y de entramarlo con otros, con el objetivo de transformar las fibras o hilos en telas de distintos tamaños y metrajes. Según la aplicación a la que se destine el hilo, se desarrolla el diseño, la proporción de la fibra y la estructura de la tela (Cegarra, 2004). Para aplicaciones de ropa, se prefieren tejidos más entrelazados, mientras que las telas para cortinas o manteles pueden estampar figuras o patrones que destaquen o adornen el tejido.

En el proceso de urdido, los carretes de hilo se colocan en paralelo en fila junto a otros cientos de carretes como preparación previa para el tejido. En este proceso generalmente se mantienen condiciones adecuadas de humedad y de temperatura basándose en vapor de agua, las cuales son controladas en función de las especificaciones de elaboración de cada tela, y se controla rigurosamente la velocidad de avance y el tramado que siguen las agujas (Buezo, 2003).

Los dos tipos principales de tejido son: plano y de punto. Para el tejido plano, los hilos de docenas de carretes son guiados en un bastidor y se separan en hilos pares e impares. Luego, un hilo que corre en forma recta pasa a través de la abertura utilizando un dispositivo llamado lanzadera para formar una trama que se entrelaza y que forma una tela. Los diseños y tramas que se forman en esta tela pueden variar según el entrelazado que hagan y los diseños que la fábrica maneje. También permite el unir hilos de diferentes grosores, colores y materiales, los cuales varían de acuerdo con la aplicación (Valencia, 2009). La figura 3 muestra una máquina urdidora común en la industria textil.



Figura 3. Urdidora de tejido plano. Derechos reservados Moreno Soppelsa, Italia, 2006.

En el tejido de punto, se elaboran las telas mediante gasas de hilo que se enlazan con otras del mismo hilo, para producir la estructura que se denomina de punto o de calceta. La fabricación de géneros de puntos con máquinas requiere de miles de agujas, porta agujas y elementos para colocar los carretes. El orden de entrelazado, el modo en que se forma la gasa y los tipos de agujas e hilo determinan el tipo de tejido resultante, vinculado a la aplicación final (Eraso, 2008).

Durante o previo al tejido las fibras pueden recubrirse con productos químicos como almidones, adhesivos, gomas, ablandadores, aceites, sustancias suavizantes, penetrantes y/o preservativas. Cada fabricante tiene su propia formulación y puede realizarse de forma automática o con la ayuda de un operador. Las máquinas con equipos electrónicos facilitan la fabricación y aumentan la velocidad de producción. Sin embargo, algunas fábricas siguen utilizando tejedoras y urdidoras manuales, para productos con diseños artesanales o dirigidos a mercados específicos.

1.1.2.5 Blanqueo y teñido.

Los tejidos y materiales en crudo que conservan los colores y condiciones naturales contienen casi siempre suciedad que no se elimina totalmente en los procesos de lavado. Además, en los procesos de teñido y absorción de colorantes, puede producir una diferencia en tonalidades o manchas en el tejido que ocasiona rechazos del producto o reprocesos para igualar el color. La blancura de los materiales reduce el

aspecto de la suciedad e iguala los tejidos para un teñido uniforme. Los procesos y maquinaria varían de acuerdo con el tipo de material y composición, presentación (hilo o tejido) y en todos se utiliza una buena cantidad de agua como diluyente (Orcón, 2019).

La mayoría de las empresas que realizan el proceso de blanqueo utilizan peróxido de hidrógeno (H_2O_2), hipoclorito de sodio ($NaClO$) o clorito de sodio ($NaClO_2$). Estas sustancias dependen mucho del pH del agua y de las telas a blanquear. También se incluyen en el proceso sustancias auxiliares como activadores, estabilizadores, sistemas sulfatantes, los cuales controlan el proceso de blanqueo para evitar daño al tejido y mejoran la absorción. De manera similar el pretratamiento, el blanqueo de los materiales puede hacerse con procesos en frío o en caliente (Cassidy, 2017).

Por otro lado, el teñido es el proceso que requiere el uso no solamente de colorantes y químicos, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares de teñido. Estos materiales constituyen una parte integral de los procesos de teñido (por ejemplo, agentes reductores para el teñido con colorantes) incrementando las propiedades de los productos terminados y mejorando la calidad del teñido, la suavidad, la firmeza, la textura, estabilidad dimensional, resistencia a la luz, al lavado, tejido hidrofóbico y otras propiedades especiales (Lee, 1990).

1.1.2.6 Acabado

El acabado abarca todas las operaciones químicas y mecánicas a que se someten los hilos y los tejidos e incluye los procesos de fijado, estampado, postratamiento aprestado, secado, planchado y otras operaciones menos comunes, por ejemplo, afelpado y aterciopelado. Algunos productos como los hilos requieren menos procesos de acabado o son distintos a las empresas textiles que producen telas. Entre ellas podemos mencionar el enconado, entubado, ovillado, encarretado, etiquetado y empaquetado. En telas de uso especial, se pueden agregar características para hacer el material repelente al agua, impermeable, auto extingible o resistente al fuego o al sol (Cegarra, 2004).

1.1.2.7 Confección

La confección se refiere a la producción de un bien a partir de la combinación de sus componentes, especialmente las que requieren un trabajo manual. Una vez entregada la tela o hilatura con el acabado esperado, es necesario un proceso final y muchas de las veces artesanal, para producir una prenda de vestir, o algún otro artículo de uso común, como cortinas, manteles, sábanas, toallas y artículos de uso diario. El proceso de confección se divide esencialmente en los siguientes pasos (Costales, 2013):

- a. Diseño, trazo y corte. En esta parte del proceso se dimensiona y se da forma específica a las piezas de la tela. Se extiende sobre la mesa de corte el tejido, el trazo o marcación de la tela para realizar cortes utilizando moldes de papel, cartón, madera o metal y puede utilizarse una cortadora manual o automática. En caso de prendas elaboradas con distintos colores o telas, se repite el proceso con cada color y partes de la prenda. Para cada talla o medida se procede con moldes de distinto tamaño.
- b. Ensamble o confección. En el ensamble se unen las diferentes partes de la prenda utilizando hilos de costura y se anexan los forros, mangas, cuellos. Incluye las etapas de preensamble donde se anexan y elaboran las piezas pequeñas como bolsillos, pasadores, cierres, botones, adornos y se unen.
- c. Terminado y revisión. En esta parte se colocan los accesorios para dejar la prenda terminada como son etiquetas, marcas, logos, estampados y bordados. Se refuerzan los sitios de la prenda que soportan mayor presión y aquellos que requieren más flexibilidad (Maldonado, 2018).
- d. Empaque y almacenamiento. Una vez revisado y verificado que cumple con lo solicitado, el producto se dobla, empaqueta y se clasifica para almacenamiento.

1.1.2.8 Alta costura y tejidos especiales

Es el sector dedicado a la elaboración de artículos de lujo o diseños de moda con alto valor en círculos de la alta sociedad. Aunque produce cantidades menores de artículos, son de gran valor que llega a los miles de dólares. Es común utilizar materiales especiales como hilos de oro o decorado con piedras preciosas, Aunque mucho de lo que se conoce como alta costura corresponde a los vestidos y trajes de gala utilizados en reuniones sociales, las marcas de prestigio presentan también piezas con un carácter más experimental que tienen como objetivo marcar las tendencias y modas para la temporada, lo que puede dirigir el mercado hacia un material determinado, elevando el consumo de uno y depreciando otro. Otros mercados relacionados incluyen la venta de maquillaje, bolsas y accesorios, joyería y zapatos de lujo (López, 2010).

1.1.3 La evolución de las fibras y los materiales.

Además de la evolución de los procesos de manufactura, los materiales y fibras utilizados en el ramo textil han sido de gran importancia para mejorar los procesos y han servido para innovar y revolucionar la industria, destacando los artículos que deben producirse y cuáles quedan obsoletos. En este capítulo se revisarán brevemente los materiales usados a lo largo del tiempo y los tejidos sintéticos actuales que están revolucionando la industria.

Las fibras son materias primas básicas de toda producción textil. Una fibra es un cuerpo sólido, de forma aproximadamente cilíndrica, flexible y homogénea y con una pequeña sección transversal cuyo diámetro aparente es del orden de los micrones. Para ser utilizada en un proceso textil debe ser susceptible de ser hilada, es decir, que, sin importar su origen y forma, pueda ser sometida a procesos físicos y/o químicos, y de la cual se obtengan mechas o cintas, las cuales puedan estirarse, torcerse y unirse para formar hilos y a partir de estos, tejidos (Reyes, 2004). Además, deben cumplir con determinadas propiedades físicas como alta resistencia a la tracción, índice de fricción alto, flexibilidad. Para aplicaciones específicas se diseñan los tejidos con propiedades adicionales como bajo peso, resistencia al sudor, material con alta elasticidad, resistencia al lavado y desgaste, repelente al polvo y a las manchas y preferentemente que reúna funcionalidad, originalidad y economía, ya que esto garantiza su estancia en el mercado (Khan, 2017).

Dependiendo de su origen, el cual puede ser la agricultura, ganadería, química o petroquímica se clasifican en términos generales en naturales o químicas. A su vez, de acuerdo con sus propiedades y procesos de obtención estas pueden crear subdivisiones dependiendo de los materiales obtenidos y su aplicación (Vazquez, 2019).

La figura 4 muestra un resumen de las distintas clasificaciones de materiales en la industria textil.

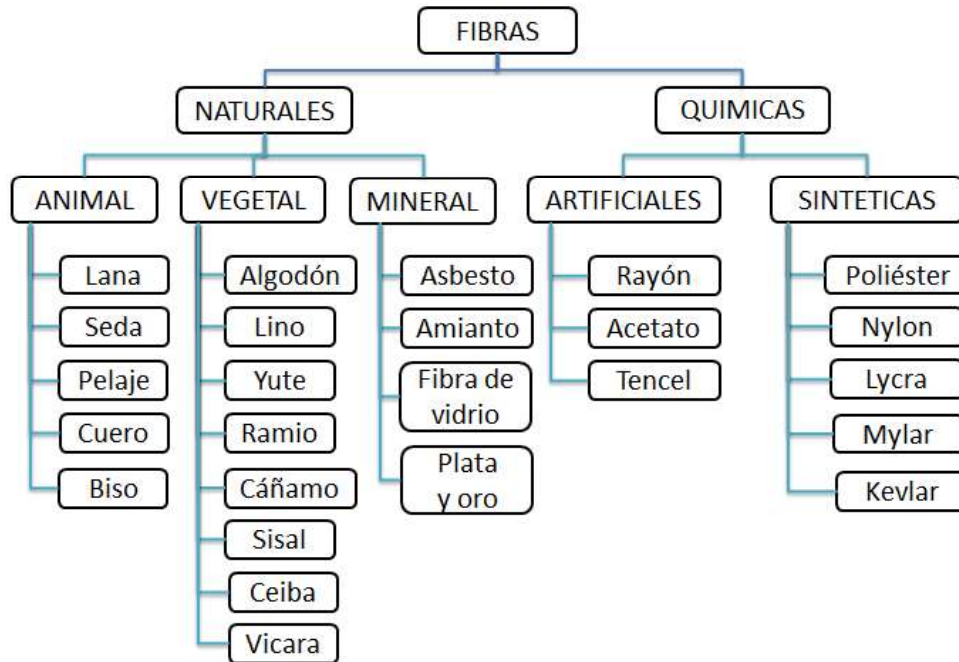


Figura 4. Clasificación de fibras y materiales. Elaboración propia con base al autor Jesús Vázquez (2019)

1.1.3.1 Fibras naturales

Las fibras naturales fueron las primeras que comenzaron a utilizarse durante el periodo Neolítico, usando pieles de animales para cubrirse del frío y según mejoraron las técnicas de hilado se desarrollaron prendas simples para las tareas como cestos para la recolección o redes para pesca. Al ser recursos renovables, son una buena fuente de ingresos para países no desarrollados.

Las fibras textiles naturales se pueden clasificar en tres subgrupos: origen vegetal, animal o mineral.

1.1.3.1.1 Origen animal

Generalmente fibras proteicas. Son las primeras que comenzaron a utilizarse desde tiempos prehistóricos. Además de ser renovable, biodegradable y de origen natural,

tiene una alta durabilidad, de un aspecto elegante, cómodo y que conserva el calor corporal (Griera, 1988).

A base de pelo: la más importante es la lana de oveja, de cabra o de diversos camélidos (llama, camello, vicuña, alpaca); también hay de conejo o de crin de caballo.

a) Lana. Es una de las más antiguas fibras textiles por ser fácil de hilar, el pelo es procedente de ovejas, que se conoce como vellón. Dependiendo la raza del animal, el pelo puede tener apariencia fina, suave, rizada o ensortijada. La cantidad de lana que produce un solo animal oscila entre 1 y 6.5 kg. Los pelos se cortan, lavan, peinan e hilan. En comparativa con otros textiles, la lana tiene un grosor mayor lo que provee mayor aislamiento, elasticidad y durabilidad. En la última década, China lidera la producción de lana a nivel mundial (FAO, Wool Services Privatisation Act 2000, 2018).

b) Seda: Proveniente de la larva del gusano de seda, es un producto de hilo muy resistente, el gusano se envuelve en un capullo cuyos hilos extendidos pueden sobrepasar los tres mil metros, estos se lavan con jabón y una sal de sodio. Es usada para ropa elegante y artículos de lujo para el hogar. Japón es el mayor productor de seda del mundo (Echeverría, 2014).

c) Innovaciones en fibras de origen animal. En la actualidad se investiga sobre otras sedas naturales como la araña de la seda de oro, llamada así por el brillo característico de su red a la luz del sol. Su tela es seis veces más resistente que el acero y actualmente la proteína que la compone (fibroína) se produce por ingeniería genética teniendo hoy en día varias aplicaciones biomecánicas y biotecnológicas de uso militar, como es la fabricación de chalecos antibala y se está experimentando para aplicaciones médicas ya que es biodegradable (Viquez, 2002).

Otros materiales de origen animal incluyen secreciones producidas por algunos animales que se endurecen al contacto con el aire, caparazones o conchas de ciertos crustáceos o a base de piel de ciertos animales de suave pelaje, como el zorro o la foca bebé. Por las regulaciones ecológicas y de protección a especies, muchas de estas fibras y prendas se encuentran prohibidas en muchos países.

1.1.3.1.2 Origen vegetal

Las fibras de origen vegetal son obtenidas del material que envuelve a las semillas de las plantas en forma de arbustos o de árboles y se usan en gran parte en la industria textil debido a su finura, suavidad, color, brillo, pureza y solidez. Aunque mayormente se pueden obtener de la semilla, también son útiles el tallo (yute, cáñamo, lino), la hoja (henequén, abacá) y hasta la raíz (agave del tequila) (FAO, International Year of Natural Fibres, 2009).

- a) **Algodón.** Es una fibra vegetal que se crea en forma de borras blancas y suaves que se adhieren a las semillas de la planta. Las prendas fabricadas con fibras de algodón son muy frescas, suaves y conservan bien el calor. Por esta razón, se utilizan mucho en climas fríos. Debido a su alta fuerza de tracción en soluciones jabonosas, las prendas son fáciles de lavar. Se utiliza para todo tipo de prendas de vestir, y también para fabricación de cortinas, tapetes, almohadas y cobijas. Debido a sus propiedades de alta absorción, suavidad y flexibilidad, se utiliza en la actualidad en mezcla con otras telas sintéticas (Vazquez, 2019).
- b) **Cannabis.** Esta fibra puede usarse para fabricar pijamas, telas resistentes y cuerdas, sin embargo, es difícil comercializarla debido a las leyes que la prohíben por sus otras propiedades.
- c) **Lino.** Es una fibra de celulosa, con una estructura cristalina fuerte, por lo que se riza y arruga fácilmente, entre sus propiedades se encuentra el absorber y liberar agua rápidamente, haciéndola comfortable para vestir en climas cálidos.
- d) **Fibra de coco:** Posee resistencia al calor, a impactos y al agua. Por estas propiedades es un material utilizado en la construcción como mallas térmicas y acústicas. Otros usos incluyen hilos y redes para pescar debido a su resistencia al agua salada (Quiñonez, 2014).
- e) **Yute:** Llamada fibra dorada por su peculiar brillo natural es utilizada para fabricación de hilos y cuerdas, tapetes y alfombras, así como cubiertas para

muebles. Debido a su resistencia, puede combinarse con otras fibras para mejorar sus propiedades

- f) Innovaciones en fibras de origen vegetal:** Debido a que es un material biodegradable y con procesos de producción menos contaminantes que las fibras sintéticas, las fibras vegetales se han revalorizado, y en renovado crecimiento. En países asiáticos han podido producirse fibras de alga y sargazo en América similares al plástico., utilizándola en procesos de reforestación y en mezclas de concreto para carreteras con el fin de reducir los daños por erosión. También se usan como aislantes acústicos y térmicos (Vidal, 2016).

1.1.3.1.3 De origen mineral

Tienen su origen en silicatos con propiedades parecidas a las fibras, el más utilizado es la fibra de vidrio debido a sus propiedades impermeables y alta resistencia al calor. Combinado con otras fibras se utiliza ampliamente como relleno aislante tanto térmico como sonoro. Otros materiales, como el asbesto y el amianto, usado ampliamente en la construcción y en trajes para repeler el calor en la década de los 50s, fueron en desuso ya que se relacionó la exposición de sus fibras y el aire con problemas cancerígenos en los pulmones (Buezo, 2003).

Algunos metales preciosos, como el cobre, acero, oro y plata se estiran y consiguen delgados hilos con los que se borda ropa de alta costura y para usos religiosos.

1.1.3.1.4 Fibras artificiales

Alrededor de 1860, como consecuencia de la escasez de algodón que se produce en Europa, se aceleran los esfuerzos por desarrollar fibras artificiales a partir de un polímero natural obtenido de la madera que sea fácil de producir. En los años siguientes, aparecieron las fibras artificiales conocidas como celulosas o rayón, producidas por la combinación de la celulosa con óxido de cobre amoniacal, mezclado con compuestos de sulfato de cobre y sosa caustica. Por su parecido al brillo de la seda natural, sustituyen las prendas de vestir de este material, por lo que también se

le conoce como seda artificial. También se puede producir a base de proteínas animales (caseína) o vegetales (alginato) (Siva, 1996).

Las fibras de rayón se cortan e hilan de la misma forma que las fibras naturales, por lo que se pueden usar los mismos procesos y maquinarias con algunas variaciones en la fórmula. El rayón se tiñe fácilmente y puede combinarse con otras fibras de origen natural, mejorando sus propiedades. El rayón se utiliza en la confección de ropas, como material quirúrgico, neumáticos y productos para la higiene femenina. Con el paso del tiempo se aprovechó su resistencia al viento para utilizarla en la fabricación de tela para paracaídas (Ziarsolo, 2016).

1.1.3.1.5 Fibras sintéticas

A partir de 1939, comenzaron a aparecer las fibras sintéticas, también llamadas fibras químicas; a diferencia de las fibras artificiales formadas de polímeros naturales que se combinan con otros compuestos, las fibras sintéticas son enteramente químicas formadas a partir de derivados del petróleo y otros compuestos. La obtención de las fibras sintéticas se hace combinando un polímero con un solvente, y mediante extrusión y calentamiento, se hace pasar por un troquel solidificando los filamentos para luego estirarlos y formar los hilos. Debido al auge y numerosas aplicaciones, se consideró la fibra sintética como una innovación radical (Textile Institute, 1985). Aunque se tienen una diversa variedad de combinaciones y usos, en el presente trabajo solo se mencionan las de mayor difusión.

a) Fibras de Nylon. Obtenida por proceso de policondensación. Resistente, rígida, buena amortiguación mecánica, resistencia al desgaste, y con una buena absorción a la humedad. El nylon es usado en ropa de invierno y para practicar deportes, aislantes térmicos, piezas automotrices e incluso ropa de combate debido a su repelencia al agua. Es utilizado en su mayoría para la producción de cerdas para cepillos de dientes y medias para damas, lo que popularizó su uso (Carrión, 1989).

- b) Fibras de poliéster.** La empresa DuPont comenzó a desarrollarlas desde 1954 condensando alcoholes y ácidos orgánicos, patentándola con el nombre de Dacrón. Las fibras producidas presentan gran elasticidad, resistencia a la torsión y baja absorción al agua. También es de bajo costo, y suele combinarse con otras fibras para mejorar sus características. Esta tela híbrida se emplea para hacer uniformes, pantalones deportivos, camisas, blusas, suéteres, calcetines, ropa, blanca, hilos para coser, bandas transportadoras, cordeles y mangueras contra incendios (Zuñiga, 2002).
- c) Fibras de Spandex o licra.** La fibra del elastano, también conocido como licra o spandex es utilizada por su gran elasticidad y resistencia: pueden estirarse hasta un 500% sin que se rompa o se deforme. Presenta una resistencia natural al sudor humano, por lo que lo hace óptimo para ropa deportiva, además, se seca rápidamente y es de alta resistencia.

Al ser de origen químico, con el paso de los años se han modificado los procesos para mejorar sus características: se ha mejorado la sensación de frescura y confort, las técnicas de copolimerización han aumentado sus propiedades antiestáticas, de teñido y de absorción al sudor, por lo que desde 1970, el uso de fibras sintéticas desplazó a las naturales en la industria textil.

La figura 5 muestra la evolución de las fibras sintéticas y su despegue en los últimos años. Los nuevos materiales han permitido a la industria textil ampliar su velocidad de producción, ya que los materiales sintéticos se producen según la demanda y no dependen de la temporada de los materiales naturales, se ha modificado la maquinaria de procesos, aumentando la cantidad de prendas que pueden fabricarse anualmente, así como el desarrollo de nuevas aplicaciones y productos que interactúan con otros sectores, alcanzando aplicaciones no solo relacionadas a la vestimenta y el hogar, sino de diversas industrias de uso militar (Kevlar para chalecos antibalas), automotriz (bolsas de aire para vehículos), arquitectónicas y de construcción (geotextiles), agricultura (gasas de protección de cultivos) y medicinales (hilos orgánicos) (Bustamante, 2010).

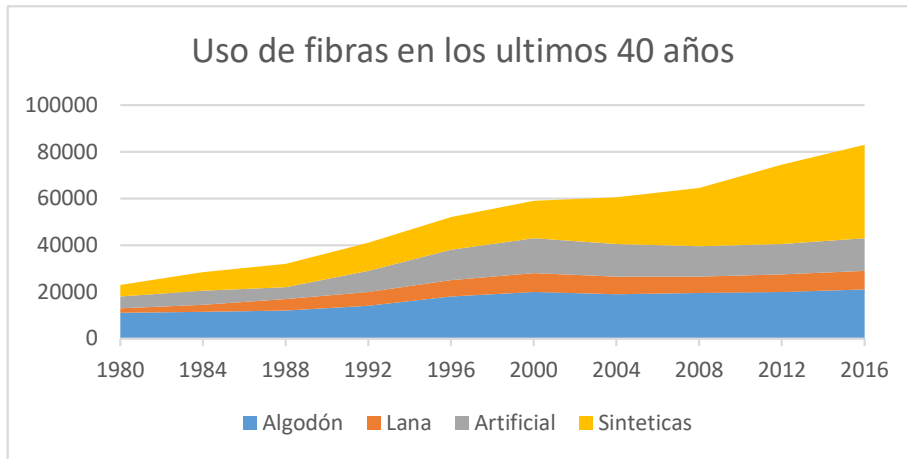


Figura 5. Variación de la oferta de materia prima en la industria textil, 1980-2016 Fuente: Gupta (2009)

1.1.4 La modernización en la industria textil.

El crecimiento económico moderno tiene sus orígenes a partir de la primera Revolución Industrial, suceso que separa la era moderna industrializada de los modos de producción antiguos gracias al descubrimiento de la máquina de vapor en la segunda mitad del siglo XVII en la Gran Bretaña (Ximénez, 2013). Este evento representó una innovación disruptiva en la historia ya que implicó una serie de transformaciones en la economía y en los modos de vida de las personas en la edad contemporánea, en Europa y en el resto del mundo. La mayor parte de los procesos agrícolas e industriales implicaban el uso de la fuerza física, o ayudados por animales de carga como caballos, bueyes o herramientas básicas como poleas o palancas para mover piezas de gran tamaño o que requerían un esfuerzo físico mayor. La producción de prendas se realizaba en pequeños talleres artesanales donde el patrón entregaba la mercancía (lana en su mayoría) a trabajadores o familias dedicadas a hilar, tejer y coser para obtener un producto final que devolvían a cambio de comida o bienes para intercambiar por otras mercancías (Lande, 1999). La producción estaba limitada por el número de materia prima obtenida en los campos y las personas que trabajaran produciendo las prendas y otros artículos de uso diario, las cuales se limitaban a las personas que vivieran cerca de los centros de trabajo. Los medios de transporte eran limitados y tardaban meses en llevar la mercancía a las ciudades y regresar por otros pedidos.

En términos históricos, se considera a la industria textil como la primera industria en pasar de una actividad manual a utilizar maquinaria para acelerar la producción: la primera implementación de innovación mecánica consistió en utilizar el paso de agua en ríos acoplando un molino hidráulico para generar movimiento circular, el cual era aprovechado por rústicos telares que podían hilar prendas en movimiento continuo; después, se usó carbón para producir vapor que se usaba para mover turbinas. Gran Bretaña se convierte entonces en el primer país en desarrollar una importante actividad económica basada en la producción a mayor escala en prendas de vestir superando a otros países como Francia y Holanda (López, 2010).

Los cambios tecnológicos fomentaron el desarrollo de maquinaria más rápida, y el uso de nuevos materiales como el hierro y el acero en las partes móviles de los telares para aumentar la velocidad y resistencia. Poco a poco, los medios de transporte como los barcos de vapor, y más adelante el ferrocarril, mejoraron las relaciones con las ciudades vecinas y permitieron a las personas desplazarse cada vez más lejos y en menor tiempo (Silva, 2018).

Inglaterra supera a otros países como Holanda y Francia principalmente por tres factores:

1. Un incremento de la población trabajadora, la cual comenzó a migrar a los grandes centros de trabajo donde se ubicaban las industrias, ya que las labores de agricultura tenían un pago menor y requería menos gente una vez que empezaron a innovar la tecnología en sistemas de arado y cosecha.
2. Al llegar a más ciudades antes complicadas por la distancia, la demanda de productos fabricados aumentó considerablemente, por lo que las industrias crecían en número de trabajadores año con año. En poco tiempo, surgieron las primeras especializaciones del trabajo, categorizando las actividades, pasando de maestros y aprendices a supervisores, empleados y obreros, con mejoras en la paga y en las condiciones de trabajo.
3. Los avances científicos permitieron una tasa de mortalidad menor y una mejor alimentación en las ciudades que en las zonas rurales, lo que mejoró la calidad de vida de los trabajadores y sus familias y a su vez, permitió que los trabajadores mantuvieran sus empleos por más tiempo, aprovechando su experiencia en el proceso para aumentar la productividad (Muñoz, 2012).

En esta época se establece una división del trabajo basada en jerarquías de funciones, donde unos trabajadores asumen la dirección y planeación, y otros la ejecución y supervisión. Según Adam Smith (1785), esto permitió asentar las bases para las estructuras organizacionales de las empresas del mundo moderno.

La producción de lana y seda adoptó nuevas técnicas para la recolección y producción de materia prima con mejor calidad. Aunque Gran Bretaña no tenía la extensión de tierra suficiente para utilizar algodón, gracias a las técnicas desarrolladas en la Revolución Industrial, pudo convertirse en un país competitivo debido a su bajo costo de producción de prendas de algodón. Para 1800, Gran Bretaña contaba con más de 300,000 trabajadores en el sector textil, lo que representaba el 40% de sus exportaciones. La fórmula de su éxito se replicó por toda Europa, implementando la mecanización del proceso, empleo del algodón para disminuir los costos y contratación de personal que emigraba a los centros de trabajo en busca de una vida mejor (Haro, 2012).

Para la segunda mitad del siglo XX, el avance de las redes eléctricas cambió radicalmente la historia económica de Europa y Estados Unidos, lo que sustituyó los equipos que funcionaban con vapor por maquinaria y equipo eléctrico. Con este cambio paulatino fue posible mover equipo pesado, moler, triturar, mezclar, calentar, enfriar, agitar materiales en mayor cantidad y efectividad. Estas nuevas aplicaciones fortalecieron las industrias existentes y al nacimiento de nuevas industrias y oficios (Ganges, 2012).

A mediados del siglo XVIII, la tecnología en el entorno textil creció en menos de un siglo con el desarrollo de la maquinaria que reemplazó a los telares manuales (la rueca y el torno de hilar) y se extendió por todo el mundo. La materia prima era importada en su mayoría de América, con mayor extensión de tierras que Europa, con cinco veces más población. Sin embargo, el reto consistía en aumentar la velocidad de fabricación y tejido de la materia prima, pues las labores de recolección en el campo los tejidos con una consistencia y resistencia suficientes para hilar una prenda consumían muchos recursos y era un trabajo lento y manual.

Uno de los primeros cambios significativos de lo artesanal al uso de la tecnología en la industria, lo dio el inventor John Kay (1733). La lanzadera volante permitía duplicar la capacidad de tejido en Francia y competir directamente contra Gran Bretaña. Con

la invención en 1830 de la máquina de doble puntada en la que dos hilos se entrelazan formando una puntada y más tarde Elías Howe (1846) e Isaac Singer (1889) desarrollaron un dispositivo conocido como lanzadera para crear la primera máquina de coser. Con el uso de cada maquinaria dedicada a una parte de proceso, el tiempo y esfuerzo dedicado a cada prenda se redujo significativamente, aumentaron los ingresos y se redujeron los gastos. Esto permitió a la industria enfocarse en el desarrollo de materiales y tejidos para la confección y en la mejora de los avances tecnológicos en procesos en el área textil (Galindo, 2008).

Los diseños se hicieron más elaborados y con mayor número de colores y variedad de tejidos. En un principio se utilizaban tintes naturales para dar color a hilos y tejidos, pero en el siglo XIX el descubrimiento de los colorantes artificiales y de las fibras sintéticas en el XX perfeccionó el departamento de tintorería dentro del proceso textil (Vigaray, 2006).

Con el paso de los años, las mejoras en maquinaria y procesos fueron innovando a la par del uso de los distintos materiales y las modas de las épocas: luego de dejar el uso del lino y poliéster usado en sacos y trajes de los 60s, la implementación de telas como la mezclilla, que se volvió un hito en la década de los 70s y 80s, gracias a su resistencia, modificaron los procesos y materiales utilizados, y desplazaron otros. Actualmente se siguen utilizando los mismos principios de hilado, pero con técnicas variadas: los urdidores utilizan chorros de aire y se combinan con los telares para mezcla de tejidos y aumentar la resistencia, se utilizan fibras elásticas para flexibilidad en las lanzaderas, se agregan catalizadores en el teñido para propiedades específicas y se han diversificado sus usos en otras áreas como velas para barcos, tiendas de campaña, lonas y usos militares (Arango, 2015).

