

Año 13, Número 1, 2025

REA>XION

Ciencia y tecnología universitaria

XXXVII

ISSN: 2007 - 7750



- » **Aprovechamiento de residuos poliméricos provenientes de la industria textil**
- » **Diseño de un dispositivo de ambiente controlado con IoT para el proceso de germinación de jitomate**
- » **Sistema de Gestión de Seguridad de la Información para una IES basado en ISO 27001:2022**
- » **Automatización en pymes aplicada a la logística inversa en Guanajuato**



comiterevista@utleon.edu.mx
reaxion.utleon.edu.mx





UTL

LEÓN

Directorio

Luis Ignacio Sánchez Gómez

*Secretario de Educación de
Guanajuato*

José Christian Padilla Navarro

*Rector de la Universidad Tecnológica
de León*

José Ernesto López Juárez

Secretario Académico

Martha Betzabé Murillo

Hernández

*Directora de Desarrollo Académico y
Docente*

José de Jesús Mendoza Rivas

Director de Económico Administrativo

Eduardo Pérez Gutiérrez

*Director de Tecnologías Emergentes
Industriales e Informáticas*

Ma. de Jesús Armenta Ortiz

*Subdirectora de Económico
Administrativo*

Jorge Andrés Ortega Contreras

*Subdirector de la Unidad Académica
del Sureste*

Héctor Mendiola Gómez

Subdirector de Tecnologías

Adolfo Israel Lomelí García

Subdirector de Industrial Sustentable

Comité Editorial

Liliana González Arredondo

Directora Editorial

Pedro Andrés Meza Torres

Aseguramiento de calidad

Daniel Israel Rodríguez Gante

Diseño web

Laura Elizabeth Martínez Olaz

Diseño gráfico y editorial

Laura Margarita Aguilar Cervantes

Corrección Editorial

Jorge Andrés Ortega Contreras

*Representante de la Unidad Académica del
Sureste*

Ma. Guadalupe Serrano Torres

*Representante de Área de la Dirección
Económico-Administrativa*

Anahí Torres Tinoco

*Representante de Área de la Dirección
de Tecnologías Emergentes Industriales
e Informáticas carreras Tecnologías de la
información*

Alan Daniel Villalobos Lara

*Representante de Área de la Dirección de
Tecnologías Emergentes Industriales e*

Informáticas carrera de Industrial Sustentable

Miguel Ángel Gil Ríos.

*Representante de Área de la Dirección de
Tecnologías Emergentes Industriales e
Informáticas carreras de Tecnologías de la
Información*

Roberto Gutiérrez Guerra

*Representante de Área de la Dirección de
Tecnologías Emergentes Industriales e*

Informáticas carrera de Química

J. Guadalupe Santos Gómez

*Representante de Área de la Dirección de
Tecnologías Emergentes Industriales e
Informáticas carreras de Electromecánica
Industrial*





Carta editorial

Reaxión Año 13, número 1

Con gusto presentamos la trigésima séptima edición de la revista. Este número está integrado por tres aportaciones del ámbito de las Ingenierías y una del eje de conocimiento de las Ciencias Sociales y la Economía.

La primera colaboración se enmarca en el contexto del amplio uso de productos sintéticos en la fabricación de prendas de vestir y, como es sabido, los desechos que se generan en este sector son contaminantes, y más aún, persisten por mucho tiempo en el ambiente, incluso en forma de microplásticos que pueden afectar el suelo y el agua. Es así como en **Aprovechamiento de residuos poliméricos provenientes de la industria textil**, las personas autoras analizaron los desechos que se originan en el proceso de fabricación de ropa deportiva, y a través de los métodos de espectroscopía de infrarrojo, análisis termogravimétrico y calorimetría diferencial de barrido, caracterizaron los materiales a fin de encontrar una combinación de propileno, poliéster y agente compatibilizante, que mostró viabilidad para ser reciclada en la propia industria del vestido.

Por su parte, el artículo **Diseño de un dispositivo de ambiente controlado con IoT para el proceso de germinación de jitomate** constituye una aportación de cómo aplicar el internet de las cosas al sector de la producción de alimentos, y de manera específica en lo referente a este fruto de amplio uso en diversas tradiciones culinarias. La propuesta aborda la creación de un invernadero a nivel de laboratorio, que incluye desde la caja modular para el nacimiento de las plántulas, los diagramas para fabricar la casa de cultivo (que debe permitir el uso de luz natural, por lo que el techo debe ser de material acrílico), la definición de los componentes electrónicos para la estructura de adquisición de datos, la interfaz de usuario, hasta la determinación de la plataforma web que permita el registro y la visualización de los datos que se estarán monitoreando.

Continuando en el ámbito de las Ingenierías, la colaboración titulada **Sistema de Gestión de Seguridad de la Información para una IES basado en ISO 27001:2022** incluye un diagnóstico de los riesgos y vulnerabilidades a los que están expuestos los datos (si bien se aborda de manera específica el caso de una institución educativa guanajuatense, su revisión podría ser un elemento de referencia para otras organizaciones). Se plantea un conjunto de elementos y políticas interrelacionados, tales como los controles de acceso lógico, el seguimiento a la bitácora de incidencias, programas de seguridad informática, elementos contra código dañino, y herramientas de seguimiento y monitorización de tráfico en la platafor-



ma. La puesta en práctica de este sistema incluye la aplicación de normativas internas por parte de todo el personal, ya que la propuesta se encuentra alineada con directrices del estándar de seguridad.

En cuanto al eje de las Ciencias Sociales y la Economía, las autoras de **Automatización en pymes aplicada a la logística inversa en Guanajuato** postulan la conveniencia de implementar estrategias de planificación de requerimientos de materiales. Así, presentan técnicas accesibles y económicas para que las pequeñas y medianas organizaciones productivas (particularmente en el sector textil) disminuyan el impacto ambiental de sus operaciones, al tiempo que mejoran su eficiencia. Además, demuestran que esto puede lograrse a través de optimizar la gestión de contenedores, envases y embalajes, lo que impacta de manera considerable en la cadena de suministros, y es aplicable especialmente en empresas que importan materias primas y exportan mercancías, pues en ese segmento la puntualidad en las entregas es un imperativo vital.

Invitamos a la comunidad académica y al público lector a entablar un diálogo con los textos que integran esta edición de la revista, y anticipamos que estas lecturas conlleven a nuevas perspectivas en el abordaje de estos tópicos.

Atentamente.

Comité Editorial de Reacción

Índice

7. Aprovechamiento de residuos poliméricos
provenientes de la industria textil

21. Diseño de un dispositivo de ambiente
controlado con IoT para el proceso de
germinación de jitomate

32. Sistema de Gestión de Seguridad de la
Información para una IES basado en ISO
27001:2022

49. Automatización en pymes aplicada a la
logística inversa en Guanajuato

Aprovechamiento de residuos poliméricos provenientes de la industria textil

Utilization of polymer waste from the textile industry

Juan Ernesto Ornelas-Amaro, Flora Itzel Beltrán-Ramírez, Miroslava Alejandra Silva-Goujon y Catalina Leticia De la Rosa-Juárez / Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)

Resumen

Actualmente se ha incrementado de manera considerable el uso de plásticos, lo que ha repercutido en el medio ambiente, originando grandes cantidades de residuos y, por lo tanto, aumento en la contaminación. Uno de los sectores que utiliza el plástico es el textil, tales como: nailon, poliéster, *spandex*, entre otros. El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la composición de residuos textiles provenientes de la fabricación de ropa deportiva para determinar la posibilidad de reciclaje. Basándose en un análisis de espectroscopía de infrarrojo, calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico, se determinó que los residuos textiles son 100 % de poliéster. Se definió la temperatura de procesamiento por extrusión e inyección para la obtención de probetas y evaluación de las propiedades físico-mecánicas de cada una de las formulaciones. Las combinaciones con polipropileno + poliéster + agente compatibilizante obtuvieron buenas propiedades físico-mecánicas y fueron seleccionadas para la elaboración de botones.

Palabras clave: poliéster, industria, polipropileno, residuos, textil.

Abstract

Currently, the use of plastics has increased considerably, impacting the environment by generating large amounts of waste and thus increasing pollution. One of the sectors that uses plastics is the textile industry, including materials like nylon, polyester, and spandex, among others. This study aims to determine the composition of textile waste from the production of sportswear to assess its recycling potential. Based on infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry, and thermogravimetric analysis, it was determined that the textile waste is 100% polyester. The processing temperature for extrusion and injection molding was defined to obtain specimens and evaluate the physical-mechanical properties of each formulation. The formulations with polypropylene + polyester + compatibilizing agent demonstrated good physical-mechanical properties and were selected for button production.