La figura 6 muestra en una línea de tiempo la síntesis de tecnologías utilizadas en el sector textil, influenciada por las necesidades de cada época y técnicas de producción más eficientes. Aunque las tecnologías mostradas del 2005 en adelante son pioneras y han tenido una introducción en el mercado lenta, con la posibilidad de desaparecer en el corto plazo, han servido de base para el desarrollo de nuevos productos o el uso de dicha tecnología en otros sectores.

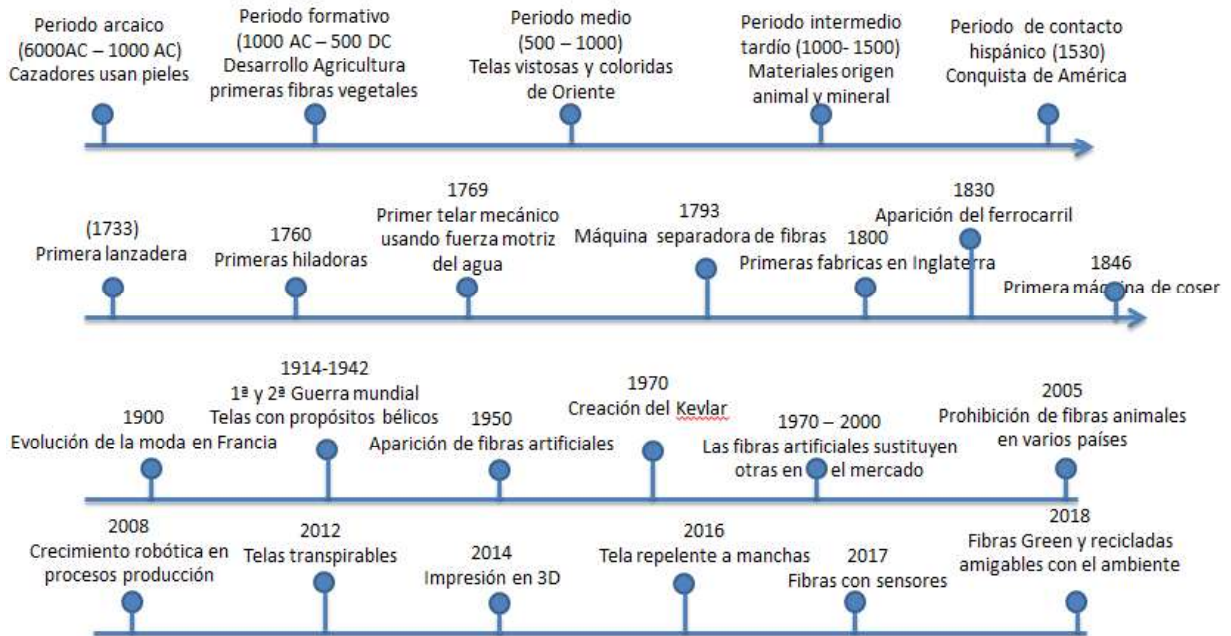


Figura 6. Línea de tiempo de la industria textil. Elaboración propia con base en el Instituto de Investigación Textil, Terrassa, España (2019).

1.2 Participación de México en la industria textil.

La historia de México y su crecimiento industrial acelerado es producto de la implementación de la maquinaria eléctrica en los procesos y tiene una historia menor a 100 años. Luego de la conquista y hasta su independencia en 1810, las industrias operaban con técnicas manuales. Para inicios de 1900, solo las industrias de los sectores mineros, agrícolas y textiles contaban con pequeños generadores mecánicos manuales de apoyo para las tareas más pesadas o repetitivas. La industria textil empezó a tener un auge en México a partir de 1830. Para 1837 se crearon cuatro fábricas modernas de hilados en Puebla con 8,000 husos, y diez años después ya existían 47 fábricas en todo el país con más de 100,000 trabajadores. Durante mucho tiempo se dependió de trabajos artesanales para la elaboración de ropas de uso diario, lo que causaba una baja productividad de la industria. En 1848, cinco fábricas tuvieron que cerrar ante el aumento en el mercado de algodón importado, que era más barato y de mejor calidad (Murgueitio, 2015).

La mayor demanda en el sector provenía de tela de manta, sin embargo, las empresas existentes no podían satisfacer la demanda, y no podían competir en cantidad importada de los productores de Gran Bretaña, con un mejor precio que la nacional. La mayoría de la maquinaria textil era importada de Estados Unidos, Inglaterra y Francia. El transportar la maquinaria era caro y había que pagar el salario de los técnicos extranjeros, por lo que hubo poca inversión en actualizar equipos. Sumado a esto, las refacciones eran costosas y difíciles de traer. En términos generales, los trabajadores de la industria textil eran escasos, poco comprometidos, no estaban capacitados y la cuarta parte de los trabajadores eran niños, la cuarta parte mujeres y el resto hombres entre 16 y 50 años, los cuales escaseaban por la actividad militar de la época. La mayoría de las empresas movían su maquinaria con energía hidráulica, relativamente barata, pero por la irregularidad de los ciclos de lluvia y el flujo de los ríos afectaban el ritmo y la productividad. Por si fuera poco, los impuestos eran muy elevados en casi todas las regiones, sobre todo para las importaciones de maquinaria y materia prima textiles. A pesar de todos estos inconvenientes, el sector

tuvo un gran crecimiento tecnológico: Para 1850, el 10% de la inversión del país correspondía a la industria textil (Lee, 1990).

Durante el período de 1850 a 1870 la expansión de la industria en México disminuyó, pero favoreció el incremento de pequeñas y medianas empresas. Más de la tercera parte de estas empresas se encontraban establecidas en el valle de México, el cual se convirtió en el mercado de consumo más sobresaliente del país (Gupta, 2017).

A partir del Porfiriato es donde se acelera la industrialización en México. En 1880 se inició la expansión económica con la construcción de ferrocarriles, el telegrama y las redes telefónicas, además de la explotación de minas. La inversión provino de extranjeros que, atraídos por la diversidad de recursos naturales de México, contribuyeron a la industrialización. Por estas épocas se encontraron los primeros yacimientos de petróleo, y se construyó la primera refinería por lo que la generación de empleos e ingresos al gobierno se incrementaron (Zozaya, 2001).

El gobierno promovió un aumento de la inversión ferroviaria junto con las obras de electrificación que incluyó la instalación de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas para el consumo privado de las fábricas textiles. El aumento del poder adquisitivo contribuyó a la inversión de más fábricas textiles, ubicadas en distintos puntos del país. A principios del siglo XIX, Puebla y Monterrey tenían una fuerte concentración industrial donde se invertía en nuevas fábricas desarrolladas a pesar del proteccionismo del gobierno. Esto permitió crecer la inversión en el país en un 23.4% (Eraso, 2008).

Para 1911, las industrias textiles, del alcohol, tabaco, químicos, papel y azúcar destacaron y crecieron fortaleciendo el 12% del producto interno bruto en el país. Sin embargo, con el movimiento revolucionario en 1910 disminuyó las comunicaciones y se interrumpió el servicio eléctrico lo que afectó toda la estructura industrial, lo que perjudicó fuertemente la producción de textiles y frenó el desarrollo de la industria de la confección (Ganges, 2012). Esto prevaleció durante los años que duró el conflicto.

Una vez establecida la paz, el gobierno se dio a la tarea de incrementar la demanda de productos industriales y la inversión en obras públicas. La industria textil se expandió gracias al aumento de la demanda interna, se multiplicaron las fábricas que utilizaban técnicas avanzadas de producción. Las empresas que comprendían la industria textil se concentraron en zonas como la Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, Guadalajara (Jalisco), Orizaba (Veracruz), Monterrey, Coahuila y San Luís Potosí. La reexpansión de la industria incrementó la compra de materias primas, maquinaria, herramientas y materiales para la construcción provenientes del extranjero. Las materias primas extranjeras más consumidas por la industria textil fueron colorantes, sustancias químicas industriales y fibras artificiales (Rivero, 2011).

A consecuencia de la revolución, se importaba algodón de Estados Unidos, hasta que la producción de algodón se activó en Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco y Nayarit, extendiéndose más tarde a Sonora, Sinaloa, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, así como el norte del país y a la región del Pacífico norte donde los salarios eran más altos y se tenía acceso al ferrocarril. Esto favoreció el desarrollo regional, como la zona de la Laguna en Coahuila, que creció gracias al cultivo de algodón y la producción de lana. Los empresarios de esta región eran de origen inglés, francés y español, y estaban financiados por bancos extranjeros (Castro, 2002).

Durante las décadas posteriores, la industria textil aprovechó los beneficios del gobierno en cuanto a inversión pública para disminuir costos de producción directos e indirectos. Además de la construcción de nuevas redes de comunicación y la mano de obra barata, propició la exportación lo que logró un crecimiento económico. Algunas de las empresas textiles de esta época que todavía perduran hasta nuestros días, fueron desarrolladas por judíos que huían de la guerra en Europa y se refugiaron en México, por lo que durante 1970 a 1976, el crecimiento promedio anual de la industria textil y del vestido fue de 4.8%, mientras que en el período 1976-1981 alcanzó 6.3%. El crecimiento económico en México de esa época propició el uso adecuado de tecnología para adaptar las estructuras de producción a las necesidades

socioeconómicas del país, sin embargo, una gran parte del mercado textil seguía utilizando técnicas de confección manual y rudimentaria, lo que impidió al sector el crecimiento mostrado en otras industrias, como lo fue la cementera, azucarera, química, de papel y más adelante, petrolera, comenzando un decrecimiento en la importancia de la industria textil y su impulso económico al país (López, 2010).

1.2.1 Situación actual de la industria textil en México

La industria textil actual se compone por tres grandes sectores de actividad: la fabricación de acabados textiles, conformador por el 47.94% de las ventas (2010), la fabricación de prendas de vestir aporta el 40.97%, mientras que la fabricación de productos textiles de otros usos completa el restante 11.09%. Las principales actividades de la industria se muestran en la figura 7 (INEGI, 2016)



Figura 7. Participación en la industria manufacturera textil por actividad. Elaborado en base a datos del INEGI (2016)

Dada la variedad de productos y que toda la población consume en mayor o menor medida los productos fabricados (excepto aquellos exclusivamente importados), la industria textil constituye el primer sector económico en muchos países en vías de desarrollo, incluido México. Su importancia y evolución viene determinado por una autonomía en la cual no es necesaria un proceso automatizado o una inversión

elevada compara a otras industrias como la automotriz o la acerera, las materias primas pueden adaptarse a las producidas en el país o exportarse para distintos grados de calidad, y la mano de obra operativa no requiere una capacitación extensiva. Esto ha provocado una mezcla de industrias con tecnologías combinadas con operaciones manuales con maquinaria de segunda mano o discontinuada en otros países complementada con procesos automáticos, muchos de ellos obsoletos o limitados. Asimismo, esa facilidad de trabajar de forma rudimentaria ha puesto a la industria textil en desventaja frente a otros sectores. Otras empresas dedicadas a la transformación de materias primas han invertido en sus procesos de producción, logrando un crecimiento en capacidad y competitividad a nivel internacional, como han sido los casos de las industrias alimenticias o la elaboración de bebidas, alcohol y tabaco, generando año con año mayores dividendos e impulsando el PIB de otros países, dejando la industria textil en un plano secundario. Otras industrias crecientes, como la petrolera, posicionó a países como los Emiratos Árabes entre las potencias productoras, lo que los hizo recibir importantes inversiones nacionales y extranjeras que impulsaron muchas otras industrias de esa región (Calderón, 2012).

Con el surgimiento de todas estas industrias recientes, las empresas dedicadas a refaccionamiento, suministro de maquinaria y servicios tales como mantenimiento, reparación y capacitación surgieron como necesidad del número cada vez más frecuente de industrias, dando un grado de especialización a las personas e impulsando las tecnologías utilizadas en cada una de las industrias. La necesidad de crecer el mercado obliga a los países a establecer acuerdos que faciliten el comercio internacional de importación y exportación de productos textiles (Sobrino, 2016).

Como consecuencia de los acuerdos de libre comercio, el número de maquiladoras creció en la zona fronteriza con Estados Unidos de 256 en 1990 a 1,119 para el año 2000. La actividad exportadora del sector textil también favoreció la creación de empleos. En 1990 se reportaban 42,231 trabajadores laborando en el sector, cifra que se incrementó hasta 265,935 en diez años. La entrada de empresas líderes en manufactura como Cone Mills Corporation, contribuyó a la mejora de los procesos

productivos, fabricación de productos con estándares de calidad internacional y la evolución hacia una producción denominada “paquete completo”. Este paquete se refiere a un conjunto de actividades productivas que comprende la fabricación de una prenda completa, formar vínculos con los integrantes del proceso y los productores nacionales que proveen materiales adicionales (Oficina económica y Comercial de España en México, 2018).

La liberalización del comercio internacional del sector textil y del vestido contribuyó al desarrollo regional, a la actividad exportadora y emprendedora, y a al mejoramiento de las competencias de la fuerza laboral y en consecuencia de sus ingresos. Aquellas empresas locales con experiencia, capital y capacidades para coordinarse con productores textiles y fabricantes de insumos complementarios establecieron relaciones exitosas con firmas estadounidenses, acrecentando su producción. Aparte de la exportación de mezclilla y prendas elaboradas fabricadas en la frontera, solo las confecciones de punto y tejido plano crecieron en exportaciones a otros países (Bair y Gereffi, 2002). Al crecer el comercio internacional, las empresas nacionales se enfrentaron al problema de migración de trabajadores a la frontera norte en búsqueda de mejores salarios, a pesar de que México mostraba mejores condiciones que otros países de Centro y Sudamérica. Al pasar los años, la producción de textiles mexicanos terminó por ser insuficiente para la demanda internacional y solo unas pocas empresas nacionales pudieron ofrecer productos terminados, cediendo las ventas a empresas transnacionales que fueron acaparando el mercado y debilitando a las pequeñas empresas (Villegas, 2013).

No obstante, las pequeñas y medianas empresas junto a las maquiladoras que conforman la mayoría del sector y fabrican productos tipo *commodity*, consiguieron sobrevivir a niveles regionales operando con baja tecnología, mano de obra poco calificada y mínimas habilidades de diseño y administración, sacrificando calidad, productividad y/o solo enfocándose en una parte específica del proceso textil. Esto provocó que al inicio del siglo XXI la industria mexicana perdiera competitividad frente a países del este de Europa y de Asia, principalmente China. Durante el período de

2001 a 2007, la tasa de exportación de prendas de vestir mexicanas decreció aproximadamente un 11% por año en comparación a las prendas fabricadas en China que mostraban crecimiento en sus ventas (Ramírez, 2010). Las mayores exportaciones del sector estaban destinadas a Estados Unidos y Canadá, lo cual produjo una dependencia a la economía extranjera y un riesgo latente a una crisis económica, como sucedió en el año 2000 con una desaceleración en el mercado de Estados Unidos que produjo una notable baja de las exportaciones del sector y a la quiebra a varias empresas nacionales (Simón-Domínguez, 2004). El bajo costo de la mano de obra mexicana dejó de ser una ventaja competitiva para el país ya que los costos eran mayores que en China, India, Honduras y Brasil. Aunque aún se mantenía una ventaja de los costos de logística por posición geográfica de México y el tratado de Libre Comercio que restringió las exportaciones de China a Estados Unidos, esta ventaja empieza a perderse ante la creciente inseguridad en el país que aumenta el costo de transporte debido al robo de embarques y el pago de seguros y la creación de nuevos acuerdos comerciales de los países del norte con otros países (Maldonado-Pérez, 2005).

La Secretaría de Economía propuso un programa para incrementar la competitividad de la cadena fibras-textil vestido que incluye entre sus puntos principales el facilitar la obtención de créditos para las empresas del sector, la reducción o subsidios de tarifas eléctricas, el aumento en la seguridad, el combate al comercio informal y la importación de prendas de baja calidad, así como el apoyo para la integración de la cadena textil y del vestido (Navas, 2018).

Varios autores y economistas han encontrado varios problemas para este plan de acción. Uno de los problemas críticos identificados para la implementación de paquete completo y la integración de la cadena textil-vestido es la situación financiera y la limitada capacidad de las empresas textiles mexicanas. Mientras que una planta promedio en México cuenta con 7,000 husos, solo representa la mitad del promedio europeo y la quinta parte del estadounidense lo que lleva a México a la dependencia de textiles importados y una baja producción que no puede competir con la demanda

internacional (García-Castro, 2004). Otro problema crítico es la falta de capacidad para comercializar y distribuir las prendas de vestir, ya que el mercado está controlado por empresas extranjeras que subcontratan la producción en México. Las consecuencias de estos problemas ya tienen consecuencias económicas: para 2006 ya se habían perdido 49,389 empleos en el sector textil y 185 mil en el de la confección, esta tendencia negativa no se ha revertido (Kalpakjan, 2002).

Para Guillén (2000), la causa principal detrás del estancamiento se encuentra en las políticas neoliberales, provenientes de acuerdos como el Consenso de Washington, el cual no contempla las particularidades y retos de la economía mexicana y solo benefician el mercado norteamericano, por lo que en lugar de corregir el problema del bajo ritmo de crecimiento nacional terminan profundizándolo. Respaldando esta teoría, Calva (2001) considera que la causa del problema se encuentra en la dependencia de la economía mexicana al ciclo económico estadounidense, sumada a la estrategia aplicada en México desde el año 2000, que asigna precios sin contemplar las diferencias en costos entre un país y otro (Guillen, 2000).

La figura 8 muestra el avance incremental en exportaciones textiles de países asiáticos como India, China o Indonesia, mientras México y Brasil permanecen estancados en las mismas posiciones desde hace 30 años, lo que muestra el imparable crecimiento que han tenido los países asiáticos y la desventaja de los países latinoamericanos ante un mercado que exige cada vez más variedad de productos textiles a un precio más competitivo.

| Rank | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
|------|----------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|
| 1 | United States | United States | United States | United States |
| 2 | Germany | Japan | Japan | China |
| 3 | Japan | Germany | Germany | Japan |
| 4 | United Kingdom | Italy | China | Germany |
| 5 | France | United Kingdom | United Kingdom | Italy |
| 6 | Italy | France | Italy | Brazil |
| 7 | China | China | France | South Korea |
| 8 | Brazil | Brazil | South Korea | France |
| 9 | Spain | Spain | Canada | United Kingdom |
| 10 | Canada | Canada | Mexico | India |
| 11 | Mexico | South Korea ¹ | Spain | Russia ² |
| 12 | Australia | Mexico | Brazil | Mexico |
| 13 | Netherlands | Turkey | Taiwan | Indonesia ² |
| 14 | Argentina | India | India | Spain |
| 15 | India | Taiwan | Turkey | Canada |

Figura 8. Top 15 industrias manufactureras a nivel mundial en los últimos 50 años. Fuente: IHS Global Insight. McKinsey Global Institute (2011)

Para el año 2020, la industria textil representó un PIB promedio del 4% en el país, con una participación en el maquilado, producción de materias primas y manufactura, producción de fibras sintéticas, prendas de vestir, calzado, artículos para baño y telas, sin embargo, en el año 2002, se alcanzó un tope histórico del 7.3% (Reyes, 2004). Para inicios de 2020, los empresarios textiles se muestran estables financieramente, y con su línea de productos textiles estables, pero con pocos ánimos de invertir en tecnología, debido a que apenas pueden sostener sus pedidos con el equipo y personal con el que cuentan actualmente, y que no vislumbran un crecimiento a nuevos clientes en los próximos años. Al contrario, se mantienen expectantes ante una posible crisis económica. Junto a la industria papelera, la textil es la que menos inversión recibe en nuevas tecnologías. Es necesario un atractivo esquema de inversión y estímulos por parte del gobierno para que más empresarios tomen el riesgo y decidan invertir en innovaciones tecnológicas que permitan empresas más competitivas internacionalmente (Secretaría de Economía, 2016).

1.3 La empresa bajo estudio.

La empresa bajo estudio tiene raíces inmigrantes sirias de origen sefardí (religión judía y raza árabe). en 1964, ya establecidos en la Ciudad de México, comenzaron dedicados al negocio zapatero, el cual los mantuvo los primeros años. Debido a problemas de saturación en dicho mercado, la empresa cambia de giro abriendo una fábrica de fajas, con la cual comenzó a relacionarse con el mercado textil. Trece años más tarde abrieron la primera planta dedicada a la producción de cintas y elásticos, para años después incorporar los departamentos de hilatura y tejido de punto.

A través de alianzas con otras empresas del ramo, en 1987, comienzan a maquilar a firmas extranjeras y tiendas departamentales. Años más tarde, gracias a la apertura comercial a través del TLCAN, la empresa consiguió como aliados a empresarios estadounidenses que lo vieron como una pieza clave para expandirse en México más que un rival. Éstas y otras alianzas impulsaron a la empresa a exportar a Estados Unidos, Latinoamérica y Europa.

En 2004, la empresa fusiona sus divisiones de hilatura y acabado, reubicando la maquinaria en una misma planta industrial y absorbiendo las diversas empresas colaboradoras, manteniéndolas bajo una sola razón social.

Actualmente, dentro de la planta se efectúan procesos de hilatura, urdido, blanqueo, teñido, y acabado. La materia prima se obtiene a través de una empresa dedicada y se vende la tela en rollo para confeccionado y elaboración de productos finales a mayoristas y exportada en un 40% a Estados Unidos. Dentro de la línea de productos que manejan están: Fibras, hilos continuos, monofilamentos y láminas artificiales y sintéticas.

Se cuenta con el apoyo de alianzas con empresas manufactureras nacionales que transforman y distribuyen una gama de productos entre los que destacan, ropa interior, confección de ropa de uso general y escolar, sábanas y cobijas y recubrimiento para muebles de oficina y del hogar.

La empresa bajo estudio está conformada en 7 niveles, tres en los niveles de alta dirección y las distintas subramas en cada departamento hasta la línea operativa. El director o gerente, miembro de la familia que ha heredado la planta desde hace tres generaciones, autoriza las compras y las decisiones financieras de mayor monto apoyado en un subdirector que está a cargo de la operación de la empresa. Los cuatro departamentos más importantes están formados por el área administrativa, que revisa la situación financiera de la empresa y mantiene los pagos a proveedores y los créditos otorgados a los clientes; el departamento de mercadotecnia es el más pequeño y se encarga de publicitar la marca y los distintos productos que la empresa ofrece; el departamento comercial, encargado de controlar las ventas, y dar seguimiento a los proyectos; el departamento de sistemas atiende los canales de comunicación: telefonía, equipos de cómputo, internet, video conferencias y gestiona los equipos celulares y de radio comunicación.

El área de producción, dividida en los distintos subdepartamentos con que cuenta la empresa, cuenta con jefes que coordinan la producción y gestionan el área operativa y las entradas y salidas del almacén, donde se almacena el producto antes de salir a las entregas. Algunos departamentos, como el área de recursos humanos, no tienen un área definida, y comparten espacio con los departamentos de ventas.

La figura 9 resume la estructura organizacional, mostrando los departamentos principales y su correlación hasta su última actualización en el 2018. El número de colaboradores

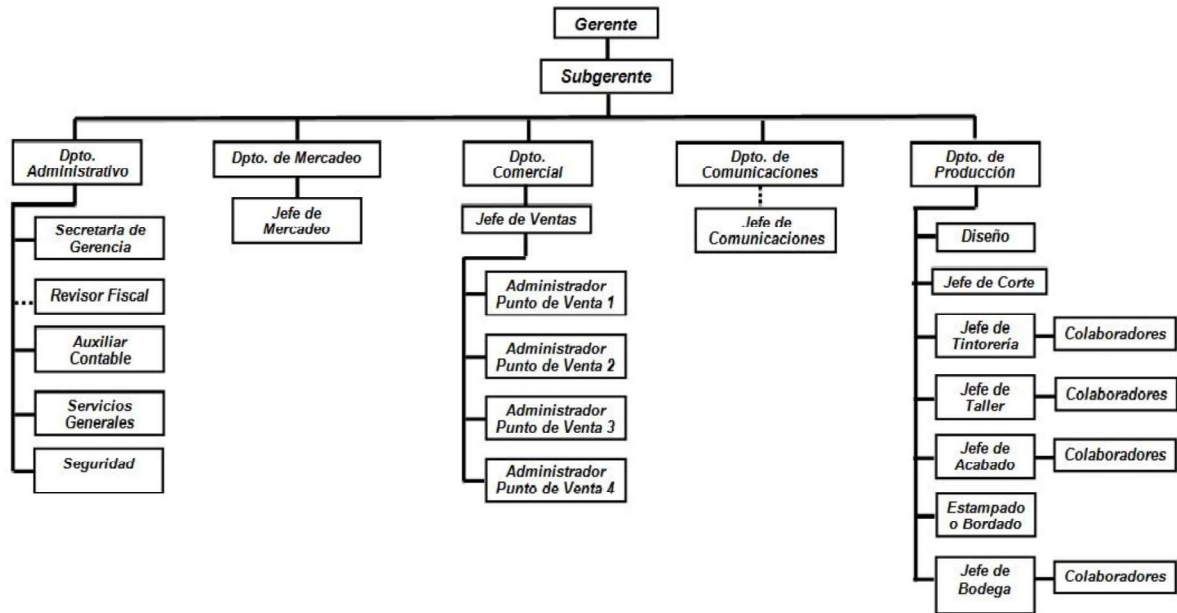


Figura 9.. Estructura organizacional. Basada en el organigrama de la empresa bajo estudio (2018).

1.3.1. Planteamiento del problema.

Actualmente las naciones se enfrentan al difícil reto de combatir los efectos ecológicos adversos, como el cambio climático y el uso de recursos no renovables, al mismo tiempo que persigue el crecimiento económico del país. De ahí, el papel fundamental que desempeña el sector energético en el desarrollo económico y social de un país. Por lo tanto, resulta primordial cambiar la forma en que el país genera, distribuye y consume la energía para así garantizar un futuro más sustentable.

La empresa bajo estudio está preocupada por el alto consumo energético. Cada mes el pago de su recibo eléctrico equivale hasta un 30% de utilidad neta, sumado a otros gastos fijos como impuestos, agua, nómina y reparto. Durante la crisis en el 2000-2004, ha cerrado dos de sus plantas de producción y las ha concentrado en una sola nave industrial. El traslado de maquinaria fue acelerado para eliminar los costos de renta y no se tomó la planeación adecuada. El contrato por potencia contratada a la Comisión Federal de Electricidad subió de 500 a 750 kW, pero los tableros de distribución y la subestación quedaron cortos y saturados: De una distribución original

distribuida a un 75% de su capacidad, se sobresaturaron al 115% de su capacidad, por algunos meses, y más tarde se adquirió equipo complementario para dejar la distribución de energía al 90%. Los equipos provenientes de las otras dos plantas fueron colocados sin una previsión adecuada, por lo que los espacios se saturaron, pudiendo dejar hasta cuatro máquinas instaladas en una nave cuando el espacio recomendado es de dos y máximo tres. Esto causó que las tuberías para proveer los servicios, como agua, vapor y drenajes quedaran comprimidas y sin dejar espacio para labores de mantenimiento, además de que se aumentó la demanda de cada servicio al doble. Por las condiciones del proceso, la temperatura del cuarto se incrementó con un promedio de 38°C, deteriorando el estado de los componentes electrónicos, sensores y válvulas, las cuales presentan óxido y fallas generales, así como molestias al personal que debe permanecer en esos espacios, disminuyendo su eficiencia.

La maquinaria presente fue comprada de segunda mano y presenta la mayor parte de los equipos automáticos originales dañados parcialmente, por lo que los procesos son de forma semiautomática, con una intervención constante del operador lo que afecta la calidad y repetibilidad de los productos. En los equipos que lo permitieron, se reutilizó el cableado de la planta anterior.

Aunque se han implementado medidas y campañas para ahorrar energía, como migrar a sistemas de iluminación tipo LED para la iluminación paulatinamente, reemplazar aparatos eléctricos antiguos de uso común como el microondas y refrigerador por otros de mayor ahorro, el mayor consumo sigue proviniendo de la maquinaria de producción e hilatura, la cual cuenta con la mayoría de su equipo conformado por maquinaria antigua, algunas con fecha de fabricación de 1976.

El gobierno a partir de abril de 2019 instituyó el código de red, que obliga a las empresas a aprovechar mejor la energía eléctrica e implementar sistemas más eficientes en los procesos. En caso de que el gobierno detecte alguna irregularidad o falta, la empresa puede ser sancionada. Es por ello por lo que el director de la empresa

ha solicitado la asesoría de un grupo especializado en el ahorro de energía, y analizar opciones que corrijan los problemas eléctricos detectados y se evite incurrir en multas. Asimismo, se busca realizar una reestructura de tableros eléctricos, modernizar algunos equipos comprometerse en invertir en fuentes alternativas para reducir el consumo eléctrico actual.

1.3.2 Enunciado del problema.

¿En qué medida la integración y uso de la innovación tecnológica contribuye a incrementar el ahorro energético en una mediana empresa textil?

1.3.3 Objetivo general

Proponer acciones de mejora con base en la integración y uso de la innovación tecnológica con el fin de incrementar el ahorro energético de una mediana empresa del ramo textil en México.

1.3.4 Objetivos específicos.

- Identificar los procesos de producción y áreas específicas en la empresa bajo estudio que están relacionados con altos consumos eléctricos.
- Evaluar los puntos críticos que requieren una mejora a nivel eléctrico con los que cuenta la empresa bajo estudio.
- Identificar las innovaciones tecnológicas presentes en el país que contribuyan al ahorro energético y que se ajusten al presupuesto de la empresa bajo estudio.
- Evaluar la implementación de equipos con innovación tecnológica en los procesos de la empresa bajo estudio y los beneficios obtenidos.
- Generar acciones de mejora que fomenten el ahorro energético en una mediana empresa textil.

1.3.5 Preguntas de investigación.

- ¿Cuáles son los procesos de producción y áreas específicas en la empresa bajo estudio que están relacionados con altos consumos eléctricos?
- ¿Dónde se ubican los puntos críticos que requieren una mejora a nivel eléctrico con los que cuenta la empresa bajo estudio?
- ¿Existen innovaciones tecnológicas presentes en México que contribuyan al ahorro energético y se ajusten al presupuesto de la empresa bajo estudio?
- Al adquirir equipos con innovación tecnológica ¿es factible implementarlos en los procesos de la empresa bajo estudio y que beneficios se obtienen?
- ¿Qué acciones de mejora se pueden sugerir para fomentar el ahorro energético en una mediana empresa textil?

1.3.6 Justificación

Durante la última década, la sociedad avanza a ritmos insostenibles. Según los datos del censo de población de 2015, tan solo en México, el crecimiento de la población contempla casi 120 millones de personas, lo que representa una tasa anual de crecimiento del 1.4%. A la par del crecimiento poblacional, aumenta la velocidad en la que consumimos bienes y servicios básicos, entre los que se incluyen los recursos energéticos, y los métodos de producción convencionales comienzan a ser insuficientes. No somos plenamente conscientes de cuánta energía se consume y desperdicia a diario ni de la procedencia de dicha energía.

Durante décadas, el método más utilizado para producir energía eléctrica es la quema de combustibles fósiles, como son el petróleo y sus derivados o el carbón, los cuales, además de representar un riesgo hacia el medio ambiente presente y futuro, son recursos no renovables y cada día más escasos y costosos. La necesidad de conciliar la demanda de la población y la generación de energía suficiente para el

funcionamiento óptimo de un país responde a una prevención que tarde o temprano, amenaza con provocar una problemática difícil de enfrentar sino se toman las medidas preventivas. Mientras más pronto tomemos acciones en el presente, mejor nivel de calidad de vida y progreso serán posible en el futuro.

Las políticas en México con relación a eficiencia energética han cobrado mayor importancia en la última década. Se han realizado cambios en las reformas en de Pemex y CFE, las principales compañías gubernamentales encargadas de la extracción de materias primas y transformación en fuentes de energía, con el fin de aumentar su competitividad, pero el reporte registrado por diversas organizaciones privadas es que no han tenido los resultados que se esperaban: ambas empresas se encuentran en severos problemas de presupuesto, lo que dificulta las buenas prácticas en las industrias nacionales, las mayores consumidoras de energía primaria. Por razones constitucionales, estas empresas se encuentran protegidas de inversiones extranjeras, para preservar el patrimonio, por lo que toda inversión futura deberá subsanarse con fondos gubernamentales (Vargas, 2018).

Debido a que las reglamentaciones orientadas a un consumo más eficiente de recursos energéticos en territorio mexicano en la última década han sido hasta el momento voluntarias, son pocos los sectores interesados en invertir en sistemas alternos y sustentables. Se podría decir que el asunto de ahorro energético ha tenido un enfoque de conciencia medioambiental, donde el giro se ha vuelto más un tema de mercadotecnia que de interés por obtener una empresa con procesos orientados a un consumo más eficiente. Y mientras empresas trasnacionales pueden invertir en este tipo de campañas, aun se necesita incentivar a las medianas empresas para implementar prácticas responsables orientadas al ahorro de energía. Con la aprobación de la reforma energética en el 2016 y la implementación gradual de medidas más severas a las industrias los cambios e implementaciones que sufre la industria y su inversión en innovaciones tecnológicas ha ido en crecimiento en los últimos cinco años (Secretaría de Energía, 2018). Las últimas licitaciones buscan

captar inversión extranjera para reinvertir en nuevas tecnologías y mejorar las técnicas de extracción y generación de las empresas eléctricas y petroleras del país.

El fomento a utilizar la energía eléctrica de forma eficiente no corresponde solo a una postura ecológica, sino que representa un ahorro significativo en el bolsillo del cliente, el cual es medible y evidente desde el primer mes, lo que permite justificar inversiones que se amortizan en corto y mediano plazo y que muchas veces van ligadas a hábitos del personal. Aunque el uso eficiente de la energía debiera ser un asunto prioritario para todos los sectores productivos y a nivel residencial, el punto crítico está en el sector industrial, ya que, al tener mayor consumo energético, las medidas económicas y técnicas se visualizarán de forma más evidente y el impacto global será mayor (Edward, 2003).



CAPÍTULO 2

Innovación tecnológica
y ahorro energético

Capítulo 2. Innovación tecnológica y ahorro energético.

La innovación tecnológica se ha convertido en el motor que impulsa la transformación y el crecimiento de las compañías. La innovación hoy en día permite aprovechar mejor los recursos para obtener mayores beneficios tanto económicos, sociales y en el caso de las empresas, consolidar su marca o hacerla sinónimo de calidad. Hoy en día las empresas luchan por mantener un plan estratégico que incluya la sostenibilidad a largo plazo, por lo que la definición de innovación empresarial se refiere no solo a realizar algún producto diferente y novedoso, sino una mejora en todas las etapas del proceso, desde la selección de la materia prima, hasta los canales de venta y distribución.

Para mantener la preferencia de los clientes, todas estas innovaciones tecnológicas deben realizarse internamente analizando las oportunidades y cambios que el mercado demande, identificar oportunidades de innovar. Para realizar esto sin que repercuta en elevar los costos del producto final, se necesita una gestión y eficiencia de los medios disponibles, tanto humanos como materiales, hacer más y mejor utilizando los mismos recursos o, en otras palabras, ahorrar recursos, sin que esto represente una pérdida en la calidad ni una disminución en la utilidad de la empresa: controlar los costos, aumentar los ingresos y maximizar las ganancias (Secretaría de Economía, 2016).

Dado que las empresas que participan en el sector de la industria de la transformación consumen un alto porcentaje de la energía eléctrica con alrededor de un 58% del total generado (Gupta, 2017), es importante implementar un plan de ahorro energético que contemple equipos eléctricos y electrónicos que usen de forma más eficiente la energía. Cada vez hay más ofertas en el mercado que ofrecen altas prestaciones y ventajas con relación a equipos desarrollados hace una década o más y con un costo cada vez más accesible.

2.1 Innovación tecnológica

El mundo actual está enteramente ligado a la tecnología y la innovación. Desde el modelo de celular que se ha convertido en una herramienta imprescindible en el trabajo, hasta los aparatos electrónicos de uso diario. El ser humano interactúa con la tecnología y la adopta, mejorando su calidad de vida y facilitando tareas que antes llevarían más tiempo ejecutar. Sin embargo, hace poco más de 100 años, el término innovación tecnológica era exclusivamente relacionado con complejas máquinas de producción o para señalar importantes avances de índole militar. Las industrias, entre ellas la textil, crecieron y/o mejoraron la calidad de sus bienes y servicios al incorporar la innovación tecnológica a sus procesos a partir de la primera revolución industrial, y no se ha detenido desde entonces. No solo incrementan la velocidad de producción, siendo capaz de cubrir las necesidades de una población con mayores habitantes, sino que permiten un mayor estándar de calidad y variedad en su gama de productos, con una revisión microscópica del tejido y de las diferencias en el color, imperceptibles a simple vista, previniendo devoluciones y reprocesos que se traducen en menor margen de ganancia para las empresas.

El término innovación tecnológica surge por vez primera a partir de la Primera revolución industrial, aunque ya se le atribuían ideas relacionadas con el arte y oficios entre los griegos y romanos. Es a partir de 1777 donde en varias universidades europeas atribuyeron el término a la aplicación de conocimientos y habilidades con el objetivo de facilitar los problemas de la sociedad hasta satisfacerlas en un ámbito concreto. (Buckingham, 2007) La innovación y tecnología toman por vez primera el rol fundamental para lograr un progreso y el cambio social de distintos países que las adoptaron y se relacionan íntimamente con la ciencia, principalmente las ramas de física, química y la biología. Desde ese momento y a la fecha, la técnica, el conocimiento y la ciencia son variables de las que se derivan los avances de innovación. Más tarde, en 1857, Carlos Marx relaciona el concepto de tecnología con las nascentes ciencias de la economía y la sociología, agregando una importancia social a la tecnología, considerándola indispensable para el progreso de una nación (Marx, 2005).

Para Schumpeter, la innovación tecnológica se entiende como una de las causas del desarrollo económico, como un proceso de transformación económica, social y cultural, y la definió como: la introducción de nuevos bienes y servicios en el mercado, el surgimiento de nuevos métodos de producción y transporte, la consecución de la apertura de un nuevo mercado, la generación de una nueva fuente de oferta de materias primas y el cambio en la organización en su proceso de gestión (Schumpeter, 1978).

A partir del siglo XX, la innovación tecnológica se convierte en una variable estratégica para la empresa, donde se combinan los avances en maquinaria y técnicas en los procesos como el desarrollo de una cultura organizacional que aproveche la estructura de las empresas en función de sus capacidades de gestión y en otros aspectos organizacionales, de manera que puedan responder adecuadamente a las demandas del mercado. Más sin embargo, si la empresa no dispone de personal capacitado para una gestión eficiente, la ventaja tecnológica se desperdicia (Mantulak, 2017).

En la actualidad, la innovación tecnológica ha adquirido cada vez un significado que ha dejado de ser aplicable solo a procesos y cultura organizacional, sino que ha pasado a utilizarse para gestión de sistemas o análisis de grandes bases de datos. En los últimos años, conceptos de tecnologías en informática o desarrollo de software son tan importantes en la actividad económica de las industrias y países como lo es el uso de la energía y la especialización del personal.

Para las empresas textiles, la primera de las industrias en incorporar procesos automatizados, la innovación tecnológica ha sido parte fundamental de su crecimiento. Desde el aumento en las piezas producidas por horas de trabajo hasta mejoras en los procesos y nuevos materiales más durables y con nuevas aplicaciones. A diferencia de otras industrias como la química o la automotriz, que han implementado un alto estándar de calidad, innovación y tecnología de punta en todas las empresas a nivel mundial a fin de ser competitivas, en las textiles se tienen distintos estratos económicos tanto en las industrias como en los productos elaborados. La alta

inversión inicial para comprar una máquina de mejor tecnología y la necesidad de innovar en técnicas de producción y desarrollar mano de obra calificada que pueda operar y dar mantenimiento a la maquinaria ha impedido su difusión e implementación en diversos países en vías de industrialización. En muchas empresas textiles se sigue prefiriendo un proceso semiautomático, complementado por la subcontratación de maquiladoras y hasta la elaboración de productos de manera casi artesanal. Marcas tan prestigiosas como Nike o Adidas, producen y elaboran sus prendas de vestir en más de 28 países, principalmente Vietnam, China e Indonesia, con el fin de reducir costos de producción y manufactura, y aunque conservan alrededor de 68 plantas en Estados Unidos, obtienen el 88% de su producción de 744 centros y un millón de trabajadores alrededor del mundo. (Riera, 2010). Pero eso no significa que cada país en vías de industrialización deba conformarse con ser la maquiladora de empresas transnacionales; algunas empresas mexicanas como Zaga o Atlética han decidido invertir en tecnología y actualmente dominan el mercado nacional y exportan un buen porcentaje de prendas a diversos países con el respaldo de la planta matriz. Es una muestra de que se puede conseguir un crecimiento empresarial si se sabe invertir en innovación tecnológica adecuadamente.

Es innegable el desarrollo y crecimiento de una empresa que tiene presente la innovación de sus productos. En tiempos antiguos, la idea de innovación era rechazada y hasta castigada. Alrededor del siglo XIII al XVI, muchas personas con mentes brillantes fueron condenadas a la cárcel y hasta la muerte, por prácticas distintas a las tradicionales o que no se apegaban a los principios religiosos de la época, en un intento del estado o de la iglesia por mantener el orden y evitar la violencia colectiva de la nación. La innovación tecnológica presenta una oportunidad de cambio, pero a su vez, un riesgo al orden conocido. Favorece a aquellos que se adaptan al nuevo orden, pero menosprecia a quienes mantienen una postura cautelosa o tradicional, y pone en duda lo ya conocido. A medida que las ideas fueron adoptándose, se ha podido desarrollar la música, el arte, la ciencia y la tecnología (Visser, 2002). Desde el punto de vista económico, pone en riesgo a la empresa que

busca la innovación, ya que arriesga el capital logrado por un nuevo resultado que podría o no, ser aceptado por el consumidor.

Innovar es lograr conseguir un objetivo o fin a través del conocimiento, pero realizándolo por diversas formas que no se habían seguido anteriormente. No es suficiente con seguir un camino único y nuevo, sino que este debe representar una mejora demostrable. De nada sirve tomar uno o diez caminos distintos para llegar a casa, si al hacerlo nos genera más tiempo o gasto de recursos. "Innovación son ideas originales que generan valor, social o económico, de forma sostenible" (OCDE, 1997). La innovación va encaminada al progreso y a hacer más eficiente una forma que usábamos, por una mejor que nos ahorre tiempo, dinero y/o esfuerzo. Si después de varios intentos, encontramos un camino que nos lleve a casa y nos ahorre tiempo y dinero ¿No preferiríamos adoptarlo y tomarlo todos los días, descartando los caminos distintos a este? Para las industrias actuales, sujetas a una intensa competencia local e internacional, las empresas que se arriesgan a algo nuevo sobresalen por aquellas que siguen elaborando los mismos productos por décadas, aún en aquellos productos con un tiempo de vida alto en el mercado. Gracias a la innovación se mejoran los procesos, se crean nuevos productos, las compañías adquieren una mejor organización y los resultados incrementan la riqueza y el bienestar de las empresas y las personas.

2.1.1 Etapas del ciclo de vida

Aunque la innovación tecnológica no es propia de las empresas, son estas las que han puesto más énfasis en desarrollarla por obvias razones. Una empresa que no innova continuamente tiene un ciclo de vida menor a 30 años; no es suficiente solucionar problemas con eficiencia, sino que esta creatividad debe generar riqueza y ser sostenible a lo largo del tiempo.

En términos generales, el ciclo de vida es un proceso cronológico desde el lanzamiento de una innovación durante el tiempo que permanece en el mercado, para detallar cada fase, se clasificó en cuatro etapas, aunque hay autores como Harold Fox

(1973) o Kotter y Armstrong (2013) que contemplan una etapa previa de precomercialización o desarrollo del producto, y autores como Munera y Rodríguez (2002) que contemplan una etapa final denominada petrificación (Santos, 2018).

Introducción. Una vez aprobada la etapa de desarrollo, se realiza el lanzamiento del producto. Es una etapa llena de incertidumbre y riesgo, ya que los compradores mantienen su primer contacto llenos de expectativa y dudas, y solo un porcentaje de ellos tomará el riesgo de probarlo y/o comprarlo. Al tener que absorber los costos de lanzamiento, marketing y distribución, los precios son elevados y los primeros lotes pueden presentar deficiencias o errores no detectados que deberían ser corregidas en versiones posteriores. A menos que el error sea grave, este puede ser absorbido y aún si los primeros clientes están descontentos o las primeras críticas no sean muy favorables, puede ser subsanado si la empresa toma las medidas adecuadas.

Crecimiento. Una vez posicionado, la innovación se posiciona en el segmento de mercado y va siendo aceptado por los compradores, por lo que sus ventas empiezan a incrementarse. Empieza a crecer el interés de los competidores en igualar la oferta y es posible que lancen productos similares, intentando diferenciar su producto y posicionar su marca.

Madurez. Las ventas siguen subiendo, pero de forma más lenta y decreciente, el mercado se encuentra ya inundado del producto innovador. Se encuentra competencia considerable que intentan sacar mejoras y propuestas para hacer el producto más atractivo y sostener el pico de ventas.

Declive. En la última etapa, el producto innovador ha dejado de ser atractivo a los compradores, las ventas empiezan a bajar gradualmente y nuevas opciones más atractivas lo sustituyen en el mercado. Los costos de producción superan a las ganancias por lo que el producto deja de ser rentable y se vuelve obsoleto. El que un producto llegue a su etapa de declive no significa que desaparezca del mercado. Algún proceso de innovación o cambio en el mercado puede volver a reactivarlo tiempo

después y algunos productos de consumo diario pueden conservar una curva de madurez muy holgada de décadas y décadas de duración.

2.1.2 Clasificación de la innovación.

Debido a los distintos enfoques que pueden adoptarse durante la creación de nuevas innovaciones tecnológicas, se han considerado distintas clasificaciones de modo que las investigaciones den énfasis a las prioridades del I+D (departamento de Investigación y Desarrollo). Hay diversas clasificaciones en base a distintos autores, la más aceptada corre por cuenta de Schumpeter (1944) que divide las innovaciones en incrementales y radicales. Aunque más adelante diversos autores como Freeman (1971), utilizó criterios diversos para clasificar las innovaciones en cinco tipos distintas: sistémicas, importantes, menores, incrementales y no registradas. Para propósitos de la investigación se utilizará solamente el diseño de innovación incremental y radical.

Una innovación incremental se produce cuando se toma una idea o proceso ya establecido y probado y se le agregan distintas mejoras, de modo que los clientes sigan manteniendo el interés. Las empresas que optan por la innovación incremental no buscan transformar de forma drástica la estructura del mercado, sino a mejorar las experiencias con el cliente de forma progresiva lo que también sirve para crear una diferencia asociada a la marca. Esta postura, al estar asociada a un producto ya conocido por los clientes, tiene mayor probabilidad de éxito y la inversión en el departamento de I+D es más conservadora. Se tiene la desventaja de que el beneficio económico se produce en un lapso a largo plazo y que la innovación sea opacada por un lanzamiento de la competencia de la misma línea de producto. Un ejemplo de innovación incremental es la aparición de rayón y fibras artificiales en la industria textil, ya que mejoró los procesos de obtención de materia prima, aunque se conservaron los tipos de prenda y los procesos de producción sin cambios críticos (Toledo, 2015).

Por otro lado, la innovación radical, también conocida como de ruptura, incluye una característica novedosa que la hace destacar o un producto totalmente nuevo en el

mercado. Como su nombre lo sugiere, crean un parteaguas o cambio radical en el mercado que permite la generación de nuevos negocios o abre nuevas formas de comercialización creando nuevas necesidades en el consumidor, lo que genera un alto flujo de ventas, convirtiendo a la empresa desarrolladora en líder dentro de su nicho de mercado, al menos hasta que las empresas competidoras consigan igualar la innovación con productos similares. Entre las principales desventajas está el hecho de que requieren altos tiempos de desarrollo e investigación, lo que eleva los recursos que requieren ser destinados, tanto económicos como en personal profesional. Para su lanzamiento requieren una buena investigación mercadológica para colocar el producto en la mente del cliente. Como ejemplos de innovaciones radicales en la industria textil se tiene el nylon, que debido a sus propiedades de elasticidad y resistencia se utiliza en muchas prendas de vestir como medias, trajes de baño y para el deporte, además de generar nuevas líneas de negocio al utilizarse en rodamientos, neumáticos, poleas, cuerdas, redes de pesca, guantes, entre muchos otros (Matovelle, 2021).

Desde el punto de vista de Schumpeter, se consideran las innovaciones radicales más valiosas, ya que permiten revolucionar la industria y generar transformación en la sociedad y la economía de un país, permitiendo la creación de nuevos mercados, empresas y líneas de producto o negocio. Sin embargo, para las empresas innovadoras, suponen un riesgo mayor de fracasar o no ser aceptadas, así como tiempos de desarrollo e inversiones más altas que las innovaciones incrementales. Otros autores como Damanpour (2001) consideran las innovaciones tecnológicas de producto relacionadas con el proceso de producción como cambios radicales, estos cambios pueden incluir el diseño, el proceso de fabricación, logística y distribución, modificación a las líneas de producción, o mejoras en los sistemas de gestión, estas innovaciones contribuyen a modificar la estructura organizacional de la empresa o mejorar sus procesos internos, lo que representa una ventaja competitiva (Damanpour, 1991). Algunas empresas, incluidas aquellas consolidadas por varias generaciones puede desaparecer al aparecer una innovación disruptiva que haga obsoleto el producto o servicio que ofrecía (Martiniano, 2012).

Otra clasificación importante es la guía metodológica utilizada en el Manual de Oslo (2005). Este manual surge en 1992 como una guía basada en encuestas y estadísticas, de los parámetros y utilidades para evaluar y comprender mejor la innovación tecnológica en los productos o procesos del sector industrial, donde a lo largo de las ediciones posteriores, se han incluido conceptos, definiciones y metodologías entre las empresas, los proveedores y los clientes y su relación con los procesos de innovación tecnológica y ha incluido otros sectores relacionados como el de servicios. El manual utiliza cuatro tipos de innovaciones: producto, proceso, marketing y organización. Las actividades de innovación incluyen todas las actuaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que conducen a la innovación. Se consideran tanto las actividades que hayan producido éxito, como las que estén en curso o aquellas canceladas por diversos motivos (Sánchez P. , 2005-2008)

Pero la innovación tecnológica no es gratuita y el costo no sólo es económico, sino también de gestión y planeación. Al tratarse de algo nuevo, muchas veces los resultados son imprevisibles y no siempre terminan en éxito, o no cuentan con el apoyo de los inversionistas. Las empresas que lanzaron la innovación deben absorber los gastos de desarrollo, marketing y lanzamiento del producto. Muchas ideas e implementaciones son desechadas por personas u organizaciones debido a su alto coste o por no cumplir con ciertas condiciones que detallaremos a continuación.

Para que una patente, invento o descubrimiento cuente como innovación, se deben cumplir los siguientes puntos:

- Novedosa: No solo en el país de origen, sino a escala mundial. Aunque hay innovaciones solo aplicables a ciertos países, sobre todo aquellos con una economía y población abundante como China, lo mejor es que la innovación sea universal.
- Sea una acción, un proceso o una actividad, que realiza una modificación significativa de tipo incremental o disruptiva
- La innovación debe ser lanzada y que esta acción tenga un beneficio en el mercado. Las ideas que se quedan en el aire no son valiosas hasta que una

empresa pueda mostrar una pieza física y funcional, y sobre todo, que genere ganancias.

- Sostenible con el tiempo, si la idea solo representa un éxito pasajero, es posible que no alcance siquiera a cubrir los costos de desarrollo.
- Que sea costeable, aunque hay innovaciones dirigidas a mercados y grupos específicos, lo ideal es que sea del alcance de todos o la mayoría de personas para garantizar su éxito y permanencia en el mercado (García F. , 2012)

Otro de los riesgos al adoptar una innovación en la empresa, es preparar a la gente dentro de una organización para que la adopte. No todos los trabajadores reciben con entusiasmo cambios en los procesos de producción, pues los llena de dudas e incertidumbre, ya que relacionan la tecnología con la disminución de personal operativo. Esta renuencia al cambio ocasiona costos y retrasa la implementación. Si la gestión no se hace adecuadamente, es posible que una empresa no pueda (o no quiera) absorber los gastos de desarrollo y termine por cancelar una innovación. La investigación puede servir entonces de modelo para nuevas innovaciones o venderse a empresas relacionadas que puedan darle un mejor uso (Maza, 2012).

A pesar de los riesgos que conlleva la implementación de una innovación, el coste de desarrollar una innovación siempre es inferior al coste de no hacerla. No solo representa una ganancia creciente de una nueva línea a la cual se renuncia, sino que nos deja en desventaja ante movimientos que realice la competencia: Para la década de los 80s, las empresas que invirtieron y cambiaron la moda a pantalones de mezclilla sobrevivieron y prosperaron mientras que las industrias que mantuvieron una tendencia a los pantalones de poliéster, perdiendo presencia en el mercado y en muchas ocasiones, desaparecieron (Alonso, 2016). Lo mismo pasa actualmente con empresas que han invertido en desarrollar materiales más resistentes, más livianos o a prueba de polvo y suciedad.

Una tendencia de innovación tecnológica que está revolucionando a las industrias es el concepto de automatizar los procesos de producción por medio de sistemas

embebidos y que estos sean capaces de comunicarse entre sí, a esto se le conoce como Smart Factories, con la finalidad de flexibilizar la producción y personalizar las prendas para satisfacer las demandas de los clientes, minimizar los costos de inventario e incrementar las ganancias. (Salvastano, 2019). Los beneficios obtenidos a partir de un sistema que envía información continuamente son el poder prever una falla al retroalimentar el lazo, teniendo menor número de lotes rechazados o reprocesos. En el caso de los diseños de telas tejidas, la conexión online permite modificar los patrones y colocar los nuevos diseños en segundos, contrario a la reprogramación máquina a máquina tradicional, lo que ahorra tiempo de producción (Moxley, 2019).

La industria textil ha dejado también de ser exclusivamente para confección de ropa y tejidos, en últimos años se crea el termino High Performance Clothing, el cual tiene el objetivo de crear prendas con propiedades especiales y que puedan ser usadas en distintos ámbitos, como la milicia o como complemento para industrias como la construcción, naciendo así los llamados tejidos inteligentes (Smart textiles), donde la ropa incorpora dispositivos electrónicos capaces de interactuar como lo haría un celular, enviando información como temperatura, humedad, sudor tanto del medio ambiente como del cuerpo humano. Además de contar con materiales más ligeros o que conservan mejor el calor para ambientes fríos, estos evitan sudoración excesiva, neutralizan el mal olor, son repelentes a las manchas o regulan la temperatura. Este tipo de innovación es utilizada mayormente en atletas para eventos como los juegos olímpicos, deportes populares como el futbol americano o el soccer, o para practicar deportes en ambientes extremos, como el Ártico o a altas profundidades del mar (McLoughlin, 2017).

2.1.3 Tecnologías disruptivas

El término, introducido por Clayton Christensen (1997), hace énfasis en tecnologías que satisfacen las necesidades de un segmento de clientes, de forma novedosa, de tal modo que generan la aparición de nuevos clientes y roles, y eliminando otros. A diferencia de la innovación, que presenta una propuesta siempre incremental, la disrupción ofrece una alternativa a clientes potenciales que no se había explorado con la oferta actual (Sartor, 2017).

Una tecnología disruptiva presente en México son los dispositivos electrónicos incorporados a las prendas de ropa (wearables) o acompañados en una presentación complementaria: pulseras, relojes inteligentes o chips integrados dentro de las prendas que se entrelazan inalámbricamente con alguna aplicación del celular. La información recopilada por estos sensores incluye datos generales del usuario como temperatura, ritmo cardíaco, número de pasos, kilómetros recorridos, ubicación geográfica y tiendas o establecimientos que visitan. Es común encontrarlos en prendas deportivas en especial zapatos, de modo que lleven registros de los ejercicios y actividad e históricos, ritmo cardíaco y oxigenación, monitoreo de sueño y conexión bluetooth con el celular. Debido a que es dirigido a un sector específico de compradores no podría considerarse una innovación como tal dentro del mercado; la novedad de incorporar ropa inteligente o accesorios vinculados abre el interés de usuarios aficionados al deporte y a la tecnología y puede derivar en un nuevo segmento de mercado o mejoras que sean de usos más universales. A menudo las empresas desarrolladoras terminan por desechar la innovación, ya sea por factores económicos generales, como altos costos y escasez de la demanda, factores empresariales, como falta de personal calificado o limitantes en tecnología, o incluso factores gubernamentales, como regulaciones y normas o ética moral. La figura 10 analiza el comportamiento común cuando una tecnología disruptiva aparece: al inicio de su lanzamiento se muestra una curva de entusiasmo elevada, con altas expectativas. Las empresas pioneras que hacen los primeros lanzamientos prevén un

crecimiento que revolucionará el mercado donde se ubique, una vez superado el pico máximo de expectativa o meseta, se produce una caída acelerada de realidad, en especial por los altos costos de las primeras muestras, o la aparición de réplicas por parte de empresas rivales que crean una división en el mercado, a esta etapa se le conoce como abismo de iluminación. Si la caída no se detiene, la tecnología muere y desaparece, pero si la tecnología disruptiva puede frenar esta caída, comienza una fase de crecimiento maduro en el que los desarrolladores entienden mejor los alcances razonables que se pueden alcanzar aplicando la tecnología y cómo podría evolucionar; los costos empiezan a bajar lo que ayuda a hacerlo costeable (Luna P. , 2019). De este modo, la tecnología disruptiva se vuelve parte del mercado y genera una nueva línea de negocios o subdivisión de marcas a las que se unen más competidores que comienzan a perfeccionar la línea de producto.

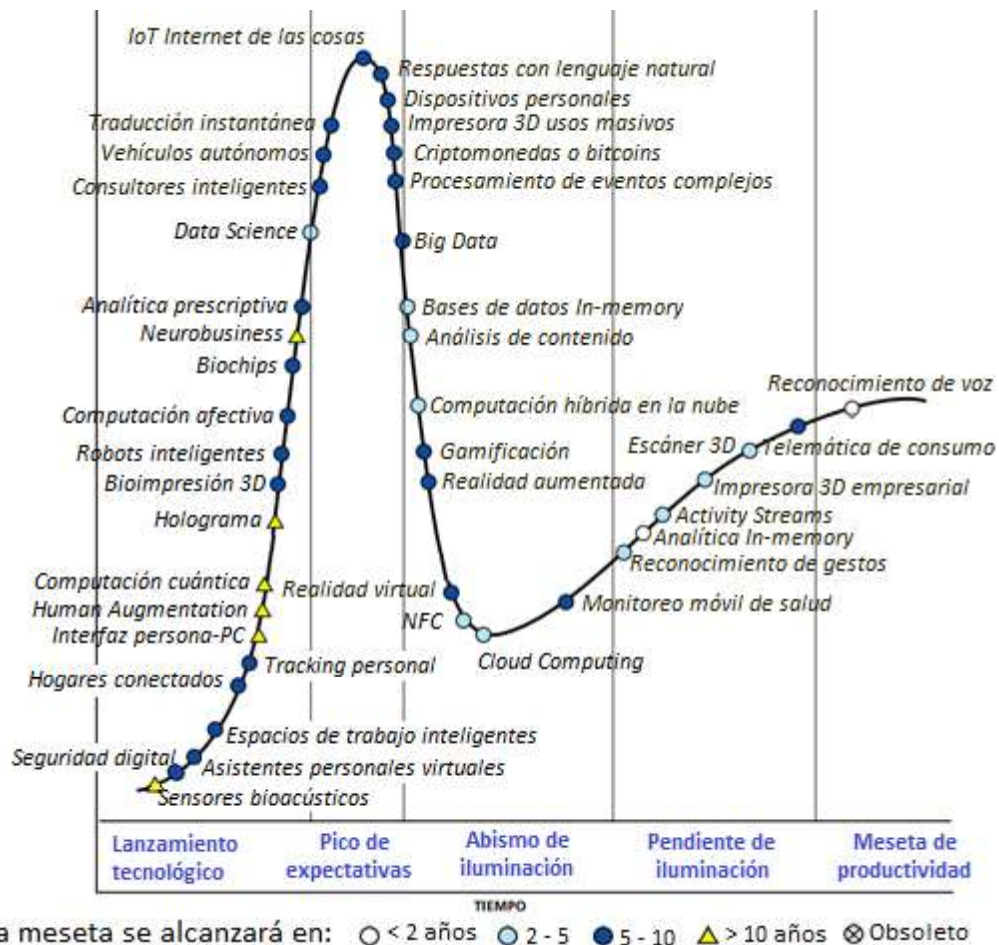


Figura 10. Comportamiento del ciclo de vida de las tecnologías disruptivas actuales. Análisis del Instituto de Estudios Empresariales, Uruguay (2018).

Algunos ejemplos de propuestas con tecnología disruptiva aplicadas al ramo textil se mencionan a continuación. Hasta el cierre de esta investigación no hay una tendencia clara del mercado a optar por estas tendencias o sustituir los esquemas de proceso estándar, pero cada vez tienen una presencia más fuerte en ferias de tecnología e innovación y en desfiles de modas de marcas de prestigio. Muchas de estas tecnologías tienen poca presencia en México, o comienzan a ser aplicadas en grupos e industrias multinacionales o mostradas en ferias y convenciones, como innovaciones presentes en otros países con expectativas de crecimiento en el futuro, y que buscan un inversor en el mercado mexicano.