Keywords:

Polyester, industry, polypropylene, waste, textile

Introducción

Debido al desarrollo y crecimiento de la población, la industria textil ha tenido un gran auge, y asimismo también, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha convertido en uno de los sectores más contaminantes a nivel mundial. Esto es a consecuencia de la gran demanda, aunada a la falta de conocimiento de la sociedad para reutilizar y aprovechar estos residuos. Uno de sus ramos con mayor índice de contaminación es la industria de la moda, la cual es responsable del 10 % de las emisiones mundiales¹, ya que su impacto ambiental es muy alto debido a las tendencias que tienen periodos muy cortos, lo que provoca una renovación constante de la indumentaria. Todo este requerimiento de productos textiles ha provocado que se diseñen y fabriquen nuevos materiales poliméricos para poder cubrir la demanda de la industria manufacturera. El inadecuado manejo de estos materiales tiene como consecuencia aumento de la contaminación, pues en la mayoría de los casos estos residuos textiles terminan depositados en los rellenos sanitarios o también, son utilizados de manera errónea como combustibles.

En México, de acuerdo con lo que afirma Vázquez Rodríguez, en el 2019 se desecharon “más de 740 000 toneladas de textiles al año (contra 574 000 toneladas en 2011), y se prevé que esta cantidad siga incrementándose. Aunque no todo corresponde a las fibras sintéticas, estos residuos representan un problema por el espacio que ocupan y por el tiempo que toma su degradación, durante el cual seguirán liberando microplásticos”².

Tomando en cuenta lo descrito, surge la necesidad de proponer metodologías que reduzcan el volumen de estos materiales en los rellenos sanitarios o cualquier otro sitio de disposición final. Una de estas metodologías consiste en reprocesar y reincorporar los residuos textiles a la cadena productiva de la industria polimérica y así disminuir progresivamente la huella de carbono que estos desechos generan.

Objetivo

Proponer alternativas para implementar un sistema eficiente y sostenible para la gestión de residuos textiles, mediante la recolección, procesamiento y reincorporación de estos materiales en la cadena de suministro de la industria textil. Este enfoque permitirá minimizar el desperdicio de recursos, disminuir la contaminación ambiental y fortalecer los principios de la economía circular, promoviendo un modelo más sostenible y responsable en la producción y consumo de textiles.

Planteamiento del problema

Los rellenos sanitarios del estado de Guanajuato están llegando a su límite de capacidad por el aumento considerable de desechos generados por toda la industria, lo cual provoca un impacto negativo al medio ambiente.

El sector productivo textil es una de las principales fuentes económicas de la región y, a su vez, de las más contaminantes. Un estudio realizado en el año 2020 por la Cámara Nacional de la Industria Textil en conjunto con el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), muestra que el estado de Guanajuato se encuentra entre las cinco entidades con mayor producción, por lo que es importante tomar las medidas para una mejor reutilización de los residuos.

El estudio cualitativo de los materiales ayudará a la implementación del proceso para aprovechar más eficientemente los residuos. Para el presente estudio se tuvo la colaboración de una empresa del municipio de San Francisco del Rincón que proporcionó los residuos para caracterizarlos y poder identificar los materiales poliméricos que conforman mayoritariamente los residuos textiles de la industria manufacturera de uniformes deportivos.

La estrategia para el reciclaje y aprovechamiento de los residuos textiles consistió inicialmente en una caracterización de la materia prima (residuos), empleando técnicas como espectroscopia de infrarrojo, calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico, esto con la finalidad de identificar el tipo de polímero y así establecer que los procesos termomecánicos convencionales: extrusión e inyección son los más adecuados para su procesamiento.

Metodología de trabajo

Se seleccionaron tres tipos de residuos textiles con base de poliéster (felpa, malia y tulipán), utilizados en la fabricación de ropa deportiva provenientes de los diferentes proveedores. La selección se basó en la prevalencia para la confección de uniformes que genera más residuos. Estos materiales fueron elegidos debido a su amplia demanda en la industria y su composición uniforme de poliéster, lo que facilita su procesamiento mediante extrusión e inyección.

Al respecto, Pacheco Galindo (2015) señala que "El poliéster textiles es una tela bastante liviana de fácil lavado, que no encoje ni se estira; tiene la facilidad de ser mezclado con otros tipos de hilos como el nylon, algodón, viscosa o rayón, para dar origen a tejidos de mayor calidad"³. Es por estas características que el poliéster es de los materiales tradicionales más usados en la industria de la confección de uniformes deportivos.

Es importante mencionar que los cambios en las propiedades de los materiales plásticos después de ser reciclados son modificados, y los productos plásticos fabricados a partir de estos presentan algunas limitaciones técnicas que hay que tomar en consideración⁴.

Los residuos textiles mencionados, fueron triturados en un molino de cuchillas, con la finalidad de facilitar su manejo en los procesos de extrusión y moldeo por inyección de plásticos.

La extrusión de los residuos textiles se llevó a cabo en un extrusor doble husillo marca Leistritz con un L/D de 32, con un perfil de temperatura de 230 °C – 240 °C y una velocidad de 200 rpm. Los materiales obtenidos fueron secados por tres horas a 70 °C y posteriormente procesados mediante una máquina de moldeo por inyección marca Milacron a 230 °C – 240 °C de temperatura para la obtención de probetas, las cuales fueron utilizadas para la evaluación de las propiedades físico-mecánicas de cada uno de los materiales.

1. Los residuos textiles fueron triturados en un molino de cuchillas para facilitar su manejo en los procesos posteriores.
2. Los residuos textiles fueron analizados mediante las siguientes técnicas de caracterización con el objetivo de determinar su naturaleza química y comportamiento térmico para establecer el tipo de proceso a utilizar para su aprovechamiento:

- La **espectroscopia de infrarrojo (FT-IR)** es una técnica analítica utilizada para el análisis de compuestos químicos, fundamentada en el principio de vibración molecular de compuestos en un ambiente dado, y que permite la identificación de componentes en una variedad de muestras. Se utilizó para identificar la composición de los materiales con el objetivo de corroborar la información indicada en las fichas técnicas proporcionadas por los proveedores, las cuales mencionan que tienen 100 % de concentración en poliéster. El equipo utilizado es un Nicolet iS 10 de la marca Thermo Fisher Scientific.
 - El **análisis termogravimétrico (TGA)** es una técnica analítica para determinar la estabilidad térmica del poliéster. Este análisis se llevó a cabo en un intervalo de temperatura de 25 °C a 800 °C, a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, bajo una atmósfera de aire (nitrógeno y oxígeno de ultra alta pureza). El equipo utilizado es un Analizador Térmico Simultáneo SDT 600 de la marca TA Instruments.
 - La **calorimetría diferencial de barrido (DSC)** es una técnica experimental que proporciona información valiosa sobre las propiedades térmicas y físicas de los materiales, incluyendo transiciones de fase, reacciones químicas, capacidades caloríficas y estabilidad térmica. El análisis se llevó a cabo en un intervalo de temperatura de 25 °C a 400 °C, a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min. El equipo utilizado es un Analizador Térmico simultáneo SDT 600 de la marca TA Instruments.
3. Se realizó un mezclado físico con *pellets* de polipropileno copolímero de impacto⁵ a diferentes concentraciones para favorecer su homogenización, así como su procesamiento. Lo anterior se describe a continuación:
 - Formulación 1.** Polipropileno virgen. Este material se inyectó para obtener las probetas que servirán de referencia para comparar los resultados que se obtendrán de las formulaciones de polipropileno, poliéster textil y agente compatibilizante.
 - Formulación 2.** Se utilizó una concentración del 90 % de polipropileno y 10 % de poliéster textil.
 - Formulación 3.** Se usó una concentración del 88.5 % de polipropileno más 10 % de poliéster textil más 1.5 % de compatibilizante.
 - Formulación 4.** Se utilizó una concentración del 95 % de polipropileno más 5 % de poliéster.
 - Formulación 5.** Para esta formulación se utilizó una concentración del 98.5 % de polipropileno más 1.5 % de compatibilizante (formulación de referencia de acuerdo a los resultados de la valoración).
 - Formulación 6.** Se utilizó una concentración de 93.5 % de polipropileno más 5 % de poliéster más 1.5 % de compatibilizante.
 4. Las formulaciones fueron procesadas mediante extrusión a una temperatura de 230 °C – 240 °C en un extrusor doble husillo y a una velocidad de 200 rpm.
 5. Las formulaciones obtenidas fueron inyectadas a 220 °C en una máquina de inyección con la finalidad de obtener probetas para el análisis físico-mecánico del material bajo la norma estandarizada ASTM D 638-22⁶.
 6. De acuerdo con el desempeño mecánico de las formulaciones, se seleccionó la número 3 para la inyección de botones prototipo.

Resultados

Espectrofotometría Infrarroja (FT-IR)

En la Tabla 1 se describen las principales bandas de absorción y los tipos de vibración del poliéster.

Tabla 1. Frecuencias de banda IR típicas para fibras textiles comunes

Frecuencia de banda (cm^{-1})	Tipo de vibración
2930 – 2840	C–H
1740 – 1715	C=O
1250 – 1150	C–O
730 – 650	C–H

Se conoce como poliéster al conjunto de polímeros que tienen en común el grupo éster $-\text{CO}-\text{O}-$ como parte del esqueleto de la cadena principal⁷. Para el caso de los tres materiales de poliéster identificados como felpa (50), malia y tulipán, el carbonilo del éster que está enlazado al anillo aromático se localiza aproximadamente entre el rango de la longitud de onda de 1730 cm^{-1} y 1710 cm^{-1} , el éster se localiza en el rango de la longitud de onda de 730 cm^{-1} y 700 cm^{-1} . A continuación se muestran las figuras de los espectros mencionados.

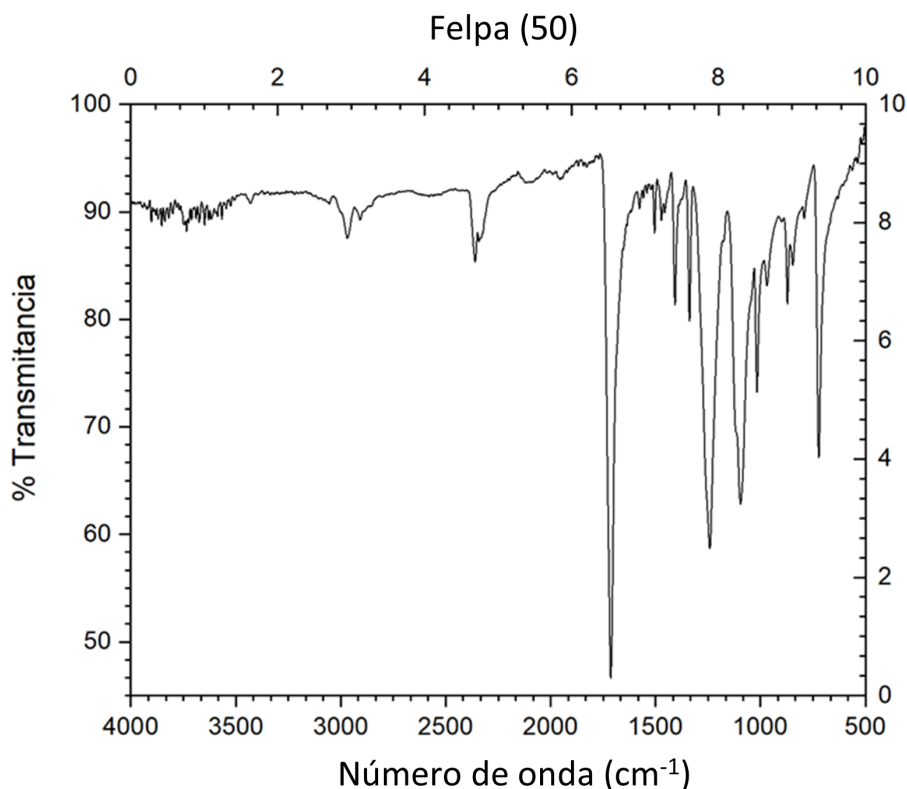


Figura 1. Espectro de infrarrojo (FT-IR) del material felpa (50) (100 % poliéster). Muestra los grupos funcionales característicos del poliéster 100 %, el anillo aromático se localiza aproximadamente entre el rango de la longitud de onda de 1730 cm^{-1} y 1710 cm^{-1} . El éster se localiza en el rango de la longitud de onda de 730 cm^{-1} y 700 cm^{-1} .

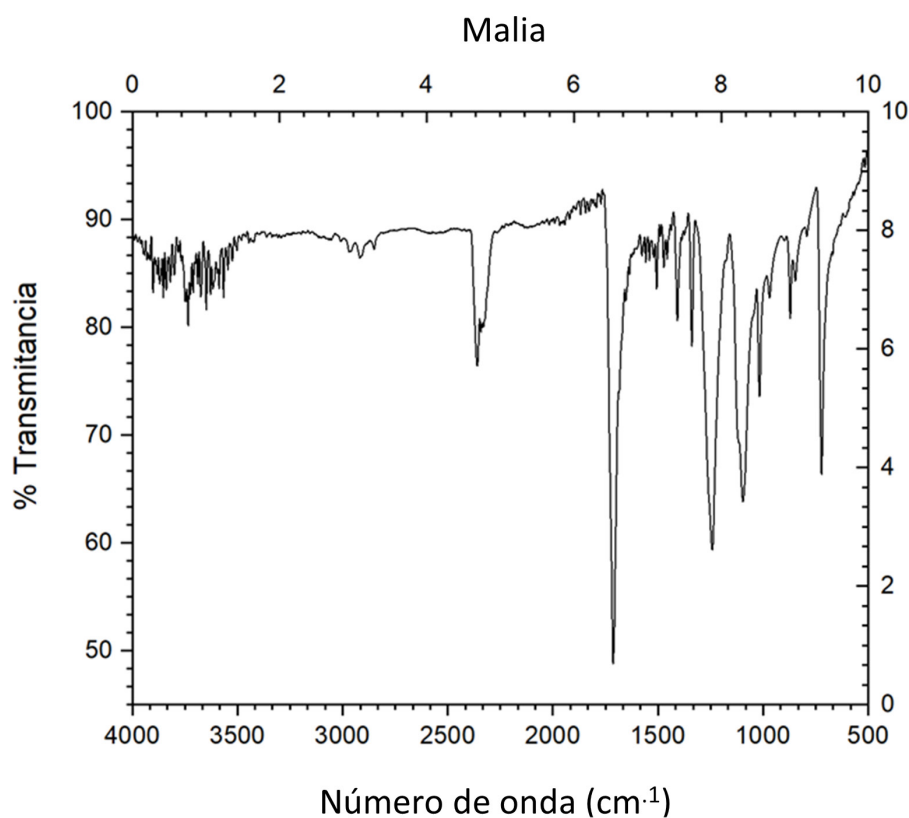


Figura 2. Espectro de infrarrojo (FT-IR) del material malia (100 % poliéster). Al igual que la Figura 1, muestra los picos característicos del poliéster.

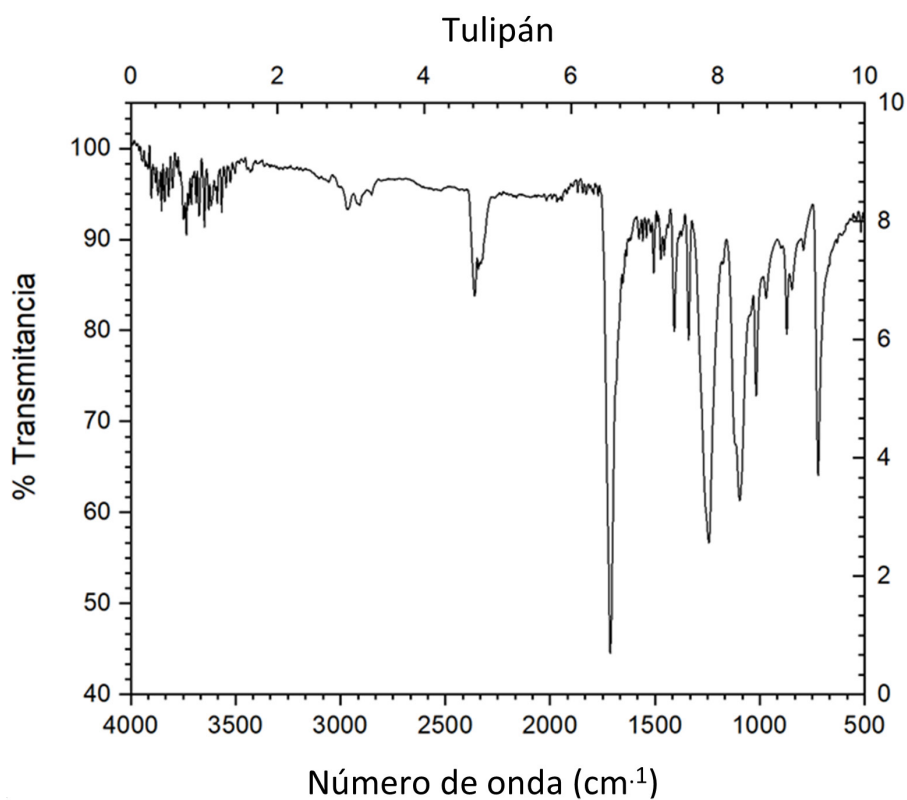


Figura 3. Espectro de infrarrojo (FT-IR) del material tulipán (100 % poliéster). Al igual que la Figura 1, muestra los picos característicos del poliéster.