Mejoras en la logística e inventarios. Los sistemas de gestión y procesamiento automatizado mejoran el control de calidad, la rapidez en los envíos y la atención al cliente, lo que deriva en más ventas. El crecimiento acelerado del e-commerce ha ayudado a que la venta de prendas de ropa se agilice en tiendas en línea, reduciendo los costos de almacenamiento y las mermas.

Análisis de datos predictivos. Los datos masivos inteligencia artificial y el procesamiento de datos de consumo predicen los hábitos de los usuarios, pudiendo generar predicciones de compra, análisis de negocios, publicidad e implementar tendencias y modas. Para empresas dedicadas al mantenimiento preventivo, es posible anticipar la falla de un componente mecánico o electrónico, y generar un paro programado que no interfiera con la producción de la empresa.

Impresión 3D. A partir del año 2019, las impresoras no solo se utilizan para diseños de modelos a escala o maquetas, sino para la impresión de ropa y tienen una presencia cada vez mayor, particularmente en el sector de la alta costura. Los diseños realizados por computadora permiten realizar un escaneo en 3D de la silueta del usuario y ajustar la ropa a cada cuerpo para crear un diseño único y personalizado a cada cliente. Al desarrollarse el diseño bajo pedido y sobre catálogos electrónicos, se

evita la producción en masa de prendas de vestir, reduciendo el tamaño de los almacenes y eliminando el desperdicio. Comúnmente se utilizan para la impresión fibras y materiales biodegradables o amigables con el ambiente para dar un enfoque ecológico, pero también permite el uso de materiales convencionales como la seda y el poliéster, combinado con materiales complementarios: cuero, nácar, nylon, resinas, fibra de carbono, oro y otros metales maleables (Carbajal, 2020).

Internet de las cosas. Llamado también IoT por sus siglas en inglés, se define como el uso de objetos de uso diario interconectados permanentemente, que permita enviar y recibir datos en tiempo real. Los sistemas IoT implican la adquisición de datos de sensores y la entrega de órdenes a dispositivos que interactúan o forman parte del mundo real. También reconocen eventos y cambios, y pueden reaccionar de forma autónoma y apropiada, de este modo, todos los objetos se vuelven una fuente de recolección de datos, y las personas, al hacer uso de ellos, aumentan exponencialmente esta red, brindando información a las empresas sobre las tendencias, gustos, hábitos, lugares que frecuentan, consumos y servicios que el comprador necesita, por lo que la publicidad e incluso las noticias pueden enfocarse en solo aquello que el consumidor, en base a sus consumos frecuentes, tiene mayor probabilidad de consumir, lo que se traduce en un aumento en la productividad y reducción de costos (Barrio, 2018).

Actualmente, el término disrupción empieza a tomar una connotación simbólica, haciendo referencia a un importante cambio contundente y determinante, que inyecta dinamismo y capta la atención del consumidor, que está en la búsqueda de artículos innovadores que representa una mejor experiencia de uso o de consumo, aunque el entusiasmo sea momentáneo por moda o marketing. Aunque no siempre se consiguen resultados positivos o a largo plazo, esta curva de ideas frescas ha conseguido nuevas técnicas de fabricación, más simples o económicas que las habituales o abierto nuevos mercados donde invertir, por lo que las empresas tienden a seguir arriesgándose en gastos de desarrollo para buscar nuevos ángulos de un mismo producto (Bonilla, 2021).

2.2 Ahorro energético

El término ahorro se relaciona mayoritariamente con una relación económica, y comúnmente relacionada con reservar algo valioso o que usamos a diario para utilizarlo en un futuro. Generalmente la idea se asocia con dinero por ser la herramienta de intercambio más difundida en nuestra sociedad y con la que puede obtenerse una medida económica del nivel de riqueza o pobreza de un país, pero se debe aplicar a cualquier bien o servicio de uso común que utilizamos en nuestra vida cotidiana, entre los que se incluye el ahorro de energía (Vazquez Parra, 2017).

Por un lado, los métodos recomendados son una serie de reglas y exhortaciones sobre cómo mejorar los hábitos de consumo y evitar los gastos innecesarios (como encender la luz cuando no se está utilizando), comúnmente la sociedad relaciona más el ahorro con restricciones y sacrificios de bienes y consumos que no se consideran de necesidad primaria o indispensable, como aquellos enfocados al ocio y la diversión, apelando hacia un beneficio futuro o previsión. Ahorrar para una emergencia, irse a pie en lugar de auto para ahorrar combustible. Algunas investigaciones realizadas en diversos grupos de la población de nivel económico bajo y medio usualmente arroja un bajo o nulo porcentaje de ahorro en el ingreso estándar, por considerar justos o insuficiente los bienes que recibe, dejando el ahorro como algo imposible de lograr (Añez Urbina, 2002).

Sin embargo, la idea del ahorro no está limitada al pensar en sacrificar comodidad o cantidad de bienes. Si bien es recomendable realizar un análisis de los consumos innecesarios que tenemos en nuestra vida cotidiana, el ahorro debe enfocarse más en un concepto de volver más eficiente lo que consumimos, reducir costes, identificar fugas de bienes y en específico mantener nuestro nivel actual de comodidad. El ahorro energético se consigue al optimizar el consumo usando medios más efectivos y de menor desperdicio con el fin de llevar a cabo una tarea o lograr un propósito (Stuffebeam, 2005). En pocas palabras, obtener el mismo beneficio o incluso más, utilizando menos recursos.

“El ahorro energético es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.” (IDAE, 2020)

Para Fernández Ríos y Sánchez (1997), el ahorro energético se caracteriza por una “Expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos” Hace menos de dos décadas, los esfuerzos de ahorro de medios estaban dirigidos a equipos de trabajo, donde la organización sobre la estructura de trabajo y sus miembros conseguía un mejor aprovechamiento de la materia prima y sus procesos de transformación. Sin embargo, se encontraban limitados por los recursos materiales y de tecnología disponibles para transformar la materia prima. De esta forma, una empresa limitaba el número de piezas producidas si la maquinaria no contaba con la suficiente velocidad, por mucha organización y preparación que tuvieran sus miembros, estaban limitados por la tecnología de la época y otros factores como su ubicación geográfica.

El concepto de ahorro energético tiene menos de una década de implementarse, y surge a partir del aprovechamiento de fuentes de energía. Según la FAO, el ahorro energético es una actividad que tiene por objeto mejorar el uso de fuentes de energía. Este concepto engloba no solo el uso adecuado de la tecnología existente y el personal que la opera, sino la fuente de energía con la que se alimenta. Es necesario controlar este consumo para entender de qué forma se puede reducir u optimizar su uso (*Aguayo y Gallagher, Energy Policy, 2005*).

El Fideicomiso para el ahorro de la energía Eléctrica, o FIDE, con sede en la Ciudad de México propone una serie de puntos y recomendaciones encaminadas a los usuarios y sus hábitos de consumo, se busca desarrollar e implementar acciones que propicien el uso eficiente de la energía eléctrica y la generación con el uso de energías

renovables para contribuir al desarrollo económico, social y la preservación del medio ambiente.

La figura 11 muestra los puntos principales a los que está destinado el programa, enfocado no solo a comercios, industrias y micro y pequeñas empresas, sino a los usuarios consumidores en general. Se busca un enfoque ecológico y de cuidado del medio ambiente, donde los usuarios reciban el beneficio de ahorrar en sus gastos energéticos.



Figura 11. Alcances del ahorro energético. Esquema propuesto por el Instituto para la diversificación y el ahorro de energía (2020)

Por otro lado, según el Departamento de Energía y Cambio Climático, El uso racional de la energía también llamado simplemente la relación entre la cantidad de energía utilizada en una actividad y la prevista para su realización. Se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria, sin tomar en cuenta las capacidades y hábitos de los usuarios. Esto implica que el simple hecho de renovar un equipo funcional por otro más eficiente representa un beneficio a mediano plazo, por la reducción en costos eléctricos. buscando la vinculación entre la innovación tecnológica y el consumo de

energía, mediante la aplicación de tecnologías eficientes. (Departamento de Energía y Cambio Climático, 2012).

Sin embargo, la agencia Internacional de Energía (2017), con sede en Europa, advierte que no solo las recomendaciones sobre mejorar los hábitos o invertir en maquinaria que aproveche mejor la energía nos dará un ahorro eficiente. Un mal enfoque que los gerentes y directores de una empresa hayan tomado en una línea de producción, leyes que intentan emular tendencias mundiales, pero no son adecuadamente adaptadas a cada país y su economía o métodos de producción de energía eficientes, pero que no son amigables con el medio ambiente, pueden provocar efectos contrarios o subsanar un problema, pero generar otro diferente. Un ejemplo sería el implementar baterías de litio de larga duración en países que no cuenten con la infraestructura para eliminar las baterías antiguas, produciendo mayores contaminantes o teniendo que pagar a países que reciban estos residuos para su correcto tratamiento, elevando los costos indirectos. Es por esto que deben considerarse diferentes factores en la elección de la tecnología, aplicación y personal capacitado a operarla. (EIA, 2017).

Esto aplicado al país donde reside la empresa bajo estudio, conlleva una mayor inversión inicial por parte del empresario, ya que el gobierno no brinda apoyo financiero o condonaciones en impuestos a las empresas que invierten en energías limpias o alternativas, aunque ya existen planes de reforma energética que fomenten una lenta inversión a nuevas tecnologías. En muchos estados de México, se sigue utilizando la producción de energía en base a carbón como fuente principal, y no parece que esta tendencia vaya a cambiar en los años subsecuentes. Las empresas que han invertido en energías alternativas lo hacen más movidas por imagen mercadotécnica y sus retornos de inversión se pronostican a más de 10 años (Creative Commons, 2019).

Para los organismos reguladores, para hablar de ahorro energético, se deben cumplir además las siguientes condiciones (Secretaría de Energía, 2018):

Reducir el consumo. Evitar consumos innecesarios, modificar necesidades, no derrochar ni desperdiciar recursos, buscar métodos alternativos para satisfacer la necesidad, conservar los materiales viejos por más tiempo realizando mantenimientos periódicos y repararlos cuando sea posible. Replantear los bienes necesarios y de forma austera ayuda a eliminar el uso de aquellos innecesarios o reducir su uso. La energía más barata sigue siendo la que no se consume (Brito, 2007).

Mantener los servicios. La parte del ahorro se refiere a economizar, pero sin encarecer el servicio. El consumo moderado evita la escasez, por lo que es obligado un uso racional de los recursos para no acrecentar el problema a un punto inflexible. El reto del ahorro energético consiste en mantener la calidad de vida y comodidad moderna sin suspensiones o limitaciones, pero sí de forma eficiente (Arango, 2015).

No encarecer la calidad. Minimizar costos va acompañado comúnmente de una reducción en la calidad del producto, ya que se encarecen los procesos de fabricación o se trabaja de forma austera, sin embargo, existen otras formas: reducir los costos de seguros al evitar accidentes en la producción, obtener descuentos en proveedores, buscar incentivos fiscales o evitar multas en empresas de gobierno puede ayudar a mantener un servicio con la misma calidad, sin perder calidad en el proceso (Edward, 2003).

Hacer más con menos energía. Acompañado de eficiencia y eficacia, establecer planes de producción y direccionamiento estratégico hará que aumente la efectividad de los procesos productivos reduciendo reprocesos, horas extras y/o devoluciones. Elevando la eficiencia, eficacia y productividad aumenta la rentabilidad del proceso y permite ofrecer un producto con mejores prestaciones (González, 2007).

Con unas políticas energéticas adecuadas, se podrán fijar como objetivos: asegurar el suministro energético necesario para cubrir los requerimientos de los usuarios mediante la diversificación de fuentes y la utilización de tecnologías limpias que garanticen la sostenibilidad, tanto medioambiental como económica. Las

componentes fundamentales de todas ellas, es el ahorro energético, junto con el impulso a las energías renovables y el ahorro de energía (Córdoba, 2006).

Asimismo, el gasto energético en los países es principalmente consumido por las industrias, las cuales consumen hasta el 40% de la electricidad mundial. Ya que el precio de la energía es variable dependiendo del país y la región, las empresas buscan distintas formas de disminuir el consumo. Los gobiernos, a modo de fomentar el ahorro, ofrecen una tarifa dinámica por el precio de kilowatt/hora consumida, donde se ofrecen tarifas más atractivas fuera de los horarios pico (de 6 de la tarde a 11 de la noche), donde se tiene saturación de la red eléctrica, de modo que las empresas procuran calendarizar sus horarios o disminuir la producción a ciertas horas del día. De esta manera, el sector manufacturero consume 12% menos energía que hace 20 años, y la industria acerera consume 50% menos energía que hace 24 años para producir el mismo volumen de esa época. En términos generales, la eficiencia de generación de electricidad mejoro de 34% a 41% en los últimos 24 años (Servicio Público de Energía Eléctrica, 2018).

Sin embargo, la demanda de ciertos productos sigue creciendo a pasos agigantados: a pesar del incremento en la eficiencia del 50%, la industria de la celulosa y el papel produce hasta un 72% extra de producto en los últimos 20 años. Lo mismo ocurre con otras industrias como la cementera, la de construcción y la azucarera, con aumento superiores al 75% en su producción (Navarrete, 2017). Esto dificulta la transmisión y distribución y puede ocasionar interrupciones de energía eléctrica. Para solventar esta situación, se utilizan diversos medios de generación de energía, o la combinación de estas: por quema de combustible (carbón, gas natural y LP), hidráulica y térmica, nuclear y más recientemente, de características renovables: solar, eólica y geotérmica (Vazquez Parra, 2017).

2.2.1 Marco regulatorio de la energía.

A fin de acelerar la modernización de equipo eléctrico, y la reducción de gases CO₂ en el ambiente, las organizaciones mundiales se han encargado de crear convenios, asociaciones, programas y organismos a nivel internacional para promover inversiones y comprometer a los gobiernos de implementar medidas que fomenten la migración a sistemas modernos de alta eficiencia y que contribuyan a la preservación de los recursos naturales. Los países con mayor grado de industrialización innovan en nuevas técnicas de generación y distribución y demuestran con cifras los beneficios de las nuevas tecnologías, de modo que sean atractivos para el resto del mundo. También apoyan creando programas de financiamiento para implementarlo en países en vías de desarrollo, o financiando la inversión inicial. A pesar de que en algunos acuerdos se mantenían compromisos de palabra, cada vez se crean mayores tratados y leyes que obligan a los países participantes a reforzar medidas y aumentar las penalizaciones por incumplimiento (García F. , 2011).

De los acuerdos internacionales más importantes ha sido el Protocolo de Kyoto (2005) donde los 36 países participantes y la Unión Europea se comprometen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 5% con relación a los niveles registrados en el año 1990 para en una segunda asamblea (conocida como la Enmienda de Doha) incrementar ese compromiso a 18%. Se crean sistemas de registro para supervisar los inventarios e informes presentados y garantizar que se cumplan los compromisos. Asimismo, se ofrece ayuda a los países a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático (UNCC, 2005).

Como complemento, los acuerdos de Paris efectuados en el año 2016 reforzaron la respuesta mundial ante la amenaza del cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. La participación de 196 países, entre los que se incluye México, establece un compromiso, sin penalización, que sirve para crear un marco de transparencia y

cooperación mutua para reducir la dependencia a combustibles fósiles (Semarnat, 2016).

La figura 12 muestra algunos de los acuerdos y leyes internacionales efectuados a lo largo del tiempo. Los enmarcados al lado izquierdo son acuerdos de buena fe, donde los participantes se comprometen a promover las buenas costumbres, sin embargo, la columna derecha impone penalizaciones económicas a los países que infrinjan los acuerdos.

Entre los principales objetivos de los distintos marcos regulatorios es reducir la dependencia a combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas natural, que además de consumir recursos no renovables, producen un alto contenido de CO2 al ambiente, generando problemas ecológicos como el daño a la capa de ozono y efectos globales como el calentamiento global.



Figura 12. Estrategia internacional acerca del cambio climático. Elaborada en base a datos de SEMARNAT (2017)

En el caso de México, la Comisión Federal de Electricidad (conocida como CFE) es la única empresa que cuenta con la autorización gubernamental para la generación y comercialización de la energía eléctrica. Las tarifas se determinan en base al tipo de cliente y el uso que se le dé a la electricidad. Cada división cuenta con distintas reglamentaciones y penalizaciones y depende también de la región donde se encuentre e incluso los husos horarios donde se genere el mayor consumo.

- Tarifas de luz domésticas.
- Tarifas de luz para negocios
- Tarifas de luz para industrias
- Tarifas de luz agrícolas y para servicios.

Utilizando los consumos generados, se generan distintas tarifas, orientadas al nivel de consumo en kilowatts-hora (kWh), la tarifa doméstica, por ejemplo, tiene 7 tarifas, las cuales determinan rango de consumo básico y excedente, y la tarifa aplicable. Cuando una vivienda o establecimiento rebasa el límite permitido de una tarifa, su tarifa sube a la siguiente. Para tarifas domésticas, se apoya el precio de la electricidad con un subsidio gubernamental. Conforme se suben los niveles de consumo de las tarifas, el apoyo del gobierno disminuye y el precio kilowatt-hora aumenta. En el caso de las empresas, este subsidio no aplica, sin embargo, se contemplan otros factores para bonificar a la empresa, o penalizarla. Los precios de las tarifas se calculan mes a mes considerando los días de facturación, consumo del último mes, demanda suministrada y el factor de carga de acuerdo con el Anexo Único Acuerdo A/064/2018. Para el apartado de tarifas industriales, se cuenta con varias clasificaciones, según el uso que se le dé a la electricidad. La tabla 1 muestra las categorías utilizadas hasta el 2022, mostrando las distintas clasificaciones usadas en base al giro de negocio de cada empresa.

Tabla 1. Esquema tarifario vigente.

| Categoría tarifaria | Descripción | Tarifa anterior |
|---------------------|---------------------------------------------------|-----------------|
| PDBT | Pequeña demanda en baja tensión (hasta 25 kW-mes) | 2.6 |
| GDBT | Gran demanda en baja tensión (mayor a 25 kW-mes) | 3.6 |
| RABT | Riego agrícola en baja tensión | 9 |
| APBT | Alumbrado Público en baja tensión | 5.5A |
| APMT | Alumbrado Público en media tensión | 5,5A |
| GDMTH | Gran demanda en media tensión horaria | HM, HMC, 6 |
| GDMTO | Gran demanda en media tensión ordinaria | OM, 6 |
| RAMT | Riego agrícola en media tensión | 9M |
| DIST | Demanda industrial en Subtransmisión | HS, HSL |
| DIT | Demanda industrial en transmisión | HT, HTL |

Fuente: Obtenido de datos públicos de la CRE (2021)

Para el caso que nos ocupa, la empresa está clasificada en la tarifa de gran demanda en media tensión horaria o GDMTH. Esta tarifa se aplica a empresas de producción o de servicios que destinen energía a cualquier uso, suministrada en media tensión, con una demanda igual o mayor a 100 kW. Las tarifas contemplan cargos por transmisión, distribución, operación del CENACE, Operador del suministrador básico, Servicios conexos, número de medidor, Energía consumida y capacidad en kWh, para el valle de México zona centro.

La tabla 2 describe las tarifas aplicables en el mes de octubre, las cuales se utilizarán para generar los cálculos de precios y recuperación de inversión de esta investigación.

Tabla 2. Tarifa para clasificación GDMTO.

| Tarifa | Descripción | Cargo | Unidades | OCT-21 |
|--------|-----------------------------------------|--------------------|----------|--------|
| GDMTO | Gran demanda en media tensión ordinaria | Fijo | \$/mes | 629.99 |
| | | Variable (energía) | \$/kWh | 1.391 |
| | | Distribución | \$/kW | 62.97 |
| | | Capacidad | \$/kW | 298.90 |

Fuente: Obtenido de esquemas tarifarios vigentes de la CRE (2021)

2.2.2 Ley de transición energética.

Las continuas reformas a nivel mundial no solo responden a una postura ecológica y en pro del medio ambiente, sino que la producción y consumo de combustibles fósiles se incrementa cada año, y los índices de consumo mundial muestran una clara dependencia que impide dejar de utilizarlos en un lapso corto de tiempo. La figura 13 muestra las emisiones producidas por los distintos países en el mundo durante el año 2017, siendo aquellos países que conforman el OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) los principales consumidores de este tipo de generación de energía. De los 38 países, entre los que destacan Inglaterra, Estados Unidos, Alemania, Canadá, México, Italia, España, Chile y Portugal se tiene el compromiso mutuo de reducir los gases de CO₂, del 45% al 25% en un lapso de diez

años. Para el año 2020, se había logrado una reducción al 37%, aunque algunos países siguen rezagados, entre ellos México (International Renewable Energy Agency, 2021).

Estas posturas contemplan como energías renovables aquellas que produzcan menor cantidad de emisiones de CO₂ al ambiente, las cuales incluyen el uso de minerales radioactivos para generar energía nuclear, energía hidráulica, producida por corrientes de agua, energías basadas en viento, denominadas eólicas, radiación solar, en todas sus variantes, energía oceánica y sus variantes: mareomotriz, maremotérmica, el uso de olas, corrientes marinas y gradientes de concentración de sal, uso de yacimientos geotérmicos, bioenergéticos, como el bioetanol, biodiesel o el hidrógeno (usados como alternativos para el uso de la gasolina en vehículos), así como el uso de vehículos eléctricos (DOF D. , 2008).

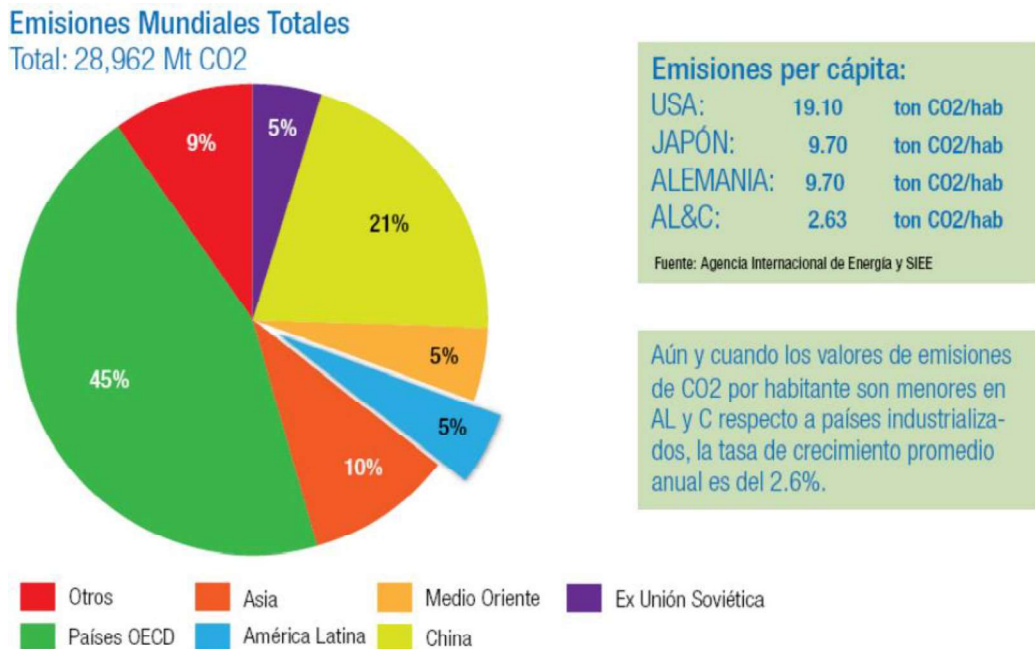


Figura 13. Cantidad de emisiones de CO₂ producidas globalmente. Desarrollado por la Organización Latinoamericana de Energía (2017)

Para el caso de México, la ley de transición energética obligará a las industrias a utilizar cuando menos un 35% de energías renovables, las cuales empezarán a ser monitoreadas a partir del año 2024. A partir del año 2015 se adopta el término

energías limpias para incluir el uso de gas natural en las empresas, principalmente en la industria del acero.

El objeto de la nueva Ley es regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos. Se espera un aumento incremental de generación de energías limpias en las industrias en los próximos años: 25% en el año 2018, 35% para 2024, 45% alcanzables para el año 2036 y finalmente de un 60 por ciento en el 2050. Los organismos reguladores que establezcan el cumplimiento serán la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE, los cuales estarán facultados de emitir Certificados de Energía Limpia y planes de implementación de 260 días, con una prórroga de hasta 4 años. Para las empresas que incumplan estos plazos se aplicarán multas que van desde los 700 pesos por falsa información, hasta superiores a 5 millones por incumplimiento de convenio. Estos montos podrían duplicarse en caso de reincidencia (Diario Oficial de la Federación, 2015).

A esta ley deberán someterse los integrantes de la industria eléctrica en general, así como los usuarios calificados participantes del mercado eléctrico mayorista, sean de carácter público o particular, además de los titulares de los contratos de interconexión legado; entre los que se encuentran consorcios extranjeros, que participarán en la generación y explotación de electricidad. Aunque la ley prohíbe la venta de electricidad de terceras empresas, se les permite ser autosustentables, de modo que reduzcan la cantidad de kilowatt.

Para las empresas como la que se encuentra bajo estudio, esto representa una menor dependencia a la compañía de electricidad, y tarifas eléctricas más bajas. La secretaría de gobierno debe brindar asesoría y apoyo técnico para cada caso en específico; aunque no se crearán fondos de apoyo destinados a financiar a las

empresas, se destinarán parte del presupuesto de egresos y fondos de recursos para facilitar la adquisición de equipos que impulsen el aprovechamiento energético de recursos renovables, energías limpias, sustitución o disminución del uso de combustibles fósiles y actualización de equipos con mejor eficiencia eléctrica.

2.2.3 Reforma energética en México.

De acuerdo con las estadísticas observadas por la Secretaría de Energía, En la década de los 80 México contaba con un 70 por ciento en exportaciones petroleras y mineras, y 20 por ciento manufactureras. Sin embargo, para el 2015, el 89 por ciento de las exportaciones fueron manufactureras, y el petróleo y la minería representaron sólo el 8 por ciento; los números muestran un crítico problema en el sector petrolero, el cual ha sido el pilar de la economía mexicana por décadas y la necesidad de mayor inversión a nivel industria. El mayor obstáculo para poner esto en marcha recaía en el marco constitucional, el cual obliga a Petróleos Mexicanos a llevar a cabo las operaciones financieras, operativas y tecnológicas, sin participación extranjera.

La reforma eléctrica ha sido estudiada y mejorada durante dos sexenios, pero es hasta el periodo presidencial de Enrique Peña Nieto donde se aprueba y se inicia el proceso de implementarla. Tiene como objetivo modernizar el sector energético del país sin privatizar las empresas públicas orientadas a la producción y aprovechamiento de hidrocarburos y la electricidad, siendo estas respectivamente, Pemex, y CFE aceptando la inversión extranjera, pero sin comprometer el patrimonio nacional (Secretaría de Energía S. , 2018).

Entre los objetivos primordiales de la Reforma energética se incluyen las siguientes premisas:

- Conservar la propiedad de los recursos nacionales que se extraen del subsuelo, principalmente gas natural e hidrocarburos, materias primas esenciales para la producción de energía eléctrica, parte importante de las exportaciones a otros países y la producción de otros bienes de consumo.

- Modernizar y acrecentar el portafolio de exploración de las empresas Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Compañía Federal de Electricidad (CFE), sin privatizar y manteniéndolas públicas
- Planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, que permita mejores tarifas eléctricas y bajar el precio del gas natural. Además, se planea la interconexión de zonas del país con alto potencial para el desarrollo de energías limpias.
- Atracción de inversión extranjera. Se cuentan con acuerdos con empresas de Norteamérica, América Latina, Asia y Europa, para crear puentes y distribución de gas natural y otros energéticos
- Protección de áreas protegidas, a cargo de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente quien realiza la supervisión y en su caso, sanción a los contratistas y asignatarios por perjuicio a las personas, los bienes y el medio ambiente.

Asimismo, para cumplir con estos tratados internacionales, México implementó una serie de criterios basados en eficiencia, calidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional, denominado código de red. El código de red es una serie de requerimientos técnicos, administrativos y legales para la conexión e interconexión al Sistema electro energético Nacional, supervisado por la secretaria de Energía, publicada el 8 de abril de 2016 como parte del Plan de Reforma Energética; su objetivo es incentivar a las organizaciones a desarrollar, mantener, operar, ampliar y modernizar de manera coordinada a fin de operar eficientemente.

Es un requerimiento de carácter obligatorio que deben cumplir todas las empresas a partir de abril de 2019 con consumo mayor a 1MW. En caso de incumplir los requisitos mínimos de operación, las sanciones oscilan entre 2 y 10% del ingreso bruto anual, equivalente a 200,000 salarios mínimos (Comisión Reguladora de Energía, 2016).

A grandes rasgos, los requerimientos técnicos que las empresas deben cumplir con carácter de obligatorio incluyen un funcionamiento óptimo enfocado en los parámetros eléctricos siguientes:

- Valores eléctricos dentro de los parámetros nominales, esto incluye la medición de tensión, corriente, frecuencia y factor de potencia del sistema en general.
- Prueba de corriente a corto circuito, esto previene que los equipos estallen o se incendien en caso de una falla eléctrica crítica.
- Coordinación de protecciones, referido a todos los componentes que protegen los equipos de daño por sobrecarga que deben estar presentes en cada circuito eléctrico y deben estar en buenas condiciones físicas y eléctricas (sin señales de quemaduras, calentamientos, óxidos o roturas).
- Calidad de la energía. Sistema libre de efectos eléctricos que disminuyen la vida útil de los equipos, y afecta a toda la red eléctrica: distorsión armónica, desbalanceo de fases, efecto flicker, picos de voltaje instantáneos).

En conclusión, el objetivo del código de red es salvaguardar la operación correcta del sistema eléctrico nacional, con el fin de garantizar la continuidad, seguridad y sustentabilidad de la generación, distribución y comercialización de la energía eléctrica, haciendo que todos los usuarios de la red eléctrica aprovechen eficientemente la energía y tengan la mejor calidad (Torres J. S., 2018).



CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Capítulo 3. Metodología de la investigación

3.1 Esquema metodológico.

Con base a la investigación en planta, se propone el siguiente esquema metodológico en la figura 14.