Análisis termogravimétrico (TGA)

Mediante el análisis termogravimétrico, se verificó la pureza de los materiales.

En el termograma de la felpa (50), que se presenta en la Figura 4, la zona 1 muestra la pérdida de peso más representativa, corresponde al 80.79 % de compuestos volátiles y se localizan en el intervalo de temperatura de 328.39 °C – 461.482 °C, tiene su pico máximo de descomposición en 436 °C. La zona 2 corresponde al 19.21 % de residuos y va de la temperatura 461.48 °C – 569.20 °C, tiene su pico máximo en 554.44 °C (ver la Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de tres materiales 100 % poliéster

Nombre comercial del material	Peso (mg)	Intervalo de la pérdida en peso (°C)	% Volátiles	% Residuo
Felpa (50)	4.74	328.39 – 569.20	80.79	19.21
Malia	2.22	325.81 – 553.76	76.38	23.62
Tulipán	1.69	298.54 – 561.10	78.44	21.56

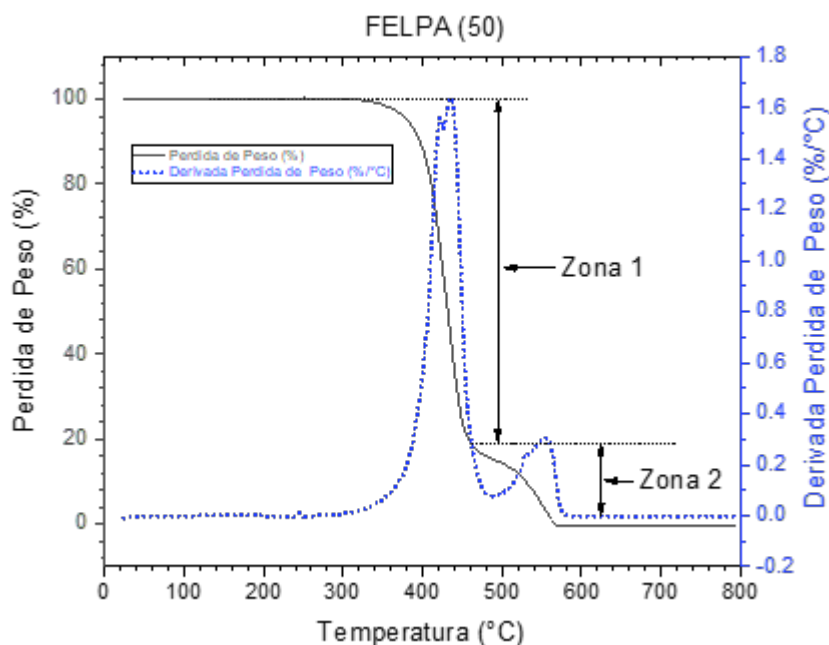


Figura 4. Termograma TGA para felpa (50). La pérdida mayor de materia comienza en los 320 °C y termina en 460 °C, que es el rango que representa la zona 1. La segunda pérdida de materia comienza en 460 °C y termina aproximadamente en 560 °C, donde se observa que ya el peso es constante.

En el termograma de malia (Figura 5), la zona 1 muestra la pérdida de peso más representativa: corresponde al 76.38 % de compuestos volátiles y se localiza en el intervalo de temperatura de 325.81 °C – 453.67 °C, tiene su pico máximo de descomposición en 431.69 °C. La zona 2 corresponde al 23.62 % y va de la temperatura 453.67 °C – 553.76 °C, con su pico máximo en 514.15 °C (ver la Tabla 2).

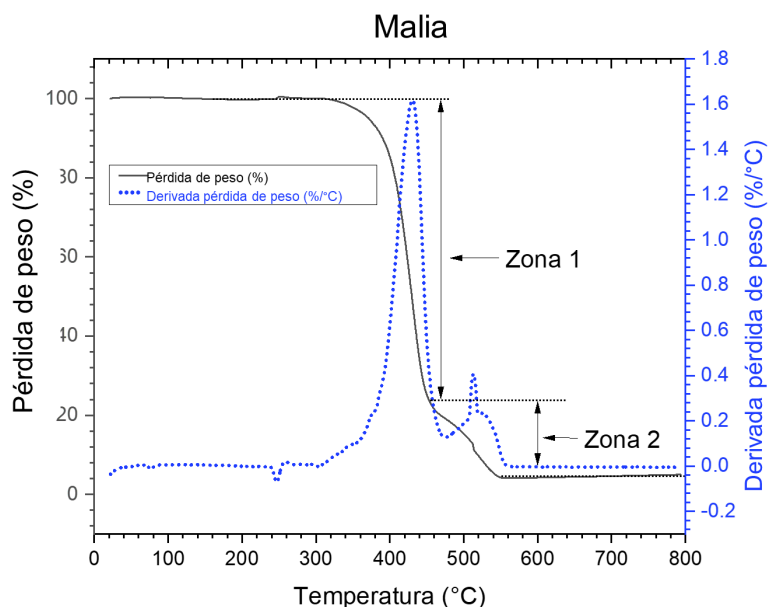


Figura 5. Termograma TGA para malia. La pérdida mayor de materia comienza en los 340 °C y termina en 460 °C que es el rango que representa la zona 1, la segunda pérdida de materia comienza en 460 °C y termina aproximadamente en 540 °C donde se observa que ya el peso es constante; el segundo rango está identificado como zona 2.

En el termograma de tulipán (Figura 6), la zona 1 muestra la pérdida de peso más representativa, corresponde al 78.44 % de compuestos volátiles y se localiza en el intervalo de temperatura de 298.54 °C – 452.99 °C, tiene su pico máximo de descomposición en 429.47 °C. La zona 2 abarca el 21.56 % y va de la temperatura 452.99 °C – 561.10 °C, tiene su pico máximo en 536.90 °C (Tabla 2).

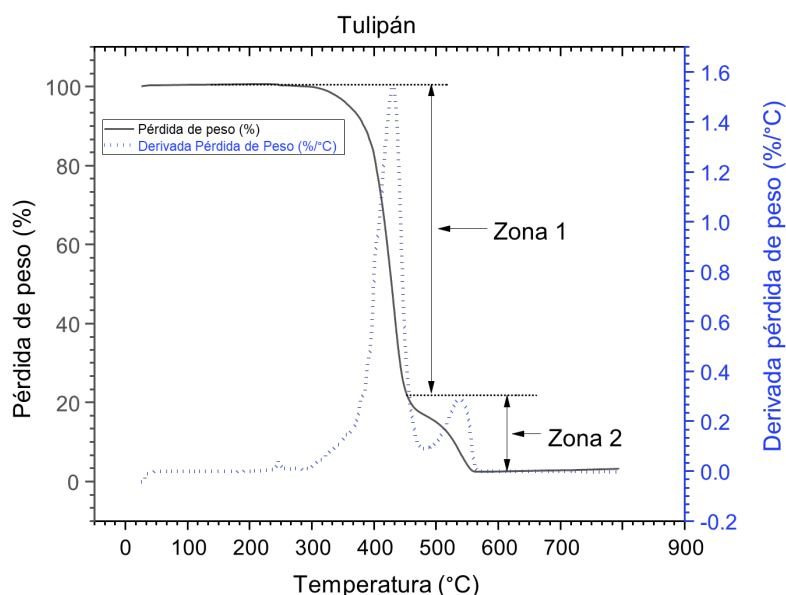


Figura 6. Termograma TGA para tulipán. La pérdida mayor de materia comienza en los 300 °C y termina en 460 °C, que es el rango que representa la zona 1. La segunda pérdida de materia comienza en 460 °C y termina aproximadamente en 560 °C, donde se observa que ya el peso es constante; el segundo rango está identificado como zona 2.

Se concluye que a pesar de que los materiales son 100% poliéster, tienen propiedades térmicas diferentes, factor que influye tanto en el proceso como en la evaluación de las propiedades físicomecánicas de los materiales.

Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Es fundamental conocer el punto de fusión para establecer las condiciones de procesamiento (extrusión e inyección). A continuación se presentan los termogramas obtenidos de las calorimetrías: en la Figura 7, el correspondiente al material felpa (50), donde se observa que la temperatura de fusión es de 253.08 °C; la Figura 8 corresponde al material malia, en el que la temperatura de fusión es de 251.02 °C; y en la Figura 9 se presenta el termograma que corresponde al material tulipán, en el que la temperatura de fusión es de 251.46°C.

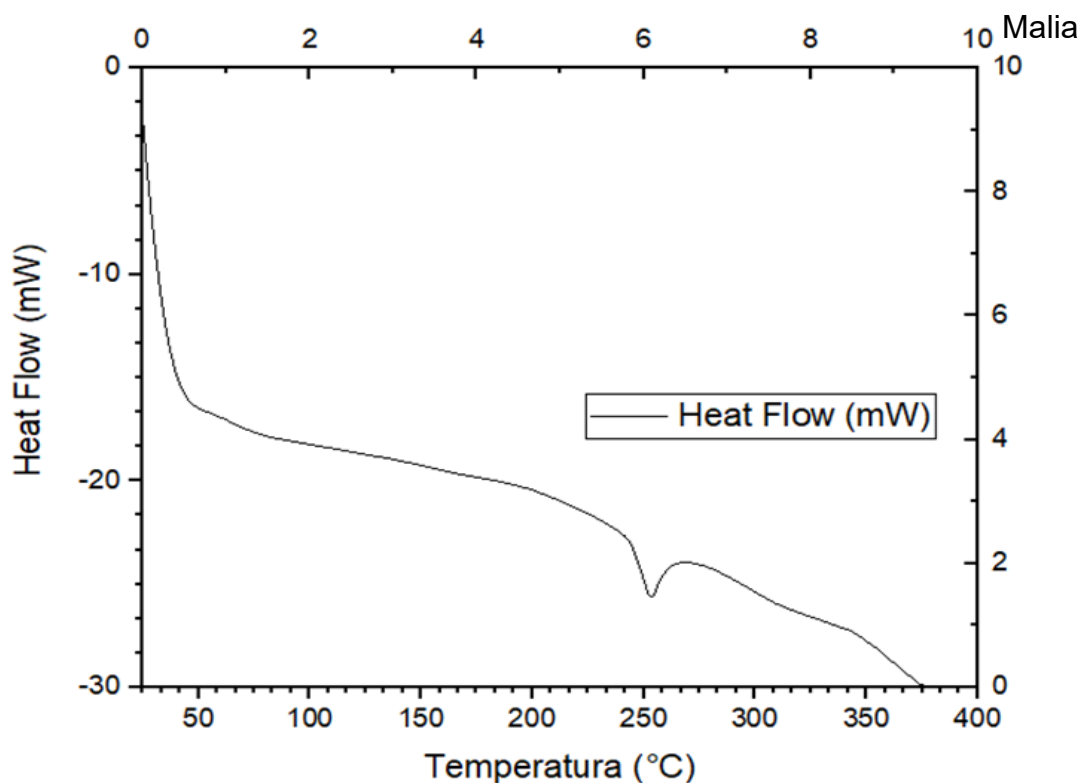


Figura 7. Termograma DSC para felpa (50); el punto de fusión es 253.08 °C

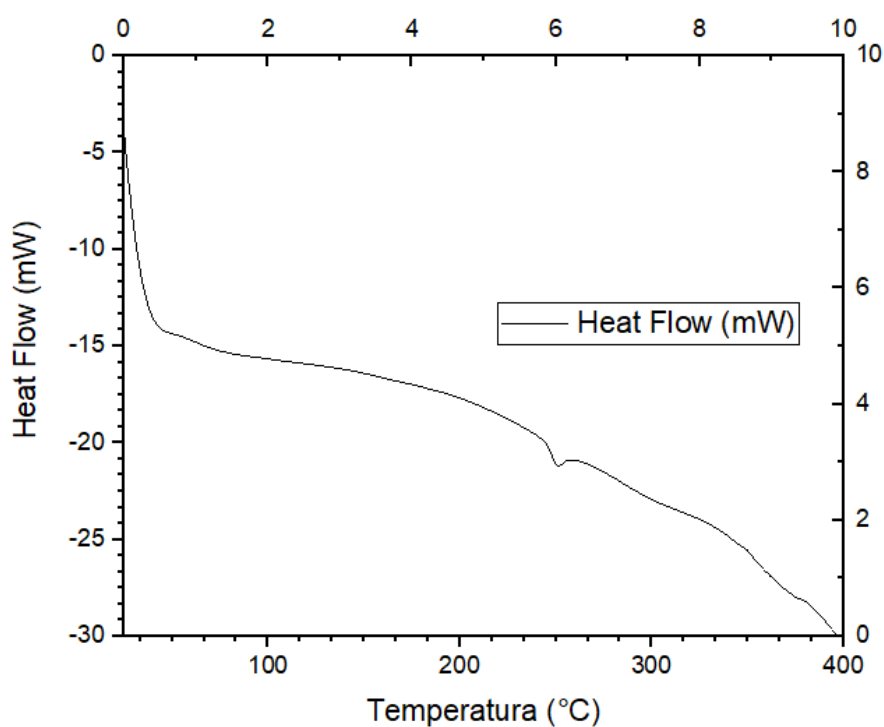


Figura 8. Termograma DSC para malia; el punto de fusión es 251.02 °C

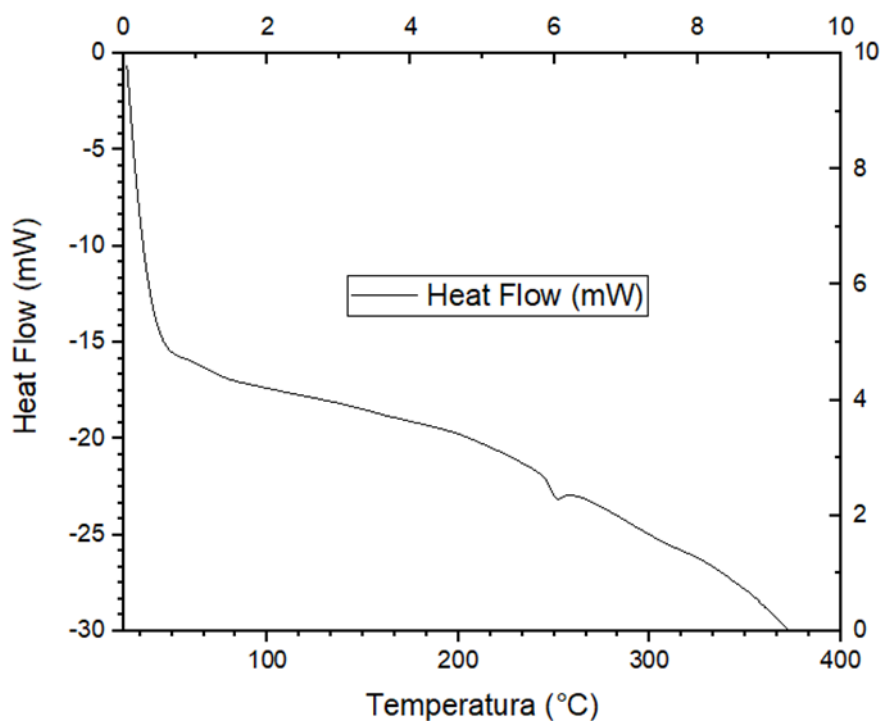


Figura 9. Termograma DSC para tulipán; el punto de fusión es 251.46 °C

La Tabla 3 contiene información de las temperaturas de fusión obtenidas como resultado de las calorimetrías de muestras.

Tabla 3. Puntos de fusión de los poliésteres textiles

Material	Punto de fusión (°C)
Felpa (50)	253.08
Malia	251.02
Tulipán	251.46

Propiedades físico-mecánicas

En la evaluación de las propiedades físico-mecánicas, se obtuvieron los valores del máximo de carga, elongación (%), rotura y la extensión rotura (estándar, en milímetros). Esta información se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de las propiedades físico-mecánicas de las diferentes formulaciones

	Formulación	Máximo de carga	Elongación (%) rotura	Longitud inicial (mm)	Extensión rotura (estándar) (mm)
1	Polipropileno 100 %	93.3	32.19	130	41.852
2	P.P. 90 % + Poliéster 10 %	86.54	25.986	130	33.782
3	P.P. 88.5 % + Poliéster 10 % + Compatibilizante 1.5 %	87.44	31.734	130	37.618
4	P.P. 95 % + Poliéster 5 %	92.54	23.374	130	30.384
5	P.P. 98.5 % + Compatibilizante 1.5 %	95.52	59.908	130	77.358
6	P.P. 93.5 % + Poliéster 5 % + Compatibilizante 1.5 %	91.6	54.794	130	71.234

Formulación 1. El polipropileno virgen es el material que se usa como referencia para comparar los resultados de las pruebas físico-mecánicas de las formulaciones.

Formulación 2. En los resultados de la valoración, se observa que el desempeño del material disminuye, por lo que, en esta combinación, el poliéster textil incide en las propiedades físico-mecánicas.