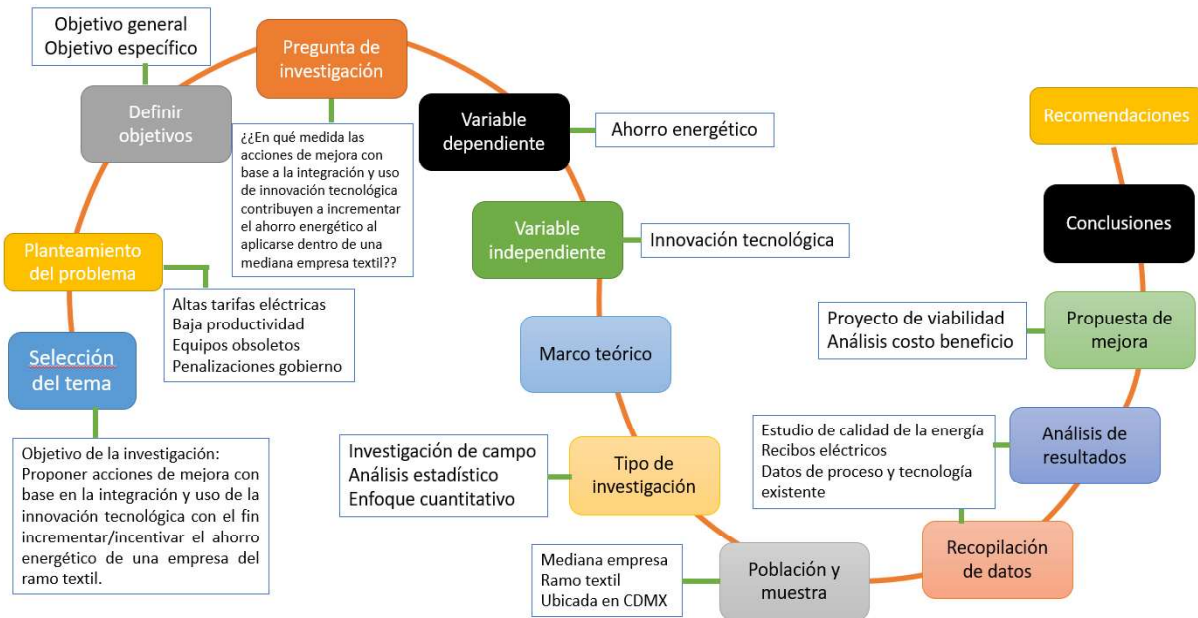


Figura 14. Esquema metodológico de la investigación. Elaboración propia con base en la Scottish Qualifications Authority (2009).

3.2 Método de investigación.

De acuerdo con la finalidad y enfoque, se propone el modelo de investigación aplicada que se basa en analizar tecnologías utilizadas en países altamente industrializados y evaluar cuales pueden ser adaptadas al mercado textil mexicano, empleando un enfoque cuantitativo, basado en medición numérica que compare los datos de las variables y dependiendo de los resultados que se obtengan diseñar una propuesta económica. El análisis costo beneficio y el retorno de inversión nos indicarán si el proyecto es factible o no. Los números nos arrojarán una medida de la conveniencia de realizar el proyecto y elaborar un plan estratégico para ponerlo en marcha.

3.3 Tipo de estudio.

En base al alcance y fuente de datos, se propone el modelo de investigación de tipo prospectivo, ya que se propone presentar las condiciones y características de los procesos actuales, mediante investigación de campo, en interacción directa con la empresa, y analizar sus consumos eléctricos para comparar los datos transcurrido un tiempo determinado, prediciendo la mejora.

Para esta sección se anexan reportes de los últimos 2 años, analizando comportamientos de consumo, consumo por maquinaria y proceso, consumos por área, picos de trabajo, así como otros factores de calidad eléctrica como factor de potencia, bajo o sobrevoltajes, armónicos en sistema, kilowatts por hora y por día y rendimiento de los equipos presentes en la planta. Para un análisis preliminar, se cuenta con la información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, donde además de evaluar los costos y tendencias que tiene la empresa de estudio, se puede analizar las multas y consumos excesivos en que está infiriendo la empresa.

Para un análisis más a detalle, se sugiere un estudio de calidad de la energía. En síntesis, un estudio de calidad identifica perturbaciones eléctricas que pueden perjudicar los equipos electrónicos, tales como sobretensiones, armónicas, ruidos de alta frecuencia, tensiones transitorias, distorsiones de onda, interrupciones, variación de la frecuencia y cortes de energía. Se requiere la contratación de una empresa especializada, o como un servicio proporcionado a su vez por CFE (DOF D. O., 8 de abril de 2016) la cual analiza la distribución eléctrica y, colocando equipos especiales calibrados y que recopilan la información por un periodo de tiempo (de 2 a 5 días) identifican las áreas de oportunidad detectadas. Luego de colocarse estos equipos en puntos específicos de la planta, se entrega un reporte con los comportamientos del estudio. Parte de estos análisis y sus curvas y recomendaciones se agregan en las secciones posteriores de este trabajo.

De este análisis, tanto del preliminar como del de a detalle, se realizarán algunas recomendaciones de cómo corregir las perturbaciones eléctricas, un análisis costo beneficio y costos de recuperación de la inversión para evitar fallos a largo plazo.

3.4 Población y muestra.

Se toma como modelo para esta investigación una empresa del ramo textil dentro del área metropolitana. Cuenta con más de 20 años en el mercado y ha experimentado varios cambios organizacionales a través de la historia. Cuenta con una planta matriz donde se ubican todos sus departamentos, tanto el área de producción como la parte administrativa. Se tomarán puntos específicos en el proceso y zonas de distribución de energía, así como los planes de inversión en nueva maquinaria y programas de ahorro de energía en oficinas y hábitos del personal al utilizar la energía eléctrica.

La planta cuenta con una subestación y dos transformadores principales, que se encargan de suministrar la red eléctrica a la planta por completo, los parámetros tomados en estos puntos garantizan el 100% de los consumos eléctricos registrados en las plantas. A su vez, se cuenta con diversos tableros de distribución principales y secundarios en las distintas secciones de la planta: acabado, oficinas, iluminación exterior, hilatura y área de comida.

Se cuenta por parte del área de mantenimiento con listados de inventarios de componentes eléctricos de los cuales se ha solicitado refaccionamiento o servicios de mantenimiento preventivo o correctivo, de modo que se pueda ubicar y contabilizar componentes eléctricos importantes para la investigación, tales como motores trifásicos, tipo de luminarias utilizadas en exteriores, oficinas y pasillos, aire acondicionado, ventiladores, maquinaria de procesos, marcas y listado de refacciones, equipos de cómputo, impresoras, refrigeradores, horno de microondas, parrillas, así como planos arquitectónicos y eléctricos donde se puedan ubicar las accesos y áreas generales, pasillos y zonas que conforman la planta, así como la trayectoria de los distintos cableados eléctricos y la ubicación de las lámparas. Por motivos de confidencialidad no se incluyen copias de los originales en el presente trabajo.

3.5 Recopilación de datos.

Se realizan visitas de campo a la industria bajo estudio y con apoyo de personal de mantenimiento se tiene acceso a los consumos, planos, distribución de máquinas, procesos, recibos proporcionados por la compañía eléctrica y tecnología utilizada en la maquinaria, así como su estado actual. Se hace hincapié en los problemas que el personal ha detectado dentro de la planta y aquel que representa mayor importancia para la gerencia y dirección. Todo el contenido e información será tratado de forma confidencial. Se realiza una observación y listado del estado de los equipos, tarjetas electrónicas, componentes eléctricos y técnicas de proceso utilizadas para realizar alguna propuesta válida y acorde a las necesidades de la empresa.

Por requerimiento de la Compañía Federal de Electricidad, se solicita la elaboración de un estudio de calidad de la energía, un diagnóstico realizado por un tercero para realizar una medición de las condiciones de potencia, picos de voltaje, consumos pico, factor de potencia y otros parámetros eléctricos con el fin de identificar distorsiones o problemas en la red que puedan afectar los equipos de la planta, así como incumplimiento de normativas y código de red, que implique multas y recargos.

El estudio de calidad presentado consiste en lo siguiente:

Estudio de Calidad de Energía Eléctrica (ECEE), con duración de 24 horas, a 3 transformadores de potencia LADO Baja Tensión (BT) en la empresa bajo estudio utilizando un analizador de redes clase A,

Los principales objetivos de dicho estudio consisten en lo siguiente:

- Medir los parámetros eléctricos generales del circuito completo. Nos ayuda a determinar la carga completa que se consume y evalúa los equipos de mayor consumo. Al clasificar las secciones de la planta y los distintos equipos que utiliza, se puede evaluar que equipos requieren un análisis de reducción de consumos y cuáles podemos descartar como consumos estándar.
- Determinar el Factor de Potencia y la distorsión armónica presente en el sistema. El factor de potencia es una ecuación algebraica que determina la

eficiencia de un sistema, el factor de aprovechamiento de la energía. Las instituciones de producción y distribución de energía eléctrica no consienten que la energía no sea aprovechada de forma eficaz, por lo que en caso de que las condiciones de eficiencia no cumplan con los mínimos requeridos, recae en un cargo por bajo factor de potencia. La distorsión armónica es un efecto causado por los componentes electrónicos y que ocasiona diversos problemas a largo plazo como calentamiento de conductores, variación en la línea eléctrica y/o daño a componentes electrónicos, incluyendo computadoras e iluminación a base de led.

- Determinar las alternativas técnico-económicas, que sean viables y que estén dirigidas a mejorar la calidad de la energía eléctrica. Se tomarán en cuenta también los puntos de mayor consumo eléctrico como prioritarios y aquellos puntos de calidad de la energía que afecten globalmente a todos los elementos eléctricos de la planta.

Se utiliza un equipo Analizador de Redes Eléctricas (ARE), instalado en los siguientes puntos por un periodo 7 días con 9 horas laborables. Estos son los puntos de mayor consumo y carga eléctrica en la planta:

- Transformadores de potencia principal (2 puntos)
 - Transformador 1 TR1-500 kVA a 440VCA
 - Transformador 2 TR2-500 kVA a 220VCA
- Acometida de conexión a oficinas
- Maquinaria de hilatura y medición por zona y máquina de proceso
- Tablero de distribución de luminaria de pasillos y exteriores

Para evitar problemas de confidencialidad, toda información personal será editada o removida. Aquí se añadirán las tablas de análisis de costo, graficas costo beneficio, tablas de amortización y recuperación de la inversión y complementos de precios de mercado.

El servicio está clasificado dentro de la tarifa GDMTH (Gran demanda en media tensión, zona horaria), por ser un servicio suministrado de la red de media tensión de CFE, con un periodo de facturación mensual y contemplando los históricos mensuales del último año. La tarifa es dinámica de acuerdo con los costos publicados en el Diario Oficial de la Federación y con la región donde se encuentra la empresa.

En la figura 15 se muestran los resultados gráficos de las curvas generadas por el analizador de redes, en ellos se observan los picos de consumo, perturbaciones y las distintas variaciones en el lapso de una semana.

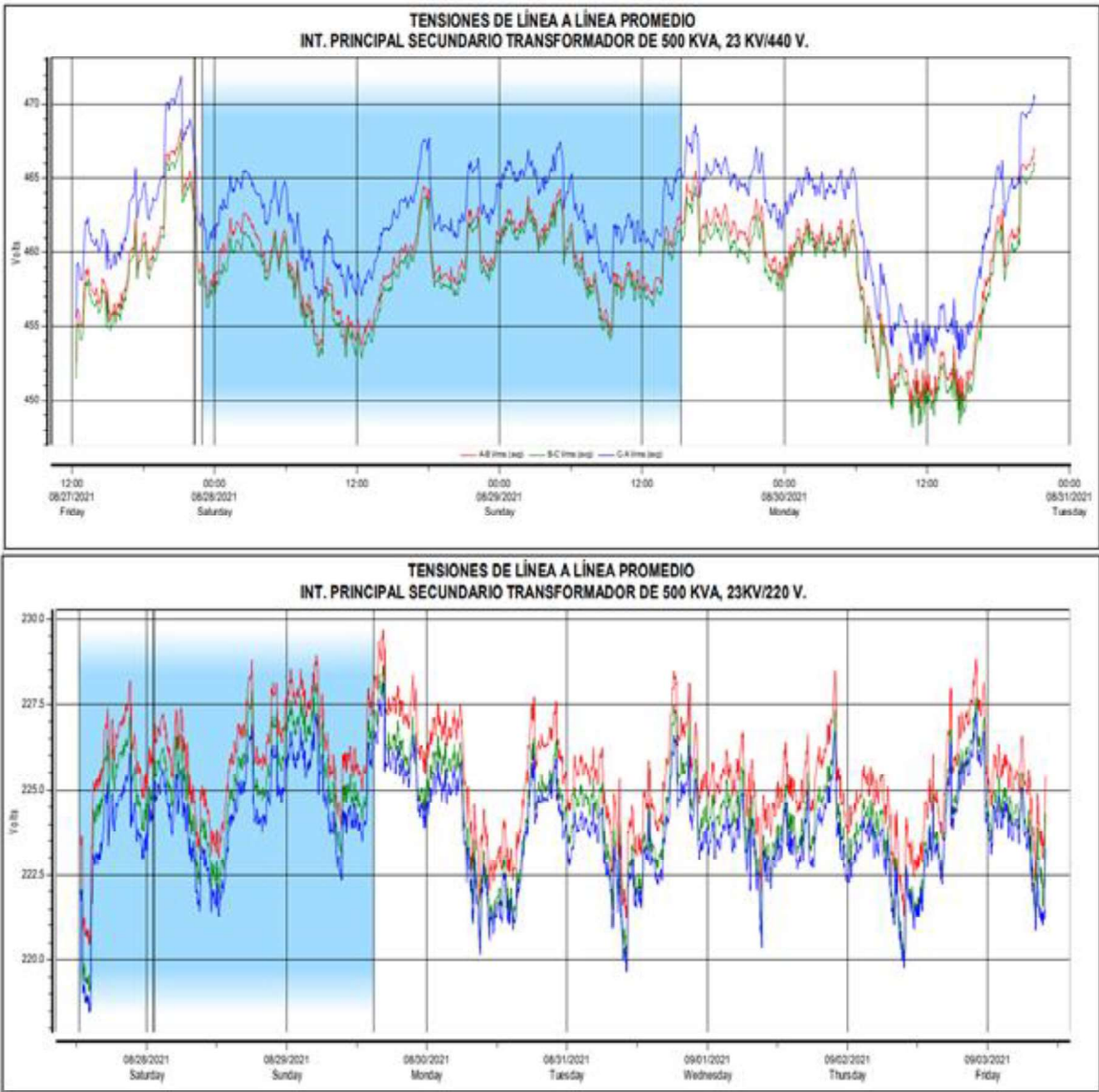


Figura 15. Señal senoidal trifásica monitoreada en la planta. Obtenido del estudio de calidad de la energía realizado en la planta bajo estudio (2021).

Asimismo, se enumeran los rangos de voltaje mínimos y máximos registrados con el fin de prevenir funcionamiento de los equipos fuera de sus parámetros de diseño. La empresa bajo estudio cuenta con tres tipos de voltaje principales: tensión trifásica con neutro a 440VCA para equipos de acabado y maquinaria con motores de gran tamaño, tensión trifásica con neutro a 220VCA para hilatura, equipos industriales, ventilación de áreas de producción y tensión monofásica a 120VCA para equipos y redes de oficina.

En la tabla 3, se muestran los consumos generados en un histórico de un año atrás, mostrando la demanda máxima consumida por la planta, la cual determina las tarifas a aplicar, el consumo total facturable por periodo y el factor de potencia registrado. Se observa un incremento en los meses de junio y octubre, correspondientes al alza de carga de trabajo por artículos de temporada y artículos de invierno, ya que la tarifa contratada con CFE se limita a 750 KW, se realiza un cargo adicional por exceder los valores promedio reportados. En caso de que se detectara un valor constante superior a este valor, es preferible recontractar con la siguiente tarifa para evitar cargos adicionales.

Tabla 3. Consumo de los últimos periodos de la empresa bajo estudio con un factor de potencia < 85%

| Periodo | Demanda Máxima kW | Consumo total kW/h | Factor de potencia % |
|----------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| OCT 20 | 730 | 690.158 | 81.92 |
| NOV 20 | 680 | 623.30 | 82.06 |
| DIC 20 | 710 | 664.813 | 82.54 |
| ENE 21 | 695 | 642.757 | 83.17 |
| FEB 21 | 704 | 666.744 | 82.78 |
| MAR 21 | 670 | 610.144 | 84.59 |
| ABR 21 | 755 | 702.771 | 82.72 |
| MAY 21 | 780 | 715.721 | 79.88 |
| JUN 21 | 802 | 728.535 | 80.50 |
| JUL 21 | 796 | 722.537 | 80.36 |
| AGO 21 | 779 | 716.823 | 80.40 |
| SEP 21 | 780 | 715.719 | 80.46 |
| OCT 21 | 800 | 720.687 | 79.66 |

Fuente: Elaborado a partir del recibo eléctrico proporcionado por CFE a la empresa bajo estudio (2021).

Adicional a los datos obtenidos por el estudio, la tabla 4 muestra uno de los informes obtenidos en el recibo de luz mensual que envía CFE, en este se aprecian los consumos normales, cargos por penalizaciones y problemas en las redes reportadas por la compañía eléctrica. Estos pagos se han mantenido constantes al menos el último año de trabajo. Los costos están expresados en pesos mexicanos.

Tabla 4. Datos de facturación con cargos adicionales de la empresa bajo estudio.

| Desglose del importe a pagar | |
|----------------------------------------|---------------------|
| Concepto | Importe (MXN) |
| Cargo fijo (*) | 6,970.00 |
| Energía | 836,793.02 |
| 2% baja tensión (*) | 16,735.86 |
| Cargo bajo Factor de potencia (*) 6.7% | 55,786.20 |
| Subtotal | 916,285.08 |
| IVA 16% | 146,605.61 |
| Facturación del periodo | 1,062,890.69 |
| Adeudo anterior | 907,230.74 |
| Su pago | 907,230.74 |
| Total | 1,062,890.69 |

Fuente: Elaborado a partir del recibo eléctrico proporcionado por CFE a la empresa bajo estudio (2021).

Se aprecian junto con los cargos fijos, dos partidas extras, que corresponden a penalizaciones o cobros extras por parte de CFE, reportando dos problemas presentes en la planta; el primero debido a una baja tensión, que genera un cargo del 2% del valor del cargo fijo; el segundo problema se refiere a un bajo factor de potencia, que produce un cargo del 6.7% del cargo fijo, más impuestos. En la parte baja se aprecia el adeudo anterior, que es un 15% abajo en el consumo total, esto debido a que los últimos meses del año se registra un incremento de producción por fiestas decembrinas, por lo que se incrementa el consumo eléctrico. Estos problemas serán evaluados y se propone una mejora para corregirse en el siguiente capítulo.

3.6 Análisis e interpretación de datos recopilados.

En base a cálculos de equipos eléctricos diseñados para eliminar los efectos no deseados en la red de la *empresa*, se presenta el siguiente análisis:

La compañía reporta un factor de potencia promedio de 81%, lo que se explica como que, del total de la energía proporcionada por la compañía eléctrica, un promedio del 19% de esta energía no se aprovecha de forma eficiente. De acuerdo con los estándares de calidad solicitados por el gobierno en el Diario oficial de la Federación, toda empresa con un factor de aprovechamiento menor al 85% deberá pagar una penalización equivalente al porcentaje medido. El valor deseado por el organismo regulador para este factor debe ser de al menos 90% y en los próximos 5 años el gobierno exige un valor mínimo a reportar que debe ser mayor a 95%. Esta lectura se ejecuta cada 5 minutos, teniendo siempre que cumplir con un valor superior a los nombrados. Al apreciar los reportes de consumos de la empresa en el último año, se han generado pagos por multa de bajo factor y baja tensión por al menos 18 meses. Además de las multas fijas de cada mes, la ley enuncia que, en caso de mantener esta tendencia por más de 24 meses sin una mejora medible, el organismo regulador podría penalizar a la empresa con multas superiores a 1.5 millones de pesos (DOF D. O., 8 de abril de 2016).

La figura 16 grafica los valores de factor de potencia registrado y el mínimo solicitado por la compañía eléctrica durante el periodo actual y el requerido en los próximos 5 años. Para la propuesta de mejora se considera tomar el valor del factor de potencia estimado superior al 95%, de modo que se mantenga vigente en al menos 10 años y no se incurra nuevamente en multas en un lapso de 5 años cuando el mínimo solicitado por el gobierno suba y la empresa se vea obligada a una reinversión de productos

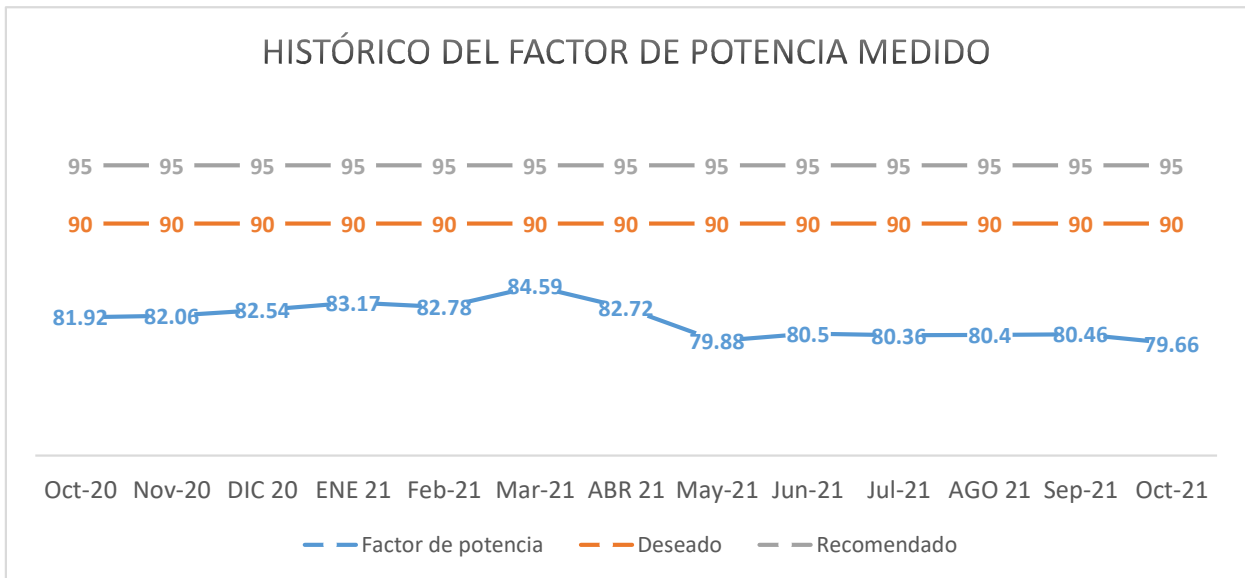


Figura 16. Comportamiento del factor de potencia en el último año. Elaborado a partir de los informes eléctricos proporcionados por CFE a la empresa bajo estudio (2021)

De acuerdo con los parámetros eléctricos, la norma no permite exceder hasta un 10% del valor nominal del voltaje que entrega el proveedor eléctrico, lo cual además de provocar daño prematuro en los equipos eléctricos, puede ocasionar falla por sobrecarga, activación de sistemas de protección termomagnética, sobreuso de equipos de supresión de picos, lo que deriva en cambiarlos en menor tiempo, de base a la interpretación de las gráficas entregadas en el estudio de calidad, la tabla 5 muestra los valores obtenidos:

Tabla 5. Valores máximos RMS para los transformadores principales de la planta.

| TRANSFORMADOR 1. TR1 500KVA 440 VCA 3F 4H | | | |
|--------------------------------------------------|--------|--------|----------|
| | Mínimo | Máximo | Promedio |
| Fases A-B | 448.3 | 470.9 | 458.6 |
| Fases B-C | 447.6 | 469.9 | 457.9 |
| Fases A-C | 451.6 | 474.4 | 462.0 |
| TRANSFORMADOR 2. TR2 500KVA 220 VCA 3F 4H | | | |
| | Mínimo | Máximo | Promedio |
| Fases A-B | 220.5 | 229.7 | 225.5 |
| Fases B-C | 219.1 | 228.6 | 224.5 |
| Fases A-C | 218.5 | 228.1 | 223.8 |

Fuente: Elaborado a partir del estudio de calidad de energía realizado a la empresa bajo estudio (2021)

Se observa que los valores máximos y mínimos se encuentran dentro de los parámetros normales recomendados, por lo que no hay necesidad de implementar medidas de mejora al sistema de distribución. Los consumos en las tres líneas son aceptables también en la distribución de la carga, observándose un mayor uso en la línea A-C, sin que llegue a ser crítico para el uso práctico.

De la misma forma, los reportes de los medidores de consumos de la empresa se dividen en 5 grandes rubros como se ve en la siguiente figura 17. En base a los datos arrojados por el estudio, se determina la zona con mayor consumo como la de maquinaria de acabado, seguido del área de hilatura. Los componentes situados en esta área con mayor consumo se refieren a motores para proceso, ventilación, equipo de bombeo y áreas de empaque, la maquinaria opera durante los tres turnos, y solo descansa los fines de semana y los periodos de vacaciones. Las oficinas y la iluminación de la nave industrial y de pasillos empatan en tercer lugar con el 15%, contemplando el mayor consumo en iluminación de pasillos y áreas de producción, las cuales pueden estar encendidas por más de 16 horas continuas, ya que se requiere una buena iluminación donde puede encenderse desde las 18:00 horas de un día nublado hasta las 8:00 horas del día siguiente, aire acondicionado en oficinas para confort del personal y por último, el área del comedor consume solo un 5% situando el mayor consumo en equipos de refrigeración de alimentos, aire acondicionado y equipos de microondas para calentar comida del personal.

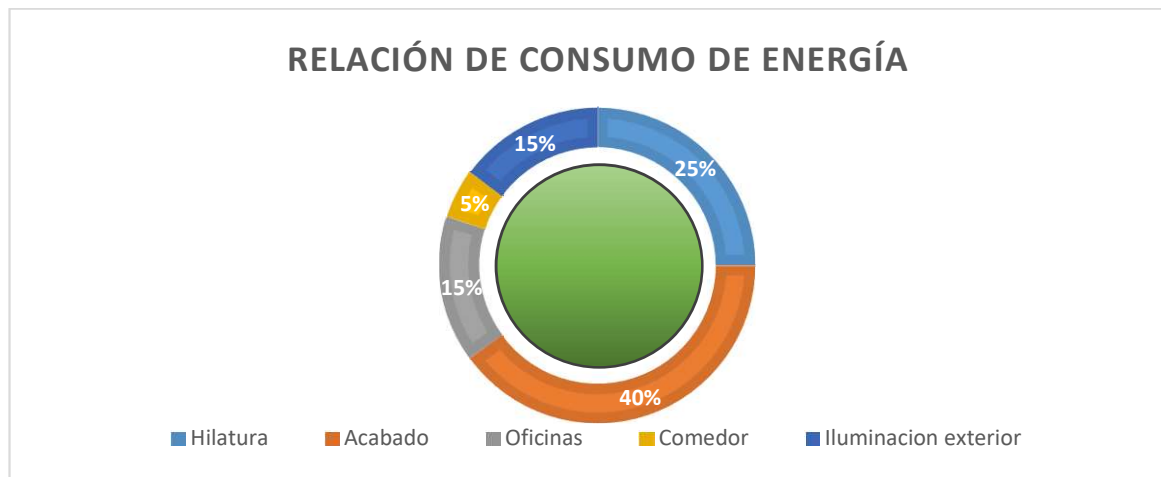


Figura 17. Relación de consumo de energía por zonas. Elaborado a partir de los informes eléctricos del estudio de calidad de la energía realizado a la empresa bajo estudio (2021)

Por cuestiones de tiempo, no se considera estado e integridad de los cables de distribución y subestación eléctrica, pruebas de aislamiento a carcasas de los motores, pruebas de integridad de los interruptores termomagnéticos, pruebas de capacidad interruptiva en corriente de alimentación, pérdida de fases por parte de la compañía de electricidad, y se asume que todos estos funcionan correctamente. Las apreciaciones del estado de los equipos eléctricos se realizan sólo de forma visual, verificando que no se presenten visualmente sobrecalentamiento por corto circuito, partes quemadas o sulfatadas, cables flojos o mal apretados y equipos con roturas o daño físico. Estas pruebas se pueden verificar con la compañía eléctrica o con equipo de medición especializado para estos fines.

En el capítulo subsecuente se aprovechará toda esta información para analizar equipos con innovación tecnológica que incentiven el ahorro energético, mejoren el uso adecuado de la energía eléctrica, se reemplace equipo obsoleto o de baja eficiencia y se utilicen fuentes alternas de energía, realizando el análisis del beneficio económico recibido en la empresa, los costos de inversión y los tiempos de recuperación de la inversión, de modo que se pueda concluir las opciones más viables para esta empresa en específico.



CAPÍTULO 4.

**PROPUESTA DE ACCIONES DE MEJORA
PARA INCREMENTAR EL AHORRO ENERGÉTICO
EN LA EMPRESA BAJO ESTUDIO.**

Capítulo 4. Propuesta de acciones de mejora para incrementar el ahorro energético en la empresa bajo estudio

En base a los problemas mostrados en el estudio, la cantidad de potencia consumida por sistema y las condiciones observadas en planta del estado de la maquinaria, lámparas para iluminación ambiente, costos de mantenimiento y tecnologías empleadas en industrias del sector en el país, se realizan diversas propuestas de mejora. En cada una por separado se evalúan costos de inversión y tiempo promedio en que se realizaría la amortización de la inversión.

La meta es lograr que la planta produzca un factor de potencia objetivo del 95% ya que, en caso de lograr este factor de aprovechamiento de la energía, no solo evitaremos las multas y penalizaciones que se producen en el sistema, sino que, de acuerdo con la ley, la compañía de luz bonificará una cantidad a favor de la empresa, como incentivo a que se realice la inversión. Además, las variaciones en las curvas observadas se estabilizarán más, evitando problemas de picos y calentamiento de equipos eléctricos, lo que aumentará su expectativa de vida.

En este apartado se presentan las oportunidades para ahorro energético en la industria textil, justificando la oportunidad y reuniendo evidencia para comprobar la factibilidad de la solicitud. En caso de que el costo de inversión supere el tiempo esperado de retorno de inversión, la propuesta se descarta. Esta información se debe acompañar de forma gráfica, de modo que los inversionistas puedan detectar de forma rápida y concisa el beneficio recibido en un corto y mediano plazo.

En base a los datos recopilados en el estudio, la cantidad de potencia consumida por sistema y las condiciones observadas en planta del estado de la maquinaria, lámparas para iluminación ambiente, costos de mantenimiento y tecnologías empleadas en industrias del sector en el país, se realiza un resumen en la tabla 6 con los puntos de mejora propuestos. Los porcentajes de ahorro estimado contemplan una postura optimista y pesimista del ahorro estimado en cada propuesta, así como una lista de beneficios directos e indirectos conseguidos al adoptar e implementar la propuesta.