Formulación 3. Se mantuvo la misma concentración del poliéster (10 %) que la de la formulación 2, se disminuyó 1.5 % al polipropileno y esta disminución (%) de concentración se sustituyó por compatibilizante. Resultó favorable la adición de este compuesto, pues aumentaron los valores de todas las propiedades físico-mecánicas. Con relación a la formulación 2, para el caso del máximo de carga tuvo un aumento del 1.04 %, 22.1 % de aumento en la elongación (%) y 11.33 % de aumento en la extensión de rotura (estándar).

Formulación 4. Comparando los resultados de esta formulación con los resultados del polipropileno virgen, están por debajo los valores. En el caso del máximo de carga redujo 0.81 %, la elongación disminuyó 27.38 % y la extensión de rotura disminuyó 27.39 %; el poliéster textil interfiere en el desempeño disminuyendo las propiedades físico-mecánicas.

Lote 5. Para el lote conformado por 98.5 % de polipropileno y 1.5 % de compatibilizante, se denota que el tener un componente que ayude a las condiciones de proceso, hace que se mejoren las propiedades físico-mecánicas. En este caso el máximo de carga con relación a los valores del polipropileno virgen mejoró un 2.38 %, la elongación mejoró 86.11 % y la extensión rotura mejoró 84.82 %.

Lote 6. Los resultados de la valoración de este lote se comparan con la formulación 4, que tiene la misma concentración de poliéster textil, pero sin compatibilizante. Esta combinación tiene 1.5 % menos de polipropileno y este porcentaje se sustituyó por compatibilizante. En el caso de los resultados del máximo de carga, disminuyó el 1 % para la formulación 6; en el caso de los resultados de la elongación (%) fue favorable ya que aumentó un 134.44 % y para el caso de la extensión de rotura aumentó 134 %.

Inyección de botones prototipo

Se inyectaron los botones prototipo, en el proceso no se presentó ningún tipo de complicación y el resultado fue satisfactorio. En la Figura 10 se muestran las imágenes del molde de los botones y en la Figura 11 se observan los botones como producto final.



Figura 10. Placa del molde de botones

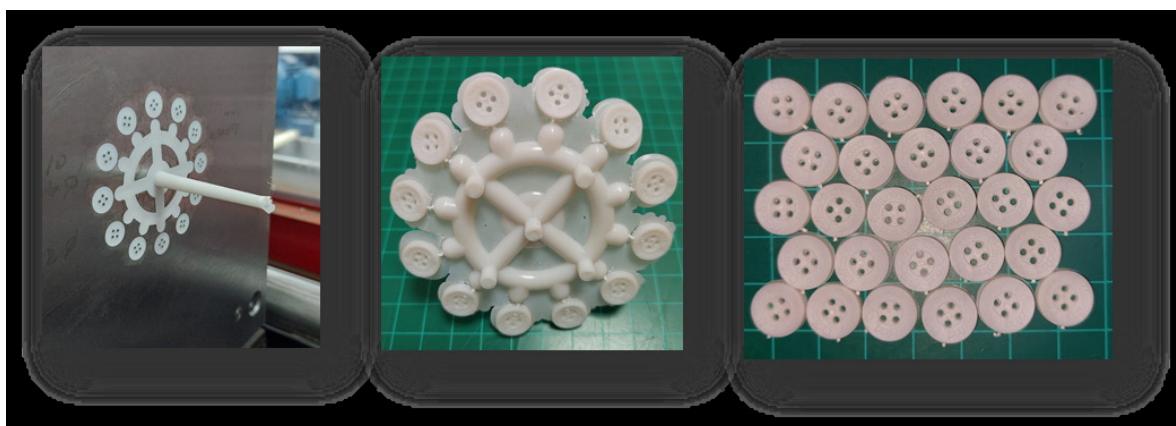


Figura 11. Inyección del material polimérico donde se aprovechó el residuo textil en las diferentes formulaciones

Discusión

Los resultados de las pruebas de caracterización química preliminares ayudaron a identificar los materiales que conformaban los residuos textiles, esto fue indispensable para establecer la metodología de proceso de los materiales a aprovechar. En el caso de los espectros de infrarrojo dieron como resultado que se trataba de 100 % poliéster; por lo que los principales procesos implementados fueron la extrusión y la inyección. Un material que se comporta muy bien en los procesos de inyección es el polipropileno, por lo que se decidió mezclar el poliéster con este material y adicionarle un compatibilizante que ayude a reforzar los enlaces químicos de la mezcla, esto dio muy buenos resultados, lo que permite considerar una posible compatibilidad con alguna otra poliolefina que se pudiera analizar en trabajos posteriores.

Conclusiones

De acuerdo con la evaluación en la caracterización de los residuos textiles mediante espectroscopía de infrarrojo (FT-IR), calorimetría diferencial de barrido (DSC) y el análisis termogravimétrico (TGA) se determinó que la composición de los residuos textiles es de 100 % poliéster.

Las formulaciones elaboradas mostraron resultados favorables de acuerdo a su desempeño mecánico debido al uso de un agente compatibilizante, ya que se promueve la interacción química entre los grupos funcionales del poliéster y el polipropileno.

Se obtuvieron formulaciones viables para la elaboración de botones, una posible aplicación para el aprovechamiento de residuos textiles, que encaja en la economía circular de este sector, ya que es un modelo sostenible que integra los residuos textiles a la cadena productiva.

El costo beneficio es el aprovechamiento del 100 % del residuo textil, lo que se demuestra por el buen desempeño mecánico de las probetas fabricadas con las diferentes mezclas.

La propuesta representa una alternativa para el aprovechamiento de los residuos textiles, la cual es viable para introducir los grandes volúmenes de desecho a la cadena productiva a través de la fabricación de productos con estos materiales.

Inicialmente se decidió fabricar botones, ya que es un producto de uso frecuente, esto no descarta que el material obtenido con mejor desempeño físico-mecánico sea utilizado en otro tipo de artículos.

Agradecimientos

El presente proyecto fue posible por el financiamiento otorgado por IDEA GTO, mediante el proyecto IDEAGTO/CONV/020/2022.

Referencias

1. NEIRA LÓPEZ, Karen Natalia. *Nuevos métodos para la recuperación de fibras textiles a partir de residuos textiles*. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Bogotá, Colombia. 2022. Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8959>
2. VÁZQUEZ RODRÍGUEZ, Gabriela A. Los microplásticos textiles (o la increíble historia de cómo tu suéter termina en el salero). *Ciencia*. [En línea]. Vol. 70 (1), enero-marzo 2019. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2023]. Disponible en https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/70_1/PDF/Microplasticos.pdf ISSN 1405-6550.
3. PACHECO GALINDO, Andrea Katherine. *Sublimación textil, experimento sobre diferentes bases textiles*. [Trabajo de graduación en la Universidad del Azuay]. Cuenca, Ecuador. 2015. Accesible desde <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4780>
4. ROSACRUZ, Alexander. *Economía circular. Salvando el planeta*. Argentina. Ed. Anuket. 2023. ISBN: 979-8385667079
5. ESENTTIA. *Copolímero de impacto* [Boletín Técnico ESENTTIA 05C06]. Cartagena, Colombia. Diciembre 2024. Disponible en https://www.esenttia.co/zp/api/webroot/productos/BT_Espanol/BT_ES_05C06.pdf
6. ASSURED TESTING SERVICES. Corrosion exposure, mechanical, & material testing. 2025. Disponible en https://www.assuredtesting.com/plastic-testing?ppc_keyword=astm%20d638&gad_source=1&gad_campaignid=22695625594&gbraid=0AAAAAD9sg0xJ0obr3NBy9JEd01zVpZWYk&gclid=CjwKCAjw4e-fDBhATEiwAaDBpbiMT0D4mPX4DBwjwAVSzM2YS-t5Vp2yYeXeIW-anBs0Ot0ofyTK3cxoCqrEQAvD_BwE
7. BERTOLOTI, Bruno; Chávez, Jorge; Laos, Roberto; Rospiglosi, Carla y Nakamatsu, Javier. Poliésteres y Reciclaje Químico del Poli(tereftalato de etileno). *Revista de Química*. [En línea]. Vol.19 (1), 2005, págs. 13-20. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2023]. Disponible en <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18726> ISSN: 2518-2803.

Fecha de recepción

Fecha de aceptación

Fecha de publicación

16/11/2023

24/03/2025

30/09/2025

Diseño de un dispositivo de ambiente controlado con IoT para el proceso de germinación de jitomate

Design of an IoT-controlled environment device for the tomato germination process

Miriam Vázquez-Evaristo, Gabriel Ángel Ramírez-Vicente, Nayeli Montalvo-Romero y Aarón Montiel-Rosales / Tecnológico Nacional de México/ITS de Teziutlán y Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla

Resumen

El rápido crecimiento poblacional y el cambio climático son algunos de los múltiples factores que han impactado de forma negativa la disposición de alimentos, ante esta situación, es necesario incrementar su disponibilidad. En este contexto, el presente estudio se centra en el análisis de viabilidad para el desarrollo de un sistema de monitoreo del proceso de germinación de semilla de jitomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de técnicas de internet de las cosas (IoT) para su implementación en la región de Teziutlán, Puebla, en México. El diseño derivado del presente estudio considera el desarrollo de un invernadero a nivel laboratorio que posibilite la germinación de un máximo de 120 semillas; así como de un módulo de adquisición de datos y la plataforma para su monitoreo. Con este sistema se contribuye al desarrollo de estrategias que permitan contribuir a la disposición de alimentos para las personas.