Tabla 6. Esquema de propuesta de mejora sugerido

| Propuesta | Ahorro estimado | Beneficios |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Adquirir bancos de capacitores para mejora del factor de potencia y baja tensión. | 10-30% | Evita multas y penalizaciones, bonificaciones, menor esfuerzo en los equipos. |
| 2. Sustituir el sistema de iluminación actual por lámpara tipo LED de bajo consumo. | 30-40% | Reduce la potencia consumida, confort para los trabajadores, vida útil más larga. |
| 3. Reemplazo de motores convencionales por equipos de alta eficiencia | 10-45% | Vida útil más larga, menos costos de mantenimiento, mayor precisión en los procesos, menos reprocesos |
| 4. Uso de energía solar en iluminación y oficinas | 10-30% | Incorporación de energías renovables, Bajo mantenimiento. Empresa socialmente responsable. |
| 5. Compra de maquinaria moderna para reemplazar la existente. | 15-30% | Aumento de la productividad, menos reprocesos, mayor eficiencia. |
| 6. Implementación de sistemas de presencia y equipos inteligentes para iluminación de oficinas y pasillos. | 10-30% | Sistemas de gestión inteligente para ahorro. Confort para el trabajador, evita el consumo innecesario de energía eléctrica. |

Fuente: Elaboración propia en base a los datos eléctricos analizados (2021)

El ahorro estimado se obtiene en base a los datos aportados en pruebas de diversas organizaciones consultoras de calidad de energía, incluyendo organizaciones reguladas por el gobierno como el FIDE (Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica), AME (Asociación Mexicana de Energía) y organismos internacionales que garantizan el beneficio al implementarse los equipos en condiciones óptimas y siguiendo las recomendaciones del fabricante, señalando el máximo beneficio esperado, con la posibilidad de contar con otros factores secundarios externos que interfieran en el equipo, por ejemplo, la captación de energía solar mínima en un día nublado o fallas en el suministro eléctrico, responsabilidad de la compañía eléctrica, pero que bajan el rendimiento de los equipos sugeridos.

4.1 Integrar bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia.

Objetivo:

- Mejorar la potencia de una o más cargas
- Disminuir el desgaste de los equipos eléctricos
- Reduce el cobro de la compañía suministradora corrigiendo el factor de potencia

Propuesta:

- Adquirir equipos de bancos de capacitores, para incrementar el factor de potencia al 95% y evitar penalizaciones del proveedor de la red eléctrica.
- Analizar la recuperación de la inversión en un plazo de 3 a 5 años.

Análisis del caso:

Una de las consideraciones eléctricas más importantes y con la que es posible medir la eficiencia de un sistema eléctrico es el factor de potencia. La potencia en un sistema es la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor; este elemento transforma esa energía en otro tipo que puede aprovecharse de distintas formas: mecánica, calorífica o lumínica. Dependiendo de la eficiencia del elemento, parte de esta energía se desperdicia en formas que no pueden ser utilizadas. El factor de potencia mide la cantidad de energía eléctrica que se aprovecha por los elementos consumidores, conocida como potencia activa. La energía que se pierde por fricción, calentamiento, cargas magnéticas, ciclos de carga, etc., se conoce como potencia reactiva y es energía desaprovechada en el sistema. La potencia real que el sistema consume, denominada potencia aparente, se consigue sumando las potencias resultantes: activa y reactiva. Esto se representa en la Figura 18, conocido como triángulo de potencias. El factor de potencia, representado en el triángulo como el ángulo coseno φ , nos muestra que mientras este ángulo sea mayor, la pérdida de energía aumentará y el sistema será menos eficiente.

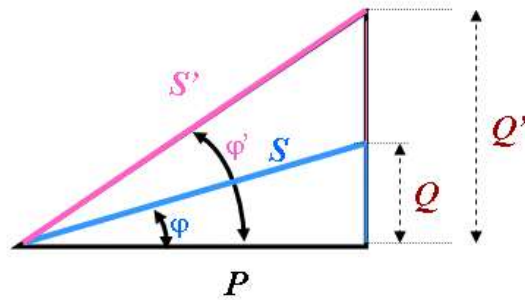


Figura 18. Triángulo de potencias. Elaboración propia a partir del autor Navarrete (2017)

Al proliferar elementos resistivos e inductivos en la industria, la tecnología que contrarresta estos efectos son los elementos capacitivos, los que mantienen un sistema puramente resistivo, que opera bajo mejores condiciones y presenta menos fallas. Al calcularse correctamente, permiten acercar la eficiencia o factor de potencia del sistema al valor unitario.

Las ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Disminuyen el desgaste de los equipos de baja tensión, aumentando su vida útil.
- Disminuyen las pérdidas por calentamiento en cables de distribución.
- Menor demanda energética a la subestación de la empresa, descargando transformadores e interruptores termomagnéticos.
- Evitan y corrigen algunos efectos eléctricos no deseables como resonancia magnética, bajo factor de potencia
- Tableros con partes compactas y extraíbles que facilitan su mantenimiento.
- Operación automática que administra la energía de acuerdo como se vaya necesitando

Con los datos obtenidos del reporte de CFE correspondiente al último ciclo de medición en la empresa bajo estudio, generamos la tabla 7:

Tabla 7. Cálculo de cargos y bonificaciones según el periodo medido.

| PERIODO MEDIDO | FP | KW | Kvar para elevar el FP | | | | | TOTAL | TOTAL | CARGO | BONIFICACION |
|----------------|-------|-----|------------------------|------|------|------|------|---------|---------|-------------|--------------|
| | | | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | KWH | KVARH | BON. POR FP | FP = 0.95 |
| NOV-21 | 0.795 | 465 | 450 | 410 | 385 | 366 | 355 | 359.225 | 345.193 | \$11,135.13 | \$1,854.62 |

Elaboración propia a partir de los valores proporcionados por CFE a la empresa bajo estudio (2021).

A partir del 10 de noviembre de 2018, tal y como apareció en el Diario Oficial, se modificaron las tarifas eléctricas. Respecto al Factor de Potencia se fijó como valor mínimo igual 0.90, considerando por debajo de este valor aplicar multas que pueden llegar hasta el 120% del costo de la Facturación y por arriba del factor de potencia igual a 0.90, bonificaciones con un máximo del 2.5% de la Facturación Básica Medida (FBM). Se requiere instalar 385 KVAR, para presentar un FP mínimo = 0.95 en la condición de máxima demanda (465 KW).

Al presentar un FP mínimo = 0.97, se evitaría el cargo por bajo FP que en el periodo de medición NOV'21 fue \$11,135.13, y se obtendría una misma bonificación de \$1,854.62 pesos mensuales

$$Ahorro_{mensual} = \$ \text{Cargo Bajo FP} + \$ \text{Bonificación por FP} > 0.90$$

$$Ahorro_{mensual} = \$11,135.13 + 1,854.62$$

$$Ahorro_{mensual} = \$12,989.75 + IVA$$

De este modo, aunque los equipos antiguos continúan operando con una eficiencia convencional menor o igual al 85%, el banco de capacitores compensa del 10 al 15% de la potencia demandada para posicionar los valores en los sugeridos por la compañía eléctrica, esto permite conservar la base instalada de equipo eléctrico sin necesidad de actualizarse, lo cual, como se verá más adelante en las propuestas posteriores, incrementa el costo de inversión y asimismo evita cargos por bajo factor de aprovechamiento y recibe una bonificación adicional, lo que ayuda a que el retorno de inversión sea en menor tiempo.

Para este fin, el equipo propuesto es un banco de capacitores de 400 KVAR de la marca Schneider Electric, en un gabinete de dos puertas 480VCA, cuenta con un equipo automático que monitorea variables eléctricas como voltajes, corrientes, factor de potencia. El equipo monitorea la demanda eléctrica y compensa en pasos la cantidad de potencia faltante, de modo que siempre se tiene un factor de potencia igual o superior a 0.95. La figura 19 muestra una imagen física típica del equipo propuesto. Montado en un gabinete auto soportado de acero al carbón para colocarse en interiores, cuenta con una pantalla LCD montada en puerta que muestra los valores eléctricos principales y facilita el mantenimiento. Al conectar los bancos de capacitores, se aumenta la potencia activa en la planta, lo que mejora el rendimiento del sistema eléctrico y reduce los imprevistos, interrupciones y variaciones de voltaje, mientras reduce el estrés y el daño potencial de la red eléctrica. Indirectamente contribuye a preservar la vida útil de los dispositivos eléctricos, al mantenerlos funcionando dentro de los parámetros eléctricos nominales para el que fueron diseñados. El equipo cuenta con piezas desmontables con herramientas, a las cuales se puede acceder fácilmente en la parte baja del equipo. El fabricante garantiza el equipo por un periodo de vida útil de 10 años, y es posible complementarlo con otros equipos similares en caso de que la planta crezca en capacidad o se agreguen nuevos equipos a la red eléctrica.



Figura 19. Banco de capacitores. Diseño de Schneider Electric (2018)

Se realiza el cálculo de inversión y amortización contemplando las bonificaciones que el proveedor del sistema eléctrico bonifica y se anotan en la tabla 8. Las cantidades están calculadas en pesos mexicanos con base al tipo de cambio de \$21.00 considerando que el equipo debe importarse de Estados Unidos. El beneficio se calcula por año una vez realizada la inversión (12 meses). Se puede observar que es a partir del quinto año cuando el valor se vuelve negativo, lo que representa una remuneración al consumo eléctrico de la planta.

Tabla 8. Cálculo de inversión y amortización de la adquisición de bancos de capacitores

| Año | Inversión | Ahorro | Bonificación | Amortización |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | \$575,000.00 | \$155,868.00 | \$155,868.00 | \$419,132.00 |
| 2 | \$419,132.00 | \$155,868.00 | \$311,736.00 | \$263,264.00 |
| 3 | \$263,264.00 | \$155,868.00 | \$467,604.00 | \$107,396.00 |
| 4 | \$107,396.00 | \$155,868.00 | \$623,472.00 | -\$48,472.00 |

Elaboración propia a partir de los valores proporcionados por CFE a la empresa bajo estudio (2021).

Para el cálculo de los parámetros económicos y financieros se ha considerado una tasa de crecimiento anual del precio de la energía del 4.5%. Para cada periodo de la rentabilidad obtenida en función de la vida útil del equipo o sistema contemplado, teniendo en cuenta el tiempo de uso estándar y las instalaciones y demanda de trabajo actual. Se puede observar el comportamiento graficado en la figura 20 y 21. La tasa de interés se determina en un 5% anual.

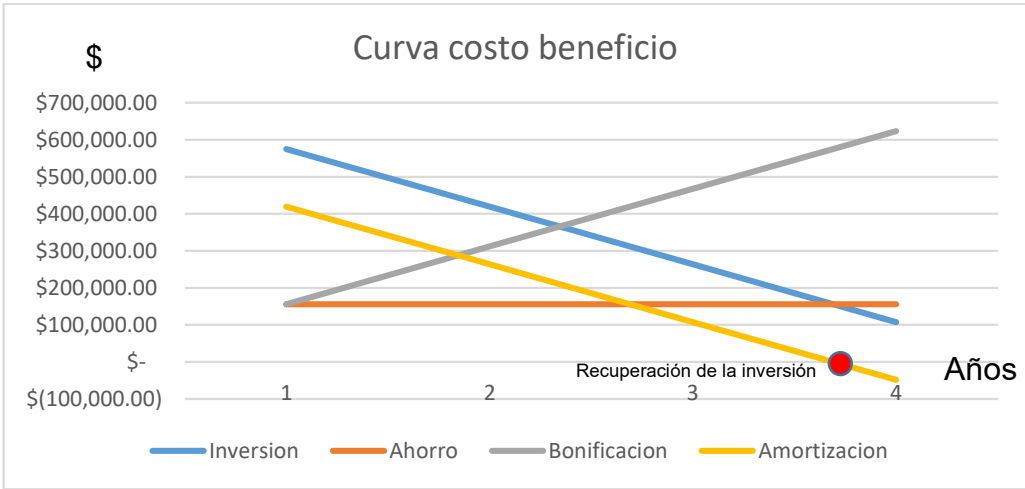


Figura 20. Relación costo beneficio de la adquisición de bancos de capacitores. Elaboración propia en base a los datos proporcionados (2022).

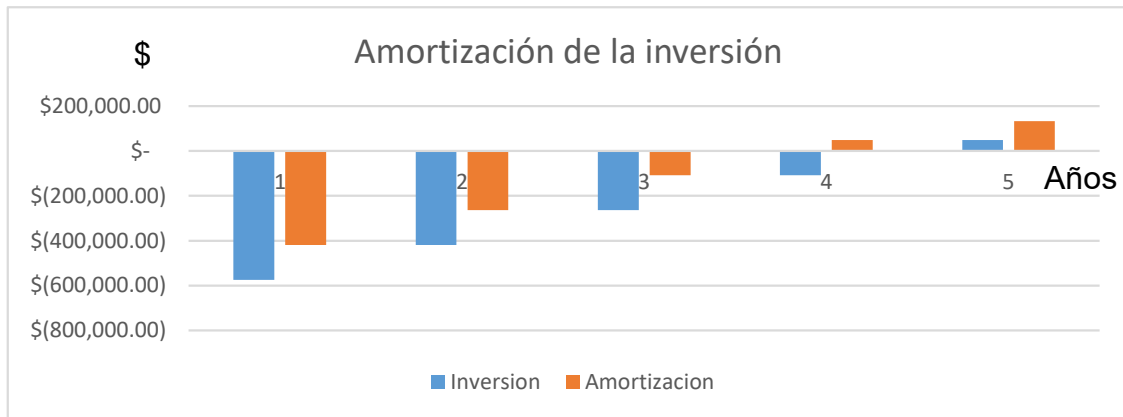


Figura 21. Amortización de la inversión, al adquirir un banco de capacitores. Elaboración propia en base a los datos proporcionados (2022).

Por lo cual se puede observar que se tiene un punto de equilibrio a partir de 2.5 años y una recuperación de inversión a los 4.3 años. Además de evitar las multas y penalizaciones, y reducir el costo del monto eléctrico por las bonificaciones recibidas, la calidad de energía mostrada en la planta contribuye a preservar los equipos electrónicos, reduciendo las fallas. Al manejar dos sistemas de voltaje diferentes, la sugerencia es que se suministren un banco de capacitores por transformador. Uno para la red trifásica de 440VCA y otro para la red de 220VCA. Los cálculos no contemplan los costos indirectos, como los precios generados por mano de obra, instalación, puesta en marcha y gastos de mantenimiento preventivo, sugeridos cada 6 meses después de los dos primeros años. El equipo en situaciones normales no requiere refaccionamiento hasta el sexto año, y los costos de mantenimiento y refacciones pueden absorberse con las bonificaciones y ahorro por evitar cargos.

4.2 Sustituir las luminarias actuales por tecnología LED.

Objetivo:

- Sustitución de la red de iluminación existente de halógeno y otras tecnologías, por lámparas led de bajo consumo
- Analizar el ahorro generado en el recibo de luz.

Propuesta:

- Realizar un listado de luminarias existentes y sus consumos.
- Analizar el reemplazo de luminarias compatibles por tecnología LED, más eficiente y con menor consumo de energía.

Análisis del caso:

La iluminación es importante para la forma en que percibimos nuestro entorno e interactuamos con él, además de contribuir con la productividad y la salud. Un área de trabajo mal iluminada puede causar fatiga ocular o un accidente. Hace dos décadas, la iluminación en las ciudades y lugares de trabajo se basaba en focos incandescentes tradicionales, que, al estar basados en una resistencia, producían un 20% de luz y un 80% de calor, por lo que eran altamente ineficientes. En la última década aparecieron los primeros focos de halógeno y fluorescentes, con una reducción en el consumo de hasta un 50%, y una base de luz “fría” que permitía un manejo más claro de los colores y reducía el reflejo. Los focos LED en un inicio se desestimaban ya que su brillo era escaso e insuficiente en áreas grandes y solo se recomendaban para estancias residenciales o iluminación secundaria. Para el año 2019 y posteriores, los avances tecnológicos en fabricar LED de alta iluminación permiten utilizar lámparas con esta tecnología en áreas grandes e igualar los lúmenes necesarios (unidad de medida del flujo luminoso) de los focos y lámparas tradicionales; también se ha visto una reducción en su precio, por lo que cada vez resulta más rentable actualizar la luminaria en casas y negocios, Sin importar la aplicación, hay un modelo con tecnología LED disponible.

Para el análisis de la empresa que nos ocupa, la iluminación externa y de oficinas se compone fundamentalmente de lámparas fluorescentes, con potencias de 18, 36 y 58 watts; este tipo de lámpara supone el 74% de la potencia instalada en la empresa, excepto en áreas especiales como el estacionamiento, áreas de proceso y exteriores. Solo el 26% de la base instalada se basa en iluminación tipo LED. Las potencias de las lámparas LED varían de 12 a 49 Watts. La tabla 9 muestra el inventario de los equipos actuales, contemplando las luminarias con tecnología fluorescente o de tipo halógeno existentes en la planta.

Tabla 9. Conteo de lámparas actuales en la empresa bajo estudio

| Tipo de luminaria | Área | Watts | Numero luminarias |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|
| Lámpara fluorescente 28 mm 2 tubos por campana | Área de hilatura | 2x18 y 36 W | 160 |
| Lámpara fluorescente 28 mm 2 tubos por campana | Área de proceso | 2x18 y 36 W | 240 |
| Reflector exterior soporte en muro halógeno 250W | Alumbrado exterior | 80 y 250 W | 45 |
| Luminario lineal montaje en pared T5 fluorescente | Pasillos | 2x9 W y 58W | 60 |
| Lámpara Fluorescente 26 mm T8 2 tubos fluorescentes | Oficinas | 2x18 W | 80 |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

Para aprovechar el gabinete o campana existente de los luminarios fluorescentes actuales, se propone solo cambiar los tubos fluorescentes por tubos LED de alta eficiencia. Los fabricantes han estandarizado los tamaños de los tubos (T5 y T8) así como las entradas y los conectores para facilitar la sustitución y reutilizar las bases y campanas. De este modo, no se requiere gastar en bases nuevas, ni en materiales de instalación y montaje. Los tubos fluorescentes requieren un equipo llamado balastro para operar y encender, mientras que los tubos LED se alimentan a través de una red interna de 12 o 24 VCD, que es la presentación de LED comúnmente encontrada en el mercado. Esto requiere modificar la línea actual de 120 VCA y cambiarla a un voltaje de 24 VCD; el cableado existente se puede utilizar, siempre que se realice la modificación en el tablero de distribución, manteniendo las protecciones eléctricas. Por cuestión de normatividad, se podría anexar un cable adicional para respetar el código de colores o para evitar malentendidos con líneas de corriente alterna. Al tener un bajo consumo de potencia (menor a 3 W), es posible considerar un cableado nuevo

utilizando cable de control de bajo calibre. La figura 22 muestra el aspecto físico de los tubos propuestos con tecnología LED. Se aprecia que se conserva forma, tamaño y conexión similar a la luminaria existente, lo que facilita el reemplazo.



Figura 22. Comparativa tubo tipo fluorescente con un equivalente tecnológico tipo LED. Diseño de la empresa Ilumileds (2022)

Otra característica importante es que las lámparas LED, si bien tienen un precio aproximado del doble de una fluorescente, su promedio de vida se encuentra alrededor de las 30,000 horas, comparado con las 8,000 de una lámpara de fluorescencia, representando una vida útil 3 veces mayor. Además de mantener el mismo grado de luminosidad con menor consumo de electricidad, se cuenta con otras características importantes como reducción de la emisión de calor, reducción en las emisiones de CO₂, y un retorno de inversión menor a 2 años.

La tabla 10 resume el análisis de inversión y el ahorro esperado en el primer mes. Se contemplan ciclos de vida útil, de modo que no se requiere refaccionamiento en los próximos 7 a 10 años y se muestran los consumos mensuales estimados considerando de 5 a 13 horas diarias de uso. Las áreas señaladas cuentan con ventanas suficientes para aprovechar la luz natural. Las zonas de producción, hilatura y proceso, así como los pasillos de almacén mantienen lámparas iluminadas por la noche para garantizar una correcta iluminación.

Tabla 10. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de equipo con tecnología LED

| Área | Horas de uso | Número luminarias | Ahorro (kWh) | Inversión | Ahorro | Vida útil (años) |
|-------------------------|--------------|-------------------|--------------|---------------------|--------------------|------------------|
| Área de hilatura | 288 | 160 | 3.456 | \$40,640.00 | \$4,147.20 | 10.4 |
| Área de proceso tintura | 384 | 240 | 4.608 | \$60,960.00 | \$5,529.60 | 7.8 |
| Alumbrado exterior | 240 | 45 | 12.000 | \$132,750.00 | \$8.970.00 | 12.5 |
| Pasillos | 240 | 60 | 2.880 | \$21,300.00 | \$3,456.00 | 12.5 |
| Oficinas | 160 | 80 | 1.920 | \$19,680.00 | \$2,304.00 | 18.7 |
| | | | | \$275,330.00 | \$24,406.80 | |

Elaboración propia a partir de estudio de calidad de la energía de la empresa bajo estudio (2021).

El comportamiento de la amortización calculada se ilustra en la figura 23, prediciendo la recuperación de la inversión en un plazo menor de 1 año. El ahorro se obtendrá de una disminución en el costo del recibo de la compañía de luz, calculando un 16% de reducción en el consumo eléctrico por iluminación.

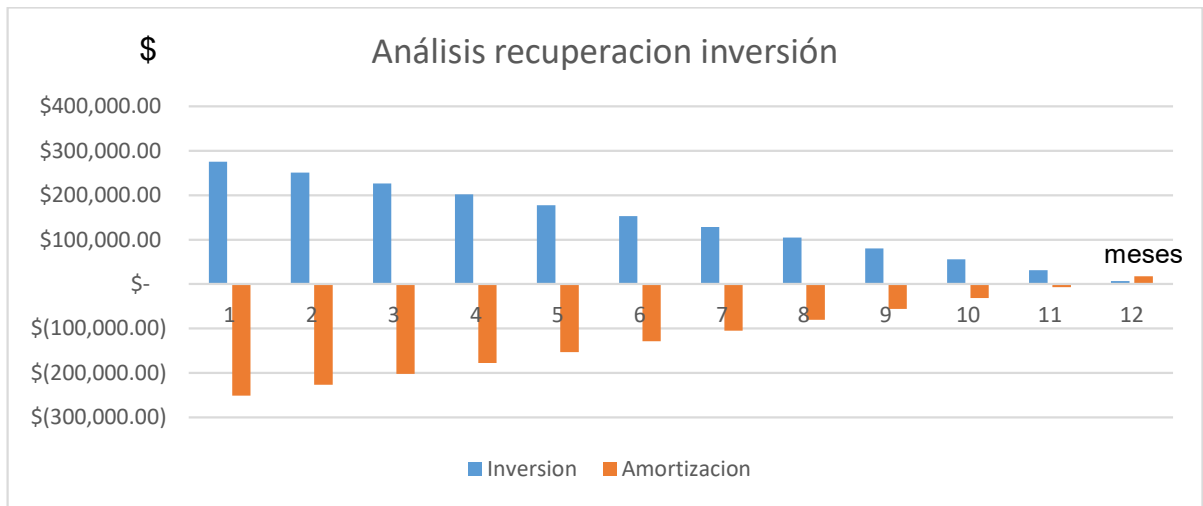


Figura 23. Recuperación de la inversión y amortización para el reemplazo de luminarias. Elaboración propia con base a los datos proporcionados (2022).

Para el desarrollo de la gráfica no se contemplan gastos considerados por mano de obra en la instalación, recableado de líneas, fuentes de voltaje adicionales, cambio de gabinetes, campanas y soportes de luminarias que se encuentren en mal estado. No se contempla el aumento de tarifas eléctricas ni incrementos en refacciones.

4.3 Reemplazo de motores convencionales por equipos de alta eficiencia.

Objetivo:

- Actualizar motores actuales de la maquinaria por equipos de mayor eficiencia.
- Evitar paros de proceso debido a motores dañados o en mal estado.
- Mejorar las pérdidas de energía por efectos mecánicos (rodamientos, fricción, desgaste)
- Implementar un sistema de mantenimiento preventivo, analizando los componentes por horas de vuelo.

Propuesta:

- Realizar un resumen de los motores existentes y su antigüedad
- Proponer una actualización por motores de alta eficiencia para equipos con más de 30 años de antigüedad.

Análisis del caso:

Al igual que los electrodomésticos en casa, los motores y partes industriales sufren una constante evolución e innovación por parte de los desarrolladores, con el fin de aprovechar mejor su principio de funcionamiento, reducir su consumo y alargar su vida útil. Los motores de alta eficiencia demandan una menor potencia del sistema eléctrico y entregan la misma potencia de salida. Construidos con materiales que aprovechan mejor el principio de funcionamiento de un motor eléctrico, las pérdidas de energía son menores lo cual reduce la temperatura de operación y requiere menor ventilación, lo que proporciona una mayor vida útil. Soportan mejor las variaciones del voltaje y reducen los decibeles de trabajo, siendo más silenciosos. Al aprovechar mejor la energía, contribuyen a mejorar el factor de potencia promedio de la empresa.

Para poder calcular la propuesta, se realiza un inventario de los motores con los que se cuentan en los distintos departamentos de producción e hilatura. La tabla 11 sintetiza la cantidad total de motores a reemplazar clasificados por la potencia en el motor. A mayor potencia, crece el tamaño y por ende el precio de los motores, no obstante, el beneficio de ahorro eléctrico crece en contraste a la capacidad del motor.

Tabla 11. Relación de motores en la empresa

| Potencia de motor | Cantidad | Ubicación |
|-------------------|----------|--------------------------------|
| Motores de ½ HP | 40 | Hiladoras |
| Motores de 3 HP | 30 | Quemador de la rama |
| Motor de 10 HP | 15 | Mercerizadora |
| Motor de 5 HP | 32 | Torniquetes internos teñidoras |
| Motor de 30 HP | 5 | Centrífugas |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

Los motores propuestos en el estudio son de la marca Siemens, modelo de referencia 1LG6220-4MA. La figura 24 muestra las características técnicas más importantes de acuerdo con la norma IEC 60034-2-1. La eficiencia de placa promedia un aprovechamiento de la energía de al menos un 94%, comparada con la medida estándar de los motores antiguos del 70 al 85%, contemplando un cálculo teórico de 14% de ahorro energético.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Voltaje nominal del motor | 220/440V |
| Frecuencia de trabajo | 60 Hz |
| Potencia nominal | De ½ a 30 HP Según la maquina |
| Velocidad nominal | 1770 RPM |
| Par nominal | 229.3 Nm |
| Clase de eficiencia | IE2 |
| Eficiencia IEC 60034-2-1 | 94% |
| Factor de potencia | 0.9 |
| Ruido del equipo | 66 db |
| Horas sin lubricación | 40,000 h |

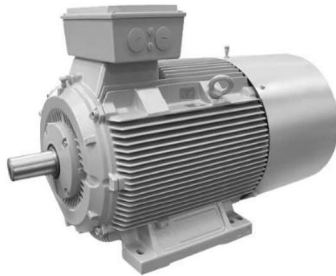


Figura 24. Características técnicas de los motores de alta eficiencia. Fuente: Ficha técnica Siemens (2022).

Los cálculos de retorno de inversión y ahorro calculado se enuncian en la tabla 12. Se promedia una media de 4 a 6 meses de uso libre de mantenimiento y lubricación, y una vida útil superior a los 10 años.

Tabla 12. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de motores de alta eficiencia.

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Inversión subtotal | Consumo normal | Ahorro Esperado | Retorno en meses |
|-----------------|----------|----------------|----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Motores de ½ HP | 40 | \$3,094.65 | \$123,786.00 | \$16,024.32 | \$2,239.96 | 55.26 |
| Motores de 3 HP | 30 | \$4,837.82 | \$145,134.60 | \$36,054.72 | \$5,039.91 | 28.79 |
| Motor de 10 HP | 15 | \$11,595.22 | \$173,928.30 | \$75,114.00 | \$10,499.81 | 16.56 |
| Motor de 5 HP | 32 | \$7,068.36 | \$226,187.52 | \$80,121.60 | \$11,199.79 | 20.19 |
| Motor de 30 HP | 5 | \$29,227.25 | \$146,136.25 | \$100,152.00 | \$13,999.74 | 10.43 |
| | | | \$ 815,172.67 | 307,546.64 | \$42,979.21 | 26.25 |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

La figura 25 muestra el ahorro generado calculado a 5 años. Se aprecia que, a pesar de que la inversión mayor se produce en los motores más grandes comparada con el número de motores de menor capacidad, el beneficio se aprecia a partir del primer año de la implementación. No se contemplan los costos de instalación y adaptaciones mecánicas que se requieran, ni costos derivados por los paros programados de la maquinaria para el cambio de motores, compra o renta de grúas o montacargas para el transporte y colocación de los motores más pesados.

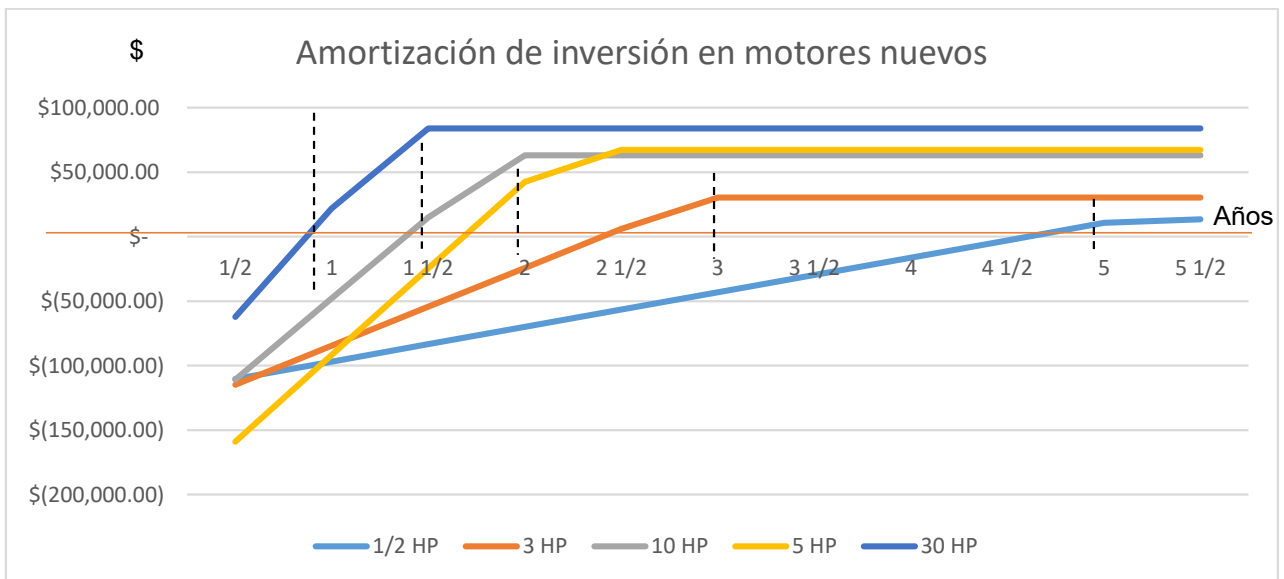


Figura 25. Recuperación de la inversión y amortización para la compra de motores de alta eficiencia.

Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022).

El comportamiento de las curvas mostrado permite elegir a los inversionistas el orden de implementación en la planta. Por ejemplo, los motores de 5 HP representan la mayor inversión, y su tiempo de recuperación de la inversión es a partir del segundo año, comparados con los motores de 10 y 30 HP, con montos de inversión menores y que permiten un ahorro mayor de energía, con la recuperación en un lapso menor.

4.4 Uso de energía solar en iluminación de pasillos y oficinas.

Objetivo:

- Implementar sistemas de energía alternativos para las zonas de iluminación de la compañía.
- Cumplimiento ecológico de la empresa con generación de energías limpias.

Propuesta:

- Calcular la carga necesaria para abastecer las lámparas de espacios exteriores y pasillos por un periodo de 6 horas
- Calcular la carga total para reducir el consumo eléctrico en luminarias de oficinas

Análisis del caso:

Los paneles solares aprovechan los rayos para convertirla en energía eléctrica. Es una energía limpia y gratuita que requiere poco mantenimiento y se recupera a mediano plazo. Aunque en México los requerimientos legales sobre la generación de las empresas de alguna energía alternativa siguen siendo voluntarios, ya se tiene contemplado en la ley de transición energética volverla obligatoria y penalizar a aquellas industrias que no la promuevan a partir del año 2024, por lo que las empresas tienen tiempo de planear la implementación e integración en sus consumos energéticos.

Sin embargo, uno de los principales contras que tiene esta energía es una alta inversión inicial en la compra de los materiales, el espacio requerido para colocarla y la instalación a través de mano de obra especializada. Aunque el mantenimiento diario es mínimo, y no existen partes a reemplazar a corto plazo, el mayor costo lo representan las baterías, que deben empezar a sustituirse en un plazo promedio de 3 a 5 años, periodo donde su tiempo de carga empieza a disminuir. También es importante contar con espacio suficiente para el montaje de las celdas solares, donde se recomienda áreas abiertas y planas que aprovechen el mayor tiempo posible los

rayos del sol, y un espacio mínimo de distancia entre paneles para mejor aprovechamiento de la energía y labores de mantenimiento, lo cual puede duplicar las dimensiones de espacios, lo que lo hace poco práctico en las ciudades.

Como punto de análisis, la tabla 13 muestra los cálculos de los paneles solares para el 100% de las lámparas de la compañía, con el fin de revisar los contras que presenta esta tecnología.

Tabla 13. Análisis de caso contemplando el consumo total de luminarias existentes.

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| Número de Luminarias | 720 |
| Cantidad de paneles | +75 |
| inversión inicial | \$ 4,715,100.00 |
| Retorno de inversión | ≈ 60 meses |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

Sumado a la inversión inicial elevada, la recuperación supera los 60 meses, para ese momento se sumarían los costos indirectos de adquisición de baterías de reemplazo, cambiar celdas solares que presenten roturas, sarro o baja absorción de los rayos solares, por lo que el proyecto se alargaría y se volvería estable a partir del sexto año. También se debe contemplar el espacio a utilizar para colocar las celdas solares, que contempla una superficie aproximada de 300 a 400 m², lo cual dificulta la implementación.

Para la propuesta bajo estudio se tomará un grado intermedio: incluir celdas solares para pasillos y equipos de oficinas, aproximadamente el 40% del consumo de luminarias, dejando fuera las cargas grandes encargadas de la iluminación de proceso o equipos eléctricos de alto consumo, como refrigeradores u hornos de microondas. Por cuestiones de seguridad y para evitar una falla grave, solo se tomará en cuenta el 60% de las luminarias de estas áreas, dejando las restantes alimentadas por energía eléctrica convencional. Esto evitará que las zonas queden apagadas en caso de una emergencia o falla en el sistema, y utilizará cableado independiente a la red eléctrica tradicional. Los componentes eléctricos son específicamente diseñados para sistemas fotovoltaicos y previenen y protegen situaciones como cortos circuitos, fallas en

baterías, monitoreo de líneas de energía para operar en caso de emergencia y administración de la energía recogida en las celdas solares.

Para el cálculo de los paneles solares se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \frac{1.3 * E}{P}$$

Donde:

N = Número de paneles

E = Energía consumida en el día, se contempla el 30% adicional para evitar problemas de aumento de carga, o para compensar días donde el clima no ayude a captar la radiación solar.

P = Potencia del panel solar, Algunas placas de fabricación china son económicas, pero con una baja eficiencia. Las placas propuestas son de la marca Qcell, de fabricación alemana, con una eficiencia promedio del 20% de 350W de potencia a 24V. Esta celda garantiza una eficiencia de captación del 93% de potencia nominal por los primeros 10 años

De este modo se tiene el siguiente cálculo:

$$N = \frac{1.3 * 5,040}{350} = 18.72 \cong 20 \text{ paneles}$$

La tabla 14 muestra los parámetros tomados en cuenta para esta propuesta, considerando la inversión inicial, su retorno de inversión y la vida útil de las luminarias propuestas. Se contemplan no solo el costo de los paneles solares, sino también las baterías para respaldo de 24 horas, cableado, bases de instalación y una superficie de montaje de 100 m². Se propone el techo de oficinas y pasillos, donde se colocarán accesos seguros por escalera, protecciones en los bordes del techo y espacio suficiente para trabajos de mantenimiento sin riesgos para el trabajador.

Tabla 14. Análisis de inversión contra ahorro en la compra de motores.

| Luminarias contempladas | kW totales | Paneles totales | Inversión inicial | Ahorro mensual | Recuperación |
|-------------------------|------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------|
| 140 | 5.040 | 20 | \$ 213,333.33 | \$ 10,628.91 | 20 meses |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

La figura 26 muestra un típico de instalación de celdas solares instalados en empresas con casos similares a la empresa del estudio. Los ángulos y posición de las celdas se realizan mediante un estudio previo de modo que se capte la mayor cantidad de energía solar en un día despejado.



Figura 26. Ejemplo de algunas celdas instaladas en casos similares al propuesto. Fuente: Paneles de la empresa Q-cells (2022).

La figura 27 muestra la tendencia de recuperación a 24 meses. Para este periodo se recomiendan mantenimientos preventivos de las celdas solares, limpieza, revisar puntos de óxido y estado de las baterías sin requerir recambios o mantenimiento mayor hasta en al menos un plazo de 36 meses posteriores a la instalación.

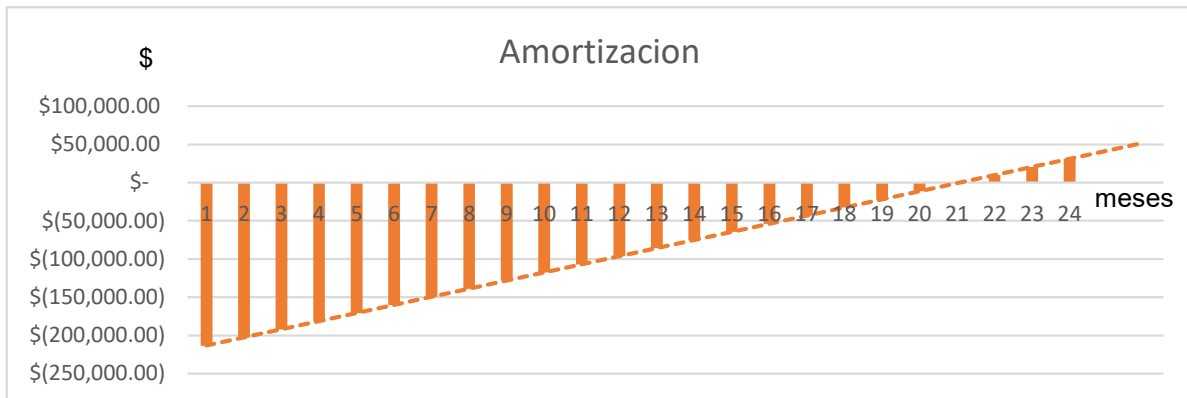


Figura 27. Amortización en la compra de celdas solares. Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022).

A su vez, y de forma opcional, se permite el uso de un medidor de energía autorizado por la Compañía Federal de Electricidad con conexión bidireccional en la salida del sistema fotovoltaico y la red eléctrica. Esto permite que toda la energía generada por las celdas solares y mientras las baterías muestren una carga completa, se pueda inyectar al sistema para ser aprovechada por equipos de iluminación en uso o en caso de no tener ninguno conectado, se suministre a la red general eléctrica, lo que contribuye a disminuir el consumo eléctrico en otros sistemas y aprovecha de forma más eficiente la inversión. En caso de presentar fallas en las baterías o reducción de su vida útil, toda la energía captada se sigue aprovechando en otros sistemas.

La inversión demuestra ser retornable en un periodo menor a 24 meses. Los montos de inversión contemplan materiales eléctricos relacionados al proyecto y mano de obra para la instalación. No se contemplan costos de equipos de seguridad personal, barandas para el techo y refaccionamientos, así como gastos de mantenimiento regular como limpieza de las celdas solares, recambios en celdas defectuosas, baterías o sistemas de control.

4.5 Compra de maquinaria moderna para reemplazar la existente.

Objetivo:

- Actualizar maquinaria con más de 30 años de antigüedad
- Reducir los gastos de mantenimiento al adquirir equipos nuevos para reemplazar los existentes
- Obtener una mejora en la productividad, aumentando la producción y reduciendo los reprocesos.

Propuesta:

- Analizar la maquinaria existente y su obsolescencia
- Realizar un análisis costo beneficio, así como recuperación de la inversión para maquinarias de hilatura y proceso.

Análisis del caso:

A diferencia de las propuestas anteriores, la recuperación de una maquinaria nueva requiere una inversión mayor, y el ahorro se encuentra distribuido en la reducción de gastos indirectos y aumento de la productividad, la cual debe compararse con registros históricos de al menos 2 años para obtener un análisis confiable de la recuperación de la inversión. Es importante considerar la sustitución de una maquinaria antigua si se tienen registros de reparaciones constantes, paros inesperados o refaccionamiento costoso debido a que los repuestos son obsoletos o tardan mucho tiempo en conseguirse, y por último, la carga de trabajo que la máquina produce, en especial si se utiliza para áreas críticas del proceso, u ocasiona cuellos de botella.

Los beneficios que se proponen con la adquisición de maquinaria se enuncian a continuación:

- Incrementa la velocidad de producción, aumentando el poder competitivo de la empresa frente a otros negocios del ramo.
- Procesos más eficientes y automatizados, que reducen la carga de trabajo para el personal, reduciendo los errores y reprocesos.

- Relación de baño menores, que proporciona ahorro en químicos, materias primas y cantidad de agua utilizada para los enjuagues.

En el listado de equipos con los que cuenta la empresa se mencionan los siguientes en la tabla 15, mencionando su grado de antigüedad.

Tabla 15. Relación de maquinaria con más de 30 años de antigüedad.

| Descripción | Detalles | Año fabric. | Nivel de uso |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Autoclave para teñido de hilatura | 3 máquinas para terminado en área de hilatura. | 1980 | Bajo |
| Máquinas de teñido | 8 máquinas para acabado, descruce, blanqueo y teñido de telas. | 1979-1986 | Alto |
| Ramas para planchado y acabado | 2 ramas para planchado y fijado. | 1976-1990 | Alto |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

Sin embargo, al analizar las variables, las autoclaves, aun con el año de fabricación en contra, se evalúa su uso frecuente solo por época del año, y aunque la rama tiene un uso alto, el precio de la maquina nueva es cercano al millón de dólares, el cual incluye funciones complementarias, y cuenta con costos de recuperación mayores a 15 años. En el presente trabajo se analiza la versión intermedia, maquinaria de teñido, que sustituyan al menos 4 de las 8 máquinas existentes.

Las máquinas de teñido propuestas son de la compañía alemana Fongs, con pantalla para control automático que almacena hasta 100 recetas, con el fin de replicar los procesos y evitar diferencias en tonos y colores y que requiere menos intervención humana, mejor eficiencia en la relación de baño que requiere menos litros de agua por carga, y por ende, menor consumo de químicos y colorantes. Se cuenta con garantía en componentes eléctricos y mecánicos por un año y medio después de la puesta en marcha, por lo que no se generarán gastos por refaccionamiento en al menos 18 meses. Se resumen los gastos principales en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis para adquisición de una máquina de teñido marca Fongs, diseño alemán.

| Concepto | Precio en USD |
|--------------------------------|----------------|
| Precio de la maquinaria | \$ 300,000.00 |
| Gastos de importación | \$ 75,000.00 |
| Gastos de instalación mecánica | \$ 15,000.00 |
| Técnico especializado | \$ 6,500.00 |
| Gastos generales | \$ 5,000.00 |
| Total, en USD americanos. | \$ 401,500.00 |
| Total, en pesos MX | \$8,431,500.00 |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

Para los parámetros a contemplar en el análisis, se considera los gastos de mantenimiento promedio en el último año, los días de paro considerando una pérdida de \$5,000 a \$8,000.00 pesos diarios, el ahorro energético estimado en base a la ficha técnica de la maquinaria y el crecimiento en la producción y ahorro de materias primas (colorantes y químicos), considerando la reducción de litros de agua y relación de baño 1:6 en comparación con la maquinaria anterior, relación de baño 1:10. La figura 28 muestra el diseño típico utilizado por la empresa para el departamento de teñido.



Figura 28. Máquina de teñido para industria textil. Diseño de la empresa alemana Fongs (2020).

Para los gastos de amortización, se contempla la venta de la maquinaria antigua como a una empresa textil más pequeña, contemplando costos de un 40% del valor comercial. Este proceso suele demorar de 4 meses a 3 años y suele estar acompañado de gastos de desmontaje, traslado y reinstalación, lo que hace que pocas empresas se sientan motivadas a adquirirla. Para una venta más rápida, se

suele vender los tanques y depósitos como contenedores (al ser de acero inoxidable y que soportan altos volúmenes en su interior), o rematarlo como chatarra para el reciclaje del metal y otros componentes útiles, lo cual reduce su venta a no más del 20% de su valor comercial, pero acelera la venta y la disposición en la planta de espacio libre para la nueva maquinaria; se contempla un incremento en la producción del 20%, producto de una reducción de recursos como agua, energía, vapor, reprocesos y químicos, así como procesos automáticos que requieren menor intervención del operador, permitiendo la reducción de personal en el área. La tabla 17 enuncia los principales costos relacionados con el cambio de maquinaria.

Tabla 17. Análisis de costo beneficio en la compra de una maquinaria nueva.

| Concepto | Cantidad en MXN |
|-----------------------------------------------|-----------------|
| Producción estándar maquinaria | \$160,000.00 |
| Producción estimada nueva maquinaria | \$200,000.00 |
| Venta de máquina usada | \$300,000.00 |
| Gastos mantenimiento promedio mensual | \$ 80,000.00 |
| Días de paro último año en maquina antigua | \$ 360,000.00 |
| Ahorro energético estimado mensual | \$ 24,860.00 |
| Pago de maquinaria sin contemplar ganancias | 42.16 meses |
| Retorno de inversión contemplando solo extras | 10.2 años |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

La figura 29 ilustra la recuperación de la inversión, calculada en los próximos 5 años. Se consideran dos escenarios, uno donde la amortización contempla las ganancias generadas por la máquina para disminuir el costo de inversión, mientras una segunda postura contempla solo el beneficio adicional que supone la máquina nueva, descontando la cantidad que se obtenía en producción por la antigua maquinaria.

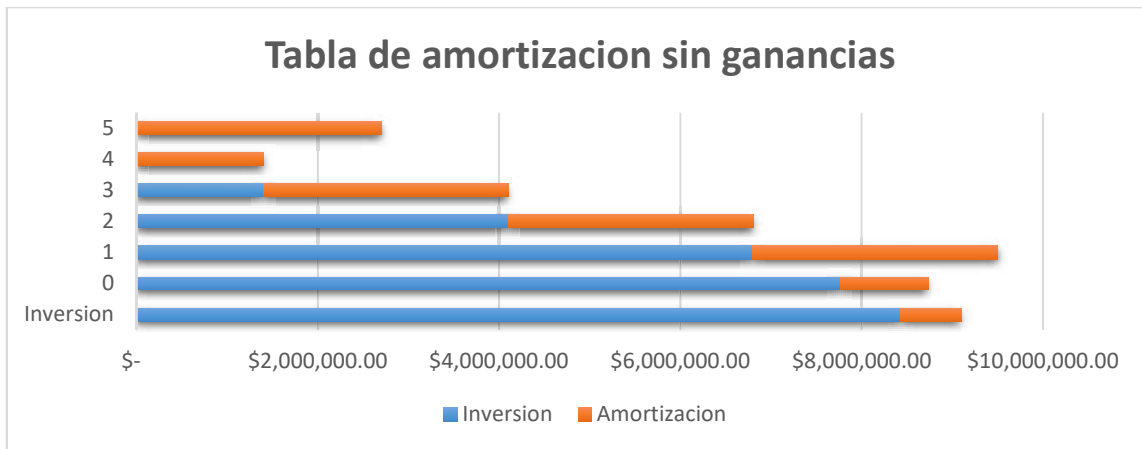


Figura 29. Amortización por compra de maquinaria sin ganancias. Elaboración propia a partir de los datos proporcionados (2022).

Aunque se contempla una reducción en la inversión en el ahorro el primer año, se puede analizar otros escenarios como una combinación de ambas gráficas con el fin de generar ganancias para otros gastos de la empresa, y revisar esquemas de financiamiento con los fabricantes por los primeros 3 años para no descapitalizar la empresa. Esto se puede visualizar en la figura 30. Al requerir 3 máquinas adicionales al análisis presentado, la adquisición de maquinaria se calcula en un periodo de 2-3 años hasta completar las 4 que hacen falta según el análisis de proceso. Este periodo puede reducirse o alargarse, según el comportamiento y demanda del mercado y que se combine con otras inversiones necesarias según el plan de mantenimiento de la empresa.

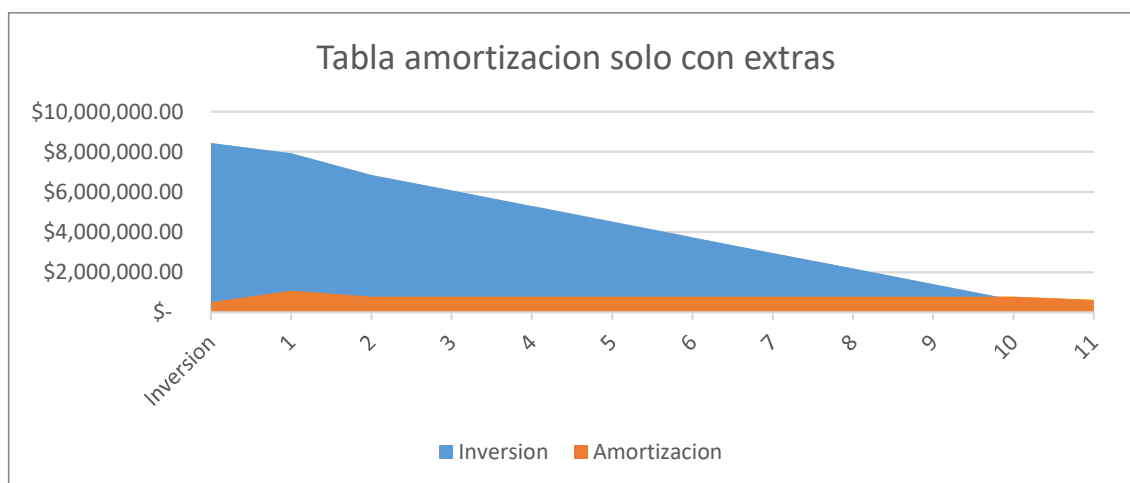


Figura 30. Amortización por compra de maquinaria, solo con beneficios adicionales. Elaboración propia con base a los datos proporcionados (2022).

4.6 Implementación de sistemas de presencia y equipos inteligentes para sistemas de iluminación.

Objetivo:

- Implementar sistemas inteligentes que reduzcan el consumo en áreas sin uso o presencia de personal.
- Evitar los consumos innecesarios por descuido de personal

Propuesta:

- Implementar sistemas de presencia y gestión inteligente en sitios estratégicos o de poca afluencia.
- Activar áreas por horarios establecidos, evitando la acción manual.

Análisis del caso:

Dentro del plano de la empresa se dividen en 12 áreas donde el encendido / apagado se realiza manualmente. Al tener varias tareas asignadas, el personal de mantenimiento puede incurrir en olvidar prender o apagar ciertas zonas en los horarios, teniendo consumos extras por iluminación. La propuesta contempla el uso de sensores que identifican la presencia de una persona, evaluando las condiciones de iluminación natural y se gestiona el encendido de lámparas y climatización de forma inteligente, con el fin de reducir el consumo en áreas comunes con distinto tráfico a lo largo del día.

Los sensores propuestos se utilizan comúnmente en domótica, con fines de ahorro energético o para mejorar el confort de las personas, automatizando encendidos de aparatos eléctricos de uso común, tales como iluminación y climatización. También se utilizan en seguridad para activar alarmas y sirenas cuando detecten presencia de personas en zonas peligrosas o para prevenir accesos no autorizados. El sensor de presencia puede ajustar la intensidad de la luz solo a las zonas que están ocupadas.

Además, es capaz de hacer una medición precisa de la luz ambiental existente y, si es suficiente, puede apagarlas, aun cuando haya personas. El uso de detectores de presencia suele combinarse con otros métodos de control, como el encendido por zonas horarias, o con detectores fotoeléctricos integrados para mantener las luces apagadas si hay suficiente luz ambiental durante el día. La figura 31 muestra un modelo típico que se utiliza en este tipo de aplicaciones.

Según un estudio patrocinado por la agencia medioambiental estadounidense (EPA, 2018), se predicen los siguientes ahorros utilizando detectores de presencia y/o de movimiento:

- Entre el 28% y el 38% en oficinas privadas.
- Entre el 30% y el 80% en pasillos generales.
- Entre el 45% y el 80% en zonas de almacenaje.



Figura 31. Sensor de presencia típico con tecnología PIR e interruptor horario digital. Diseño de la empresa Legrand (2022).

Para la implementación de los sensores, se designan las áreas de detección, calculando el área del pasillo u oficinas, y calculando el número de sensores necesarios, considerando sensores con un alcance entre 8 y 10 metros. Las lámparas tipo LED permiten un encendido y apagado continuo, sin que esto reduzca significativamente su vida útil. Esta tecnología es solo útil en áreas con flujo de gente variable, ya que, si se colocan en áreas con presencia constante, la implementación resulta poco beneficiosa. La figura 32 muestra los conos de detección que permiten saber si es necesario el encendido de la luminaria.

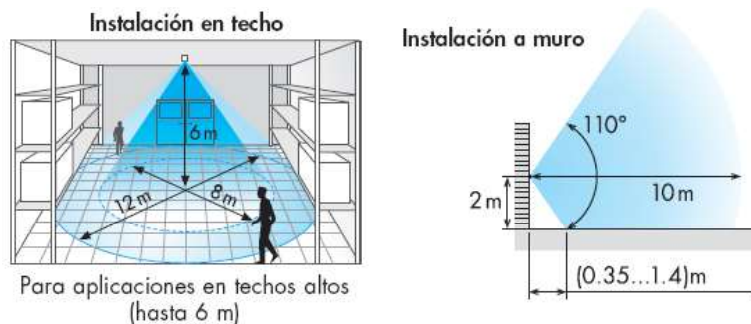


Figura 32. Instalación de sensores en techos o muros, indicando un cono de detección estándar.
Basado en el manual de instalación de la empresa Legrand (2022).

La tabla 18 proporciona los datos principales para el análisis de la inversión. Se hace un conteo de los sensores necesarios en áreas de oficinas, pasillos y almacén. Los precios de cada sensor de presencia e interruptores de control horario se expresan de forma individual y en pesos MX.

Tabla 18. Relación de sensores necesarios para la propuesta y costos unitarios

| Datos para el análisis de la inversión | Cantidad |
|----------------------------------------------------|------------|
| Precio de sensores de presencia con sensor de luz: | \$1,800.00 |
| Interruptor horario: | \$3,000.00 |
| Número de sensores en área de oficinas: | 15 |
| Número de sensores en área de pasillos y almacén: | 40 |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

En base a esta información se puede realizar la tabla 19 contemplando los escenarios mínimos y máximos de ahorro. Al ser un sistema que depende de la cantidad de personas que requieran iluminación, no se puede calcular un valor determinado de ahorro tan exacto, por lo que se estimará una medida mínima y máxima.

Tabla 19. Análisis de costos en inversión de sensores de presencia.

| Análisis de sensores | Cantidad | Costo instalación | Total a invertir | Consumo promedio | Ahorro mínimo | Ahorro Máximo |
|----------------------|----------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| oficinas | 18 | 12,000.00 | \$44,400.00 | \$21,257.81 | \$5,314.45 | \$8,077.97 |
| pasillos | 40 | 26,000.00 | \$98,000.00 | \$39,858.40 | \$7,971.68 | \$23,915.04 |
| | | | \$142,000.00 | \$61,116.21 | \$13,286.13 | \$31,993.01 |

Elaboración propia a partir de inventario en la empresa bajo estudio (2021).

La figura 33 muestra la estimación calculada contemplando el máximo y mínimo ahorro estimado, la inversión inicial y la disminución en la tarifa de energía eléctrica. Se considera una recuperación de la inversión en ambos en un lapso de 6 a 9 meses.

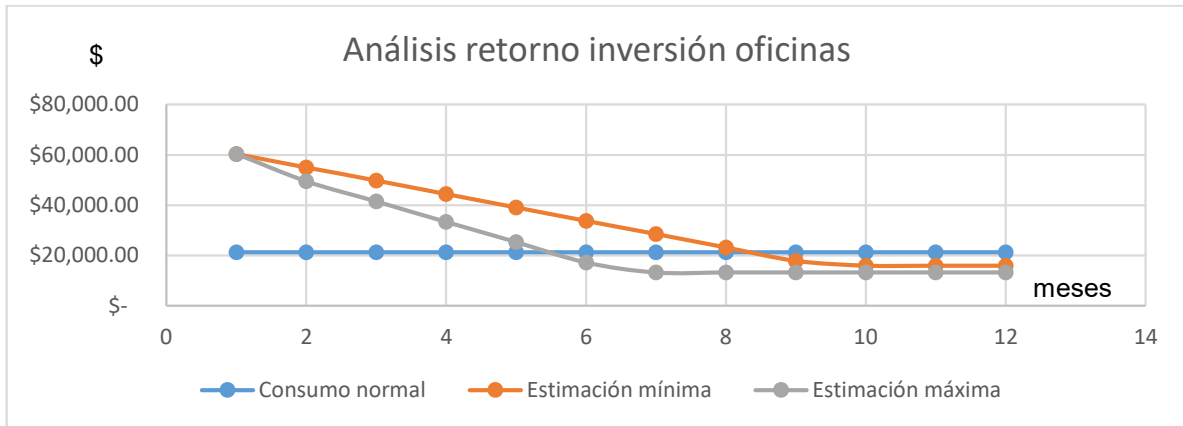


Figura 33. Análisis de retorno inversión en oficinas contemplando el estimado mínimo y máximo.

Elaboración propia con base a los datos obtenidos (2022).

Es sugerido el uso de luminarias de emergencia alimentadas con baterías en posiciones estratégicas e independientes al uso de sensores y lámparas fijas, ya que, en caso de una interrupción de la corriente eléctrica o alguna emergencia, las rutas de evacuación permanezcan visibles.

Similar al caso anterior, en la figura 34 se muestra el análisis precedente para pasillos y almacén. Se tiene una mayor cantidad de lámparas lo que requiere una inversión mayor, teniendo una estimación mínima de recuperación de 5 meses y una máxima de 13. Al ser pasillos y áreas de gran tamaño, se utiliza el 70% de la base instalada,

para prevenir fallos en los sensores y accidentes por falta de iluminación. Se cuenta entonces con una base del 30% de lámparas que se alimenta con la red eléctrica estándar y permanece encendida dentro de los horarios de trabajo y en base al nivel de iluminación reportado por sensores fotoeléctricos y dentro de los horarios establecidos.

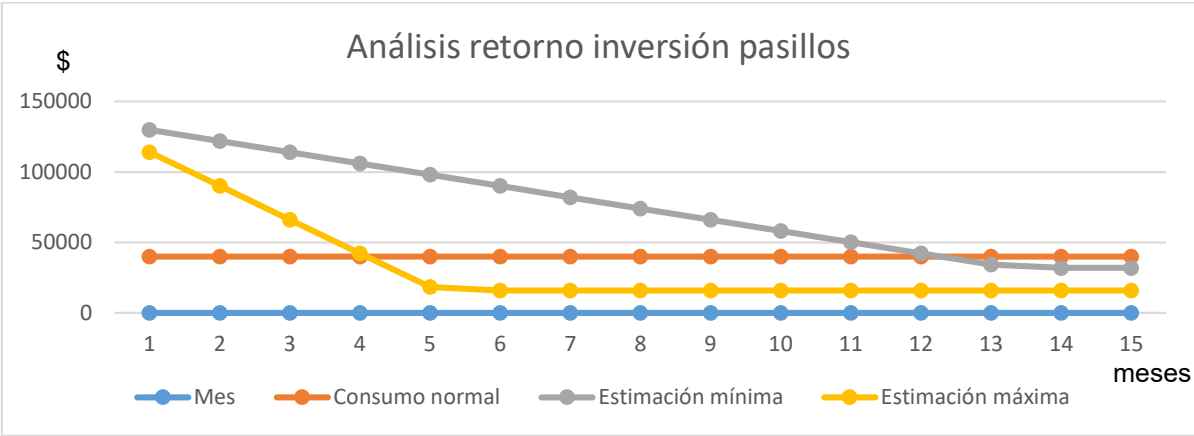


Figura 34. Análisis de retorno inversión en pasillos contemplando el estimado mínimo y máximo. Elaboración propia con base a los datos obtenidos (2022).

No se contemplan en los cálculos costos de instalación, uso de componentes relacionados como gabinetes o soportes para sensores, cableado complementario, mano de obra y el costo de luminarias adicionales que puedan requerirse. Se espera una reducción del consumo eléctrico en luminarias de un 5 a un 15%.

Conclusiones.

En base a los datos recopilados y los resultados calculados en las tablas y análisis de los puntos anteriores, se elabora un plan estratégico que propone los pasos a seguir a mediano plazo con un lapso máximo de 5 años. Dentro de estas se contempla también planificación operacional, enfocadas en capacitación a personal y cumplimiento de la normativa impuesta por la Secretaría de Energía para evitar multas y sanciones.

Para analizar la propuesta de forma global, la figura 35 ilustra un resumen financiero de las inversiones a realizar, colocando los costos de cada propuesta por separado, con el fin de analizar el impacto económico en la empresa y definir el orden de aplicación de la propuesta. Cada propuesta ha sido enfocada en solucionar puntos y problemas energéticos detectados en distintas áreas de la planta y representa un ahorro en el consumo energético.