Palabras clave: alimentos, internet de las cosas, producción en invernaderos.

Abstract

Rapid population growth and climate change are some of the multiple factors that have negatively impacted the availability of food; in this situation, it is necessary to increase its availability. In this context, the present study focuses on the feasibility analysis for the development of a monitoring system for the germination process of tomato seed (*Solanum lycopersicum*) from Internet of Things (IoT) techniques for its implementation in the Teziutlan region, Puebla, in Mexico. The design derived from this study considers the development of a greenhouse at the laboratory level that allows the germination of a maximum of 120 seeds, as well as a data acquisition module and a platform for its monitoring. This system contributes to the development of strategies that contribute to the provision of food for people.

Keywords: food, Internet of Things, greenhouse production.

Introducción

Actualmente existe una crisis alimentaria dado el aumento constante de consumidores y la reducción en la disponibilidad de alimentos^{1,2}. Diversos factores están comprometiendo la seguridad alimentaria, por ejemplo: las malas prácticas agrícolas, la deforestación, el cambio climático, las guerras^{3,4}. Ante esta situación, la agricultura enfrenta constantes desafíos en la búsqueda de prácticas más eficientes y sostenibles, con el fin de satisfacer la creciente demanda de alimentos a nivel mundial.

En este contexto, diversas tecnologías se han desarrollado con la finalidad de contribuir a mejorar la disponibilidad de alimentos⁵⁻⁷. De estas tecnologías, el Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*) ha emergido como una herramienta clave para optimizar diversos procesos agrícolas, permitiendo una gestión de cultivos basada en datos precisos y en tiempo real. La integración del IoT en la agricultura, permite monitorear factores ambientales, automatizar el riego, controlar el uso de fertilizantes y gestionar de manera óptima los recursos, contribuyendo así para mejorar la productividad^{8,9}.

El uso de IoT aplicado a la germinación no solo facilita el seguimiento de las condiciones, sino que también permite conformar un registro histórico de los datos que posteriormente pueden ser analizados para identificar patrones y tendencias, determinando con ello los comportamientos para futuras prácticas agrícolas. Así, la implementación de esta tecnología no solo mejora la gestión del cultivo, sino que también contribuye al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y resilientes ante cambios ambientales y climáticos¹⁰⁻¹².

El presente estudio aborda el diseño de un dispositivo en ambiente controlado que se conforma de un sistema de monitoreo basado en IoT para la fase de germinación de semillas de jitomate, que es una etapa crítica para garantizar el desarrollo saludable de las plantas y, en última instancia, el éxito de la producción. A través de la instalación de sensores que mi-

den la temperatura y la humedad, el sistema recopila datos de manera continua. Estos datos se procesan y son enviados a una plataforma centralizada que permite a la persona usuaria visualizar los datos en tiempo real, con lo que es posible tomar decisiones informadas y oportunas.

Objetivo

Diseñar un sistema de ambiente controlado que permita, mediante la incorporación de tecnología IoT, medir el comportamiento en la germinación de jitomate.

Planteamiento del problema

El *Solanum lycopersicum* es un ingrediente característico de la gastronomía mexicana, sus múltiples usos han generado una mayor demanda en el mercado. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el estado de Puebla, en el año 2021 se cosecharon 139,511 toneladas, y 154,082 toneladas durante el año 2022, lo que representó un incremento del 10.4%. Esto posiciona al estado de Puebla en el octavo lugar como productor de *Solanum lycopersicum* a nivel nacional. Ahora bien, en la región de Teziutlán el nivel de producción de *Solanum lycopersicum* ocupa el penúltimo lugar a nivel estatal, con tan solo 772.54 toneladas¹³, lo cual indica que la producción de este fruto no ha sido explotada en la región, lo que origina que los precios del producto sean superiores, derivado de los costos del transporte.

La falta de producción en la región de Teziutlán se debe a varios retos que deben superar los productores, uno de estos se genera en una etapa previa a su cultivo: la germinación de la planta. Germinar es un subproceso que requiere de ciertas condiciones controladas, que dificultan y encarecen la producción, con varios parámetros que deben ser monitoreados dentro de los niveles ideales para que la calidad de la planta

germinada provea una cosecha que brinde una recuperación monetaria para los productores y productoras. Esta es la razón principal por la cual los productores optan por obtenerla de terceros, incrementando con ello los costos derivados de la compra y el transporte.

Aunado a esto, los agricultores en su mayoría carecen de la implementación de tecnología en sus invernaderos. El cultivo es realizado de manera empírica; limitándose a solo el monitoreo de los niveles de humedad y la aplicación de sustratos por instinto. Esto propicia un cultivo inadecuado, deficiente y con inestabilidad financiera que permita obtener ganancias que incentiven la producción de este fruto.

Marco conceptual

a. Proceso de germinación de semillas

Pita y Pérez¹⁴ informan que “la primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior (imbibición). La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable” (p. 4).

Los mismos autores señalan:

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas. En esta fase de germinación, la semilla puede deshidratarse retornando a su estado inicial. En general, esta deshidratación no afecta negativamente a las semillas, las cuales pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación. No obstante, en algunas especies, una deshidratación prolongada puede implicar la transformación de las semillas en “semillas duras”, que se caracterizan por que se imbiben muy lentamente (Pita y Pérez, s. f., pág. 4).

Así mismo, es relevante considerar que la falta de agua sensibiliza las semillas, el grado de dicha sensibilización está en función del tipo de especie¹⁵. Este déficit hídrico en la semilla influye de forma negativa en la duración de la germinación, es decir, por la escasez de agua la germinación es más lenta¹⁶, mientras que un exceso dificulta la llegada de oxígeno al embrión, debido a la presencia de una capa de mucílago¹⁷. Por otro lado, la imbibición a bajas temperaturas pone en riesgo el desarrollo de la planta¹⁸.

Cuando la semilla se ha hidratado, inicia la fase de germinación “sensu stricto”, en donde disminuye la absorción de agua por la semilla y se presenta la activación generalizada del metabolismo de la semilla, necesaria para la siguiente fase, que es el crecimiento¹⁹.

Finalmente, en la etapa de germinación se incrementa la actividad metabólica, por lo que inicia el crecimiento radicular²⁰. El desarrollo de la plántula inicia cuando la radícula rompe la cubierta seminal²¹.

b. Sistemas de monitoreo de invernaderos

Por medio de sensores ubicados en puntos críticos, los invernaderos automatizados monitorean y controlan variables de interés²². Posteriormente, la información es almacenada en bases de datos²³. Esta información es importante, ya que al ser analizada y procesada de forma eficiente permite mejorar las prácticas agrícolas.

c. Sistemas IoT

Un sistema IoT es una infraestructura que ofrece el servicio de la interconexión de las cosas mediante nuevas tecnologías para la comunicación²⁴. Entonces, un sistema IoT es una conexión de equipos que se utilizan en la vida cotidiana, conectados a internet con la suficiente competencia para reconocer el entorno en el que están interactuando, tomar decisiones con el fin de solucionar problemas

y actuar sobre la base de la información que recepta²⁵. Esto ayuda a poder controlar cosas simples mediante un dispositivo móvil; entre los aparatos que pueden controlarse están los electrodomésticos, temperatura, iluminación, etcétera²⁶.

Metodología

El enfoque metodológico empleado en el presente estudio es de tipo cuantitativo, de campo, experimental y longitudinal. La metodología se conforma de cinco fases, a saber:

- **Fase I. Diseño del invernadero de germinación.** Para el diseño del sistema de ambiente controlado, se consideró una forma hexagonal que permite espacios libres en la zona inferior del invernadero, para el monitoreo uniforme de la temperatura y la humedad. Cada celda de germinación cuenta con su correspondiente orificio para el desfogue de fluidos, que puede ser provocado por una hidratación excesiva. En la parte central se considera la colocación de los sensores de monitoreo de las condiciones de suelo, esto con la finalidad de no afectar el desarrollo de la raíz de las plántulas.
- **Fase II. Desarrollo del sistema de adquisición de datos.** Para ello se contempla la selección de los sensores de muestreo de parámetros ambientales y de suelo, así como de los microcontroladores para la recolección y envío de información.
- **Fase III. Diseño de interfaz de usuario.** Para el monitoreo por la persona usuaria se implementa una base de datos en MySQL y una aplicación web donde la persona usuaria registra los datos principales del invernadero para su gestión.
- **Fase IV. Componentes de la estructura del invernadero.** A partir del desarrollo del diseño del invernadero se obtiene un modelo seccionado por componentes para su fabricación por impresión 3D.
- **Fase V. Plataforma web.** Se considera para el registro y visualización de información recabada por los muestreos.