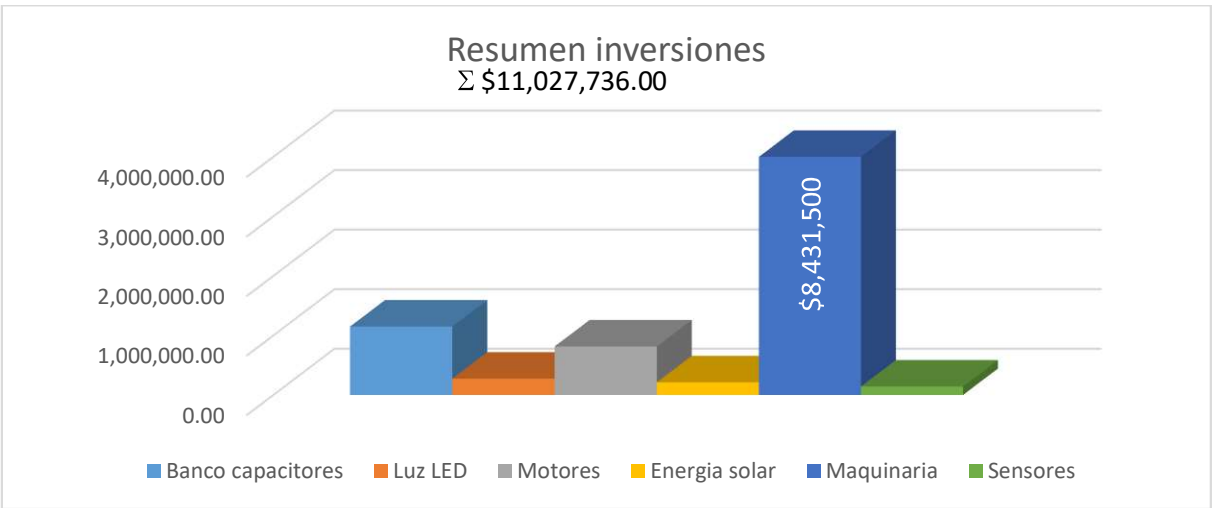


Figura 35. Resumen de inversión total / grafico de suma de inversiones. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022).

Considerando los ahorros anuales, y los montos de inversión, se puede calcular el ROI (retorno de inversión) de cada propuesta. Esta métrica muestra un claro indicador de los beneficios recibidos al implementar la propuesta, lo que ayuda en elegir el orden de la propuesta de trabajo. Esto se resume en la tabla 20, donde se remarca si la propuesta es recomendable de ejecutar o no en un corto plazo.

Tabla 20. Resumen de propuestas de mejora.

| | OPORTUNIDAD | Cant. | Costo \$ | Beneficio \$ | Costo / Beneficio | Recomendable | |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|--------------|-------------------|--------------|---|
| | | | | | | S | N |
| 1 | Adquisición de bancos de capacitores para mejora del factor de potencia. | 2 | \$575,000.00 | \$155,868.00 | 27.11% | X | |
| 2 | Sustitución del sistema de iluminación actual por lámpara tipo LED de bajo consumo. | 720 | \$275,330.00 | \$24,406.80 | 106.37% | X | |
| 3 | Reemplazo de motores convencionales por equipos de alta eficiencia | 122 | \$815,172.67 | \$42,979.21 | 63.27% | X | |
| 4 | Uso de energía solar en iluminación y oficinas | 20 | \$213,333.33 | \$10,628.91 | 59.79% | X | |
| 5 | Compra de maquinaria moderna para reemplazar la existente. | 4 | \$8,431,500.00 | \$824,860.00 | 12.95% | | X |
| 6 | Implementación de sistemas de presencia y equipos inteligentes para iluminación de oficinas y pasillos. | 58 | \$142,400 | \$22,639.57 | 190.78% | X | |

Elaboración propia a partir de los cálculos del estudio de calidad de la energía de la empresa bajo estudio (2022).

Se muestra la figura 36 donde se realiza un comparativo del consumo eléctrico aplicado por la comisión federal de electricidad manteniendo las condiciones registradas durante el estudio de calidad y sin efectuar ninguna mejora en la red eléctrica y colocando el cálculo de los consumos calculados aplicando cada una de las propuestas sugeridas, considerando los equipos operando al 100% en un plazo de 5 años. En todos los casos se observa una reducción en los consumos eléctricos, lo que representa menor monto por pagar en el recibo suministrado por la compañía eléctrica.

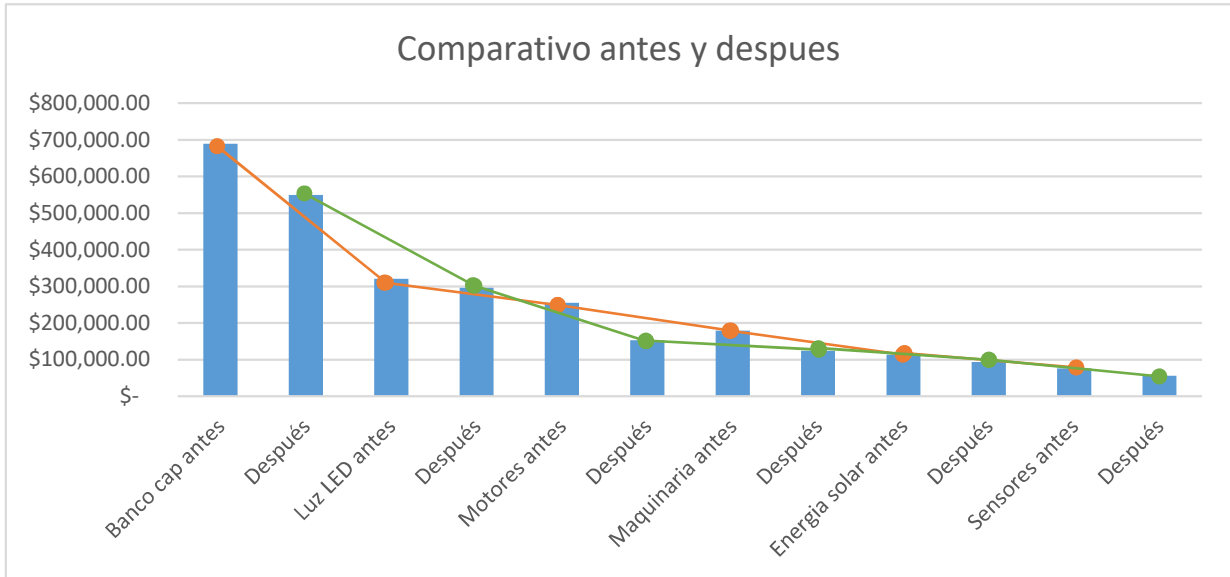


Figura 36. Comparativo de consumos eléctricos en los próximos 5 años, con y sin la propuesta de mejora. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022).

De acuerdo con lo calculado, se contempla una mejora en las condiciones eléctricas que derive en una reducción eléctrica global en la empresa y un ahorro energético equivalente del 22.07%, Esto garantiza que el proyecto es factible de ejecutarse, y comprueba el objetivo de la investigación de incentivar el ahorro energético con base en el uso de equipos con innovación tecnológica. Esto se ilustra en la figura 37; contemplando un incremento anual inflacional del 5%, se tiene un ahorro promedio anual de \$359,552.00

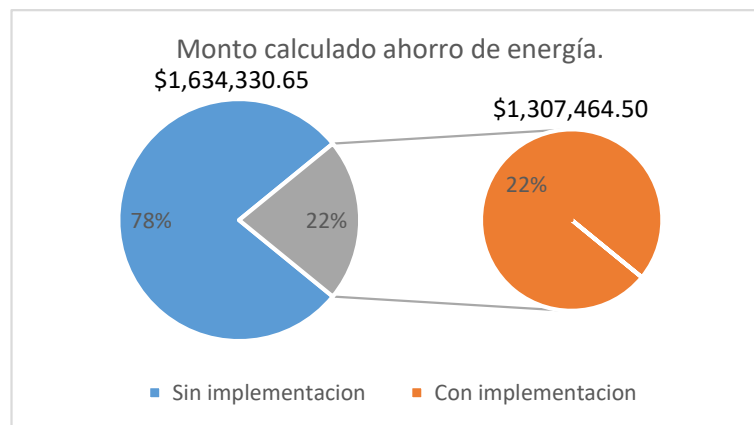


Figura 37. Montos calculados en 5 años, con y sin implementación. Elaboración propia en base a los datos calculados (2022).







Se realiza una mejora en la eficiencia de al menos 10% y hasta un 18% por mayor aprovechamiento eléctrico en lámparas de iluminación LED y motores de alta eficiencia. Los sensores y sistemas controlados por horario mantienen en uso los sistemas de iluminación de pasillos y áreas de oficina sólo si son necesarios, evitando el desperdicio de energía y alarga el tiempo de vida útil de las lámparas.

El uso de equipos con innovación tecnológica en motores y maquinaria con relación de baño más bajo permite el ahorro de insumos como agua, vapor, colorantes y químicos de proceso, lo que contribuye a justificar la inversión en nuevo equipo. Al ser equipos nuevos, se garantiza su funcionamiento libre de mantenimiento por al menos un año, y evitar gastos en refaccionamiento y paros no programados en la producción.

La implementación de celdas solares permite a la planta cumplir con la ley de transición energética a energías renovables. Además, se tiene una reducción en las emisiones totales de CO₂ por generación de energía sin combustibles fósiles. El uso de bancos de capacitores permite a la empresa cumplir con los requerimientos del código de red. Esto califica a la empresa para recibir bonificaciones del gobierno por hasta un 3% del consumo eléctrico y evitar multas por incumplimiento.

Para resumir las ventajas resultantes de la propuesta se enuncian en la tabla 31.

Tabla 21. Resumen de beneficios obtenidos por la empresa de acuerdo con la propuesta de mejora.

| Variable | Beneficio | Recomendable | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mejora en la eficiencia | 15% |  | La reducción en los gastos de mantenimiento y la implementación de motores de alta eficiencia y sistemas automatizados nos brinda sistemas más confiables |
| Actualizar tecnología en procesos | 12% |  | La automatización de procesos brinda mayor repetibilidad y la maquinaria nueva brinda procesos más eficientes lo que reduce el uso de químicos y colorantes. |
| Menor consumo eléctrico. | -17.3% |  | Los sistemas autogestionados y los sistemas eficientes aprovechan mejor la energía, ahorrando en los consumos y evitando las multas. |
| Retorno inversión | 2-5 años |  | La mayoría de las inversiones entra en su punto de equilibrio en el primer año, sin embargo, el retorno completo de inversión varía de 1.5 a 5 años. Se proponen esquemas de financiamiento para evitar la descapitalización. |
| Aumento en la productividad | 20% |  | La innovación tecnológica que se adquiere contribuye a reducir la cantidad de insumos, como agua, vapor, químicos, así como evitar reprocesos y devoluciones ya que operan de forma automática. |
| Emisiones totales | -10.2% |  | La reducción en el consumo energético y la implementación de energías limpias supone un 10% de disminución en las emisiones generadas. |

Elaboración propia en base a los cálculos de estudio de calidad de la energía (2022)

Se concluye que fomentar el uso de equipo con innovación tecnológica en las industrias de la transformación, como sustituto de los viejos equipos de iluminación y del área de producción, tiene una relación directa con el ahorro energético debido a su mayor eficiencia y bajo consumo y se recomienda su adquisición e implementación; no obstante, es necesario realizar un análisis costo beneficio y un plan estratégico de acción a fin de obtener un retorno de inversión en el menor tiempo posible sin recurrir a altas inversiones iniciales. Esto garantiza la factibilidad del proyecto sin afectar la operación y rentabilidad de la empresa y obtener el máximo aprovechamiento de la innovación.

Recomendaciones.

En base al análisis del retorno de inversión y los montos de inversión, se sugieren los siguientes puntos para un mejor aprovechamiento la propuesta en marcha:

- Prioridad a la hora de plantear la inversión

Corto plazo: Sustitución del sistema de iluminación. Al utilizarse por varias horas al día, no solo en la noche, y puesto que se puede utilizar los gabinetes y campanas existentes, la implementación puede hacerse rápidamente y con pocos recursos. La tecnología LED actual permite igualar la iluminación con menor consumo de energía. Se considera esencial comenzar con las áreas de producción e hilatura, ya que son las que tienen mayor consumo y se usan por varias horas diarias, el uso de luminarias exteriores, las cuales no pueden permanecer apagadas por motivos de seguridad y, por último, pasillos y oficinas. La ventaja de que las luminarias puedan usarse a la par de las anteriores permite que el proyecto se pueda ejecutar con una duración de 1 a 6 meses, considerando que la recuperación de la primera inversión llegaría en el primer mes, podría usarse este ahorro para invertir en luminarias faltantes.

Una vez implementando este paso, el uso de sensores de presencia sería el siguiente en sugerirse. Es importante que sea en este orden ya que algunas luminarias de tipo halógeno no permiten el encendido y apagado continuo, y si se intenta, puede repercutir en disminución de la vida útil, fallas o daños en los componentes de la lámpara. La compra e implementación de sensores puede priorizarse haciendo un análisis del flujo de las zonas y comenzando con las de menor tránsito. Los sensores pueden convivir con lámparas fijas, con el fin de evitar dejar zonas oscuras en relación 1:3, en caso de que alguno de los sensores falle o requiera ajuste en su área de detección.

Mediano plazo. Se recomienda incluir la compra de al menos uno de los dos bancos de capacitores, ya que esto evitaría las penalizaciones de la compañía de luz y mejoraría las condiciones de los equipos eléctricos en la planta en un

beneficio general, alargando su vida útil. Aunque la instalación y mantenimiento requiere los servicios de equipo técnico especializado, en situaciones normales los bancos de capacitores no requieren refaccionamiento frecuente, por lo que la inversión se realizaría una sola vez. Es recomendable buscar financiamiento con los fabricantes y proveedores, de modo que la inversión sea menor y de forma paulatina.

La adquisición de motores debe comenzar por los de mayor capacidad, ya que son los de menor número y la recuperación se realiza en menor tiempo, de modo que, al llegar a los motores pequeños, con una inversión menor, pero con un mayor número de piezas que se traduce en más horas de trabajo del personal de mantenimiento de la planta. Es importante coordinar estos cambios con los jefes de producción ya que, al ser motores de proceso, debe programarse un paro de maquinaria que no comprometa las fechas de entrega. Se recomienda un lapso de 6 meses a 2 años, concentrándose en los paros programados anuales (semana santa y fin de año), para avanzar en esta propuesta.

Largo plazo. La implementación de celdas solares requiere una planeación mayor debido a que se debe preparar el espacio donde se colocarán las celdas, nivelar el terreno, que se contempla originalmente en el techo de las oficinas, construir los accesos, áreas de resguardo de baterías, cableado a lámparas y entrenar personal de limpieza. Se requiere contratar personal especializado para la implementación y se estima un periodo de 2 a 3 años para realizar reinversión en baterías, celdas con poco aprovechamiento de luz solar y servicios de mantenimiento general.

La compra de maquinaria con más de 30 años de antigüedad supone al menos 15 máquinas, siendo el área más afectada el área de teñido, con 8 máquinas con continuos paros y refaccionamiento. Al ser la inversión de mayor peso, se requiere preparar el espacio, reacondicionar tuberías y drenajes y conectar rutas con el área existente, además de capacitar al personal en el uso de los nuevos equipos automatizados. Se recomienda comenzar con 1 o 2 máquinas y en un periodo menor a 5 años, reemplazar las 6 máquinas restantes. Al tener maquinaria con una mayor tasa de producción, se recomienda una labor de publicidad y crecimiento

en ventas, de modo que la ganancia neta diaria suba y pueda reducirse el tiempo de recuperación de inversión. Se recomiendan esquemas de financiamiento con bancos o fabricantes, que permitan el pago en varias sesiones o por paquete, lo que evita la descapitalización. La venta de las máquinas viejas a otras empresas más pequeñas o por kilo de metal representa una entrada extra de capital y deja libre la zona para nueva maquinaria futura.

Capacitación de ahorro energético a personal. Cursos que fomenten, impulsen y pongan en marcha acciones para el uso racional y consciente de la energía eléctrica y otros recursos mediante campañas informativas, guías técnicas de recomendaciones y buenas prácticas con el fin de que el personal realice un consumo responsable y sostenible de energía que contribuya a una disminución de la intensidad eléctrica y de manera conjunta, a un menor impacto en el medio ambiente.

Equipos automatizados de ahorro energético (Building Management System o BMS), que gestiona y mejora los consumos energéticos (principalmente iluminación y aire acondicionado), distribución de potencia eficiente, capacidad de monitoreo remoto, calendarización de tareas y procesos, recolección de datos y *machine learning* que permite al sistema aprender de los errores cometidos y proponer formas de evitarlos en el futuro.

El presente trabajo se concentra específicamente en ahorros y eficiencia energética, pero existen distintas mejoras en la planeación de la producción: logística de las entregas y exportaciones, convenios, ferias, bonificaciones gubernamentales y alianzas con empresas del sector. Se recomienda revisar las opciones aplicables a cada empresa que tenga requerimientos similares. En caso de utilizar la propuesta de mejora como base para otros casos, se sugiere actualizar las tarifas vigentes en la página oficial de la Compañía Federal de Electricidad, con el fin de tener datos más precisos.

Referencias

- Alonso, J. V. (2016). *Manual control de calidad en productos textiles y afines*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Añez Urbina, L. (2002). Factores determinantes del ahorro interno en América Latina. *Revista de Ciencias Sociales*, 299.
- Arango, M. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 221-234.
- Asociacion Minerológica, A. (1995). Clasificación de los silicatos. *Minerales del mundo*, 50-62.
- Asturias, C. U. (2020). *Introducción al comercio electrónico*. España: Asturias.
- Azato, L. (2014). Las clasificaciones en las empresas. *Quipukamayoc*, 139.
- Barrio, M. (2018). *Internet de las cosas*. Madrid, España: Reus.
- Bautista, G. (2000). *Clasificación de las empresas de México*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Blanco, J. (2008). *Economía: Teoría y Práctica. La economía, conceptos y problemas fundamentales* (5a ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Bonilla, M. (27 de octubre de 2021). *Estrategia, Gestión del Cambio e Innovación de Organizaciones*. Obtenido de Invertia D+I.
- Brito, R. A. (2007). Programación en sistema de manufactura tipo taller con algoritmo combinado. *Ingenierías Universidad Bogotá*, 11(2), 203-224.
- Buckingham, J. (2007). *Introducción a la Ingeniería Audiovisual*. España: Escuela técnica superior de ingenieros industriales.
- Buezo, C. A. (2003). Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes de amianto: toxicología y clasificación. *Centro Nacional de Condiciones de trabajo*, 4-6.
- Bustamante, I. (2010). *Geotextiles, Tejidos y no Tejidos*. México: Mexichem Amanco Geosintéticos.
- Calderón, C. (2012). Crecimiento económico y política industrial en México. *Problemas del desarrollo*, 43(170), 89-92.
- Carbajal, L. (2020). Las aplicaciones de la impresion 3D en el mundo de la moda. *3D Natives*, 40-49.

- Carrión, F. J. (1989). *Material para el diseño de productos textiles*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña .
- Cassidy, G. (2017). *Textile and Clothing Design Technology*. CRC Press, 64.
- Castro, G. (2002). La energía eléctrica: historia y radiografía del patrimonio soberano de la nación. *El economista*, 23-27.
- Cegarra, J. (2004). La industria textil de tintorería y acabados de España. *American Dyestuffs Reporter*, 150-165.
- Ciencia Tecnología e Innovación. (2018). *Hacia la consolidación y desarrollo de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación*. México: Universidad Autónoma Nacional de México.
- Coll, L. (2016). La industria textil en los países en vías de industrialización. *Perspectivas en el sistema mundial*, 78-86.
- Comisión Reguladora de Energía. (2016). Código de Red. *Gobierno de México*, 286.
- Córdoba, E. (2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 120-128.
- Costales, R. (2013). *La industria de los productos aglomerados. Desarrollo sostenido*. La Habana Cuba: ICICDA.
- Creative Commons. (10 de octubre de 2019). *Sun Heart Tools*. Obtenido de Sun Heart Tools: <https://www.sunearthtools.com/es/solar/payback-photovoltaic.php>
- Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A meta Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, 555-590.
- Departamento de Energía y Cambio Climático. (2012). Estrategias de Energía eficiente. *Workshop Global*.
- Diario Oficial de la Federación. (2015). *Ley de Transición Energética*. México: Gobierno de la República.
- DOF. (2009). *Acuerdo de estratificación de empresas micro, pequeñas y medianas*. México: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- DOF, D. (2008). *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética*^o. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión^o.

- DOF, D. O. (8 de abril de 2016). *Código de Red. Planeación; Medición; Control Operativo y Físico; Acceso y uso de la Infraestructura Eléctrica*. México.
- Echeverría, L. G. (junio de 2014). Generalidades de la seda y su proceso de teñido. *Prospect*, 12(1), 7-14.
- Edward, H. (2003). *Justo a Tiempo, la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. México: Norma.
- EPA, E. P. (2018). *Mexico Environmental Program Highlights Report Autumn 2018*. Tamaulipas: Semarnat.
- Eraso, O. (2008). *Procesos de manufactura en ingeniería industrial*. México: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- FAO. (2009). International Year of Natural Fibres. Rome, Italy.
- FAO. (13 de 12 de 2018). Wool Services Privatisation Act 2000. Australia.
- Flores, D. (2011). *Guía para los procesos de hilatura de fibras largas*. Guadalajara, Jalisco: Universidad Técnica del Norte.
- Galindo, R. (2008). La evolución tecnológica del telar. *Revista digital universitaria*, 9(11), 67-79.
- Ganges, L. S. (2012). Electricidad y cambio tecnológico. La implantación de la electricidad en las instalaciones técnicas ferroviarias. *Departamento de urbanismo y arquitectura de la escuela técnica*, 94.
- García, F. (2011). Marcos regulatorios sobre energías renovables en América Latina y el Caribe. *Organización Latinoamericana de Energía* (pág. 38). Ecuador: OLADE.
- García, F. (2012). *Contribución al análisis PEST (Política, Economía, Sociedad, Tecnología). Plan estratégico 2013-2020*. Colombia: Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería.
- González, F. (2007). Lean Manufacturing. Principales herramientas. *Panorama administrativo*, 72-80.
- Gupta, H. N. (2017). *Manufacturing Processes*. India: New Age International.
- Haro, I. R. (2012). Orígenes, evolución y contextos de la tecnología textil. *Arqueología y territorio*(9), 133-145.

- Hildegunn, K. (2004). *The global textile and clothing industry*. Switzerland: World Trade Organization.
- Hurwits, J. (2018). *Machine Learning for Dummies*. New Jersey, USA: John Wiley and Sons.
- IDAE, C. E. (6 de enero de 2020). *National action plans and annual progress reports*. Recuperado el 9 de febrero de 2020, de Plan de acción Ahorro Energético 2017-2020: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/targets-directive-and-rules/national-energy-efficiency-action-plans>
- IEA, I. E. (2008). *Energy Technologies Perspectives*. United States of America .
- INEGI. (2016). Subsector 32. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero. *Clasificación mexicana de actividades y productos CMAP*, 71.
- International Renewable Energy Agency. (2021). *Perspectiva de la transición energética mundial*. Canadá: IRENA.
- Junca, V. G. (1988). *Acabados de tejidos de lana*. España: Bosch.
- Kalpakjan, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Education.
- Khan, A. N. (2017). A review paper on Textile Fiber Identification. *Journal of Polymer and Textile Engineering*, 4(2), 14-20.
- Lande, D. (1999). *La riqueza y la pobreza de las naciones*. Argentina: Ediciones B.
- Lee, I. (1990). *Industria de procesos textiles*. México: Enciclopedia de salud y seguridad del trabajo.
- López, M. A. (2010). La evolución histórica e importancia económica del sector textil y del vestido en México. *Departamento de Ciencias Administrativas*, 125.
- Luna, M. A. (2006). *La industria textil en el mundo*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Luna, P. (2019). Tecnologías disruptivas. *Revista del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas*, 80.
- Maldonado, A. (2018). *Evaluación de un proyecto de inversión para un taller dedicado a la confección de vestidos para niñas*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mantulak, M. (2017). *Gestión de la tecnología y la innovación en pequeñas y medianas empresas*. Argentina: Universitaria.
- Martinez, C. (2017). El mercado de tejidos e hilados en México. *El mercado de tejidos e hilados en México* (pág. 48). México: Embajada de España en México.
- Martiniano, J. (2012). Innovación: la creatividad en el hilo del tiempo. *Revista Biomédica Latinoamericana*(27), 257-263.
- Marx, C. (2005). *La tecnología del capital*. México: Ítaca.
- Matovelle, R. (2021). Diseño e innovación radical desde una visión sistemática: El caso de las pymes industriales. *KEPES*, 49-74.
- Maza, M. S. (2012). Iniciación en materiales, productos y procesos textiles. *Innovación y cualificación*, 65-78.
- McLoughlin, J. (2017). *High-Performance Apparel*. Alemania.
- Mondragón, J. (2002). Fibras textiles. *Universidad Autónoma del Estado de México*, 45.
- Monroy, C. R. (octubre 2021). Manufactura textil en México: Un enfoque sistemático. *Revista Venezolana de Gerencia*, 335-351.
- Muñoz, G. V. (2012). La trayectoria tecnológica de la industria textil. *Frontera Norte*, 25(50), 155-186.
- Murgueitio, C. (2015). La industria textil del centro de México, un proyecto inconcluso de modernización económica. *Historiología*, 7(13), 43-75.
- Navarrete, I. (2017). *La eficiencia energética global*. México: CONUEE.
- Navas, R. (2018). Cinco razones para entender la importancia del sector manufacturero. *Banco interamericano de Desarrollo*, 10-16.
- OCDE. (1997). *Actividades científicas y tecnológicas*. España: OCDE.
- Oficina económica y Comercial de España en México. (2018). *Informe económico y Comercial*. México: Embajada de España en México.
- Olmedo, J. (2012). La gestión de proyectos en una empresa manufacturera del sector automotriz. *Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología*, 44.
- Orcón, B. (2019). Alternativas de pretratamiento textil. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 52.

- Pellini, C. (2014). *Las fibras artificiales y sintéticas*. Argentina: Limusa.
- Pila, R. (2010). *Estudio del flicker en una instalación eléctrica*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Pineda, F. L. (2010). *Transformación productiva de la industria*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Pino, R. (2012). *Materias primas y materiales. Costos Operativos*. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Quiñonez, M. (2014). *Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de Pascua para la exportación*. Guatemala: Universidad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- Reyes, J. Á. (2004). *La producción y la ecología*. Coahuila: Universidad Autónoma del Noreste.
- Riera, S. (1 de octubre de 2010). Las fabricas de Nike del siglo XXI. *El economista*, pág. version web.
- Rivero, A. B. (2011). Electricidad, características y opciones de reforma para México. *Análisis Económico*, 26(61), 153-173.
- Sánchez, P. (2005-2008). *Manual de Oslo. Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación*. Madrid, España: OECD.
- Sánchez, T. (2013). *Electrónica, dispositivos y aplicaciones*. Quito, Perú: Escuela Politécnica Nacional.
- Santos, J. (2018). *Una aproximación hacia una construcción teórica del ciclo de vida del cliente*. Tarija, Bolivia: Universidad Católica Boliviana.
- Sargano, C. (2016). La industria como eje de transformación, pasado, presente y futuro. *Mercados financieros Caixabank*, 32.
- Sartor, P. (2017). Que hay que saber de las tecnologías disruptivas. *Revista de negocios del IEEM*, 22-28.
- Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: Fondo de cultura económica.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). *El algodón de México, fibra suave y cultivo generoso*. México: Gobierno de México.

- Secretaría de Economía. (2016). *Industria Textil. Situación Macroeconómica*. México: Banco de México.
- Secretaría de Energía. (2018). *Manual de medición para Liquidaciones*. México: Diario Oficial.
- Secretaría de Energía, S. (2018). *Reforma energética. Resumen ejecutivo*. México: Gobierno de la República.
- Semarnat, S. (2016). *Características del Acuerdo de París*. México: Gobierno de México.
- Serna, A. (2012). Capacidades de negocio en el contexto empresarial. *Revista virtual Universidad Católica de Chile*(35), 82.
- Serna, G. M. (2011). *Economía: Los sectores de la economía*. Colombia: Universidad de Caldas, Union Europea.
- Servicio Público de Energía Eléctrica. (2018). *Estrategia nacional de energía 2018-2025*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Silva, S. A. (2018). *Industria Manufacturera, principal componente del comercio exterior de México en los últimos 20 años*. México: BBVA Research.
- Siva, F. (1996). *Tecnología industrial, las fibras textiles*. España: McGraw Hill.
- Sobrino, J. (2016). Localización industrial y concentración demográfica en México. *Problemas del desarrollo*, 31(1), 105.
- Stufflebeam. (2005). *Métodos cuantitativos y cualitativos de la investigación evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Textile Institute. (1985). *Identification of textile Material*. Alemania: the Textile Institute.
- Toledo, J. P. (2015). *Innovación empresarial. Características, factores y determinantes*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Torres, G. (2017). *Estudio del proceso productivo de manufactura textil*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- UNCC, U. (2005). *Protocolo de Kyoto*. Berlín, Alemania: United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Valencia, M. F. (2009). *El proceso productivo de tejeduría*. Bogotá, Colombia: Secretaría de Competitividad y Desarrollo Económico.

- Vargas, M. (2018). *Los cambios políticos, económicos y administrativos de la reforma energética en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vazquez Parra, J. (2017). *El ahorro en la carencia. Reflexión sobre los hábitos de ahorro de familias de México*. Bolivia: Perspectivas .
- Vazquez, J. (13 de marzo de 2019). Pruebas en zargazo para transformarlo en fibra. *El economista*, págs. 5-6.
- Vidal, G. (2016). *Las fibras vegetales y sus aplicaciones*. Chile: Universidad de Concepción.
- Vigaray, M. (2006). Evolución y tendencias en producción y distribución comercial. *Distribución y consumo*, 1(16), 110-120.
- Villegas, C. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 1(13), 74-79.
- Viquez, C. (2002). La araña hilo de oro. *Nephila Clavipes*. *Caribbean Way*, 4(1), 4-5.
- Visser, J. (2002). *Innovación: Necesidad científica y elección artística*. México: Universidad Autónoma de Guadalajara.
- Ximénez, L. (2013). *Breve historia de la electricidad*. España: Universidad Carlos III de Madrid.
- Zapata, J. (2014). Fundamentos de la gestión de inventarios. *Ingenierías*, 20, 218.
- Ziarsolo, A. P. (2016). Introducción a los textiles artificiales en las colecciones de indumentaria del siglo XX y su conservación. *Ge-conservación*, 1(9), 31-44.
- Zozaya, A. R. (2001). La riqueza y la pobreza de las naciones. *Política y Gobierno*, 8(1), 81-83.
- Zuñiga, I. A. (2002). *Síntesis de copolímeros en Bloque de Nylon 6 mediante Extrusion reactiva*. Coahuila, México: Centro de Investigación en Química Aplicada.