El enfoque metodológico se plantea para el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo a nivel de laboratorio para el cultivo de jitomate; no es el alcance de este estudio la evaluación del crecimiento del jitomate. Asimismo, como herramienta tecnológica de monitoreo se considera el IoT (internet de las cosas) mediante el uso de sensores de temperatura y humedad. Por lo que el presente estudio presenta el diseño y desarrollo de un prototipo que pretende ser una solución tecnológica para mejorar la eficiencia en la agricultura, con la capacidad de ser de baja escala.

Resultados

Fase I. Diseño del invernadero de germinación

En la Figura 1 se describe el desarrollo del sistema contenedor de semillas modular que permita el análisis y monitoreo por lote de semilla. La conformación de las cajas de germinación, se considera con una capacidad de 18 semillas.

Para el diseño del invernadero de germinación se consideró como punto de partida su implementación en productores de jitomate de la región de Teziutlán, Puebla (México), por lo que no se requiere una producción elevada de la plántula, por ello se estableció un tamaño para contener un máximo de 130 plántulas.

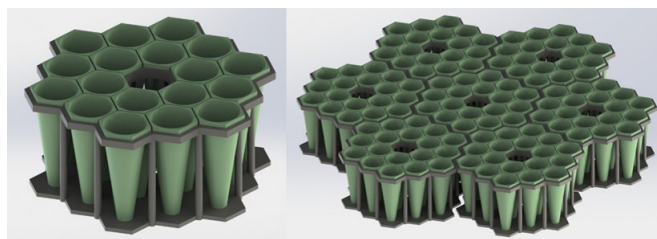


Figura 1. Caja de germinación modular en panel de abeja (Fuente: elaboración propia)

En cuanto al diseño del invernadero (ver la Figura 2), se toma como base un invernadero tipo capilla a dos aguas, que se caracteriza por tener el techo formado por dos planos inclinados con caída simétrica a ambos lados de la cumbre. Además, se plantea utilizar luz natural, por lo que se contempla el uso de acrílico de 3 mm para la constitución de las paredes.

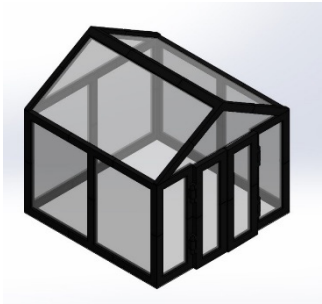


Figura 2. Diseño del invernadero de germinación (elaboración propia)

Para su fabricación se consideraron técnicas de manufactura aditiva por deposición de material fundido (FDM), por lo cual se desarrolla un sistema de ensamblaje modular, que consiste en la segmentación de la estructura del invernadero para su impresión en máquinas con capacidad de impresión de 22.5 cm x 22.5 cm x 22.5 cm, las cuales constituyen un estándar en las impresoras 3D domésticas. En la Figura 3, se muestra la segmentación modular de la estructura del invernadero.

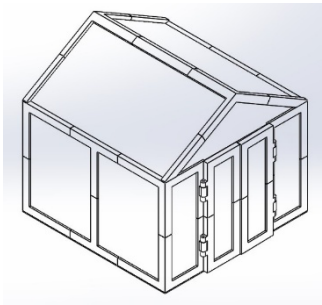


Figura 3. Vista segmentada de la estructura del invernadero (elaboración propia)

Fase II. Desarrollo del sistema de adquisición de datos

En la Tabla 1, se enlistan los dispositivos seleccionados.

Tabla 1. Componentes electrónicos para el sistema de monitoreo (elaboración propia)

Componente	Descripción
Arduino Nano	Tarjeta de desarrollo electrónico.
ESP8266-01	Módulo WiFi.
Módulo Max485	Adaptador de comunicación Rs485 a Arduino.
DHT22	Sensor de humedad y temperatura relativa.
Resistencia térmica	Resistencia eléctrica de 12 V DC.
Extractor de aire	Ventilador de 4 in a 12 V DC.
Módulo L298N	Drive para motor DC.

El sistema IoT se centra en la tarjeta de desarrollo Arduino Nano; el cual, se encarga de la recolección de los parámetros muestreados por los sensores, empezando por el sensor de temperatura y humedad relativa DHT22, del que se colocan a tres diferentes alturas y posiciones dentro del invernadero, con la finalidad de homogenizar la temperatura dentro de este (se consideran tres alturas: superior, media e inferior). Estos son colocados en posición opuesta al actuador térmico encargado de mantener la temperatura en los rangos ideales.

Se emplea el módulo Max485 para la adaptación de la señal y su lectura por el Arduino Nano. En cuanto a la transmisión de los datos a la nube, se realiza a partir de una red WiFi y del Módulo ESP8266-01. Así mismo, se introduce un ventilador para el proceso de extracción de calor del interior del invernadero para su regularización. En la Figura 4, se presenta el esquema del sistema IoT.

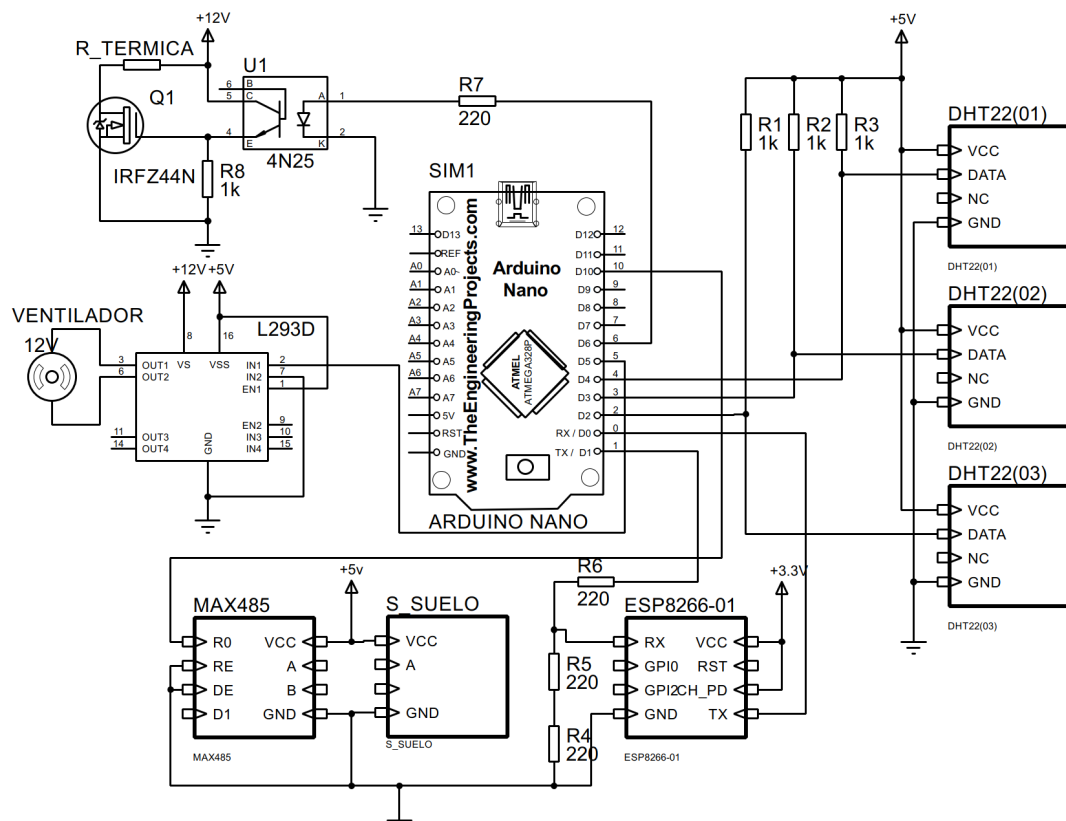


Figura 4. Diagrama esquemático del sistema IoT (elaboración propia)

Para el proceso de recolección de información se plantea un tiempo de espera entre cada registro de 60 minutos, por lo que al día se obtendrán 24 muestreos; el proceso de germinación de la planta de jitomate toma de 5 a 8 días. Con la implementación del sistema de monitoreo de parámetros se espera mantener la cantidad de días al mínimo, por lo que se espera recabar 120 muestreos por lote de semillas. En la Figura 5, se presenta el diagrama de flujo del sistema de IoT.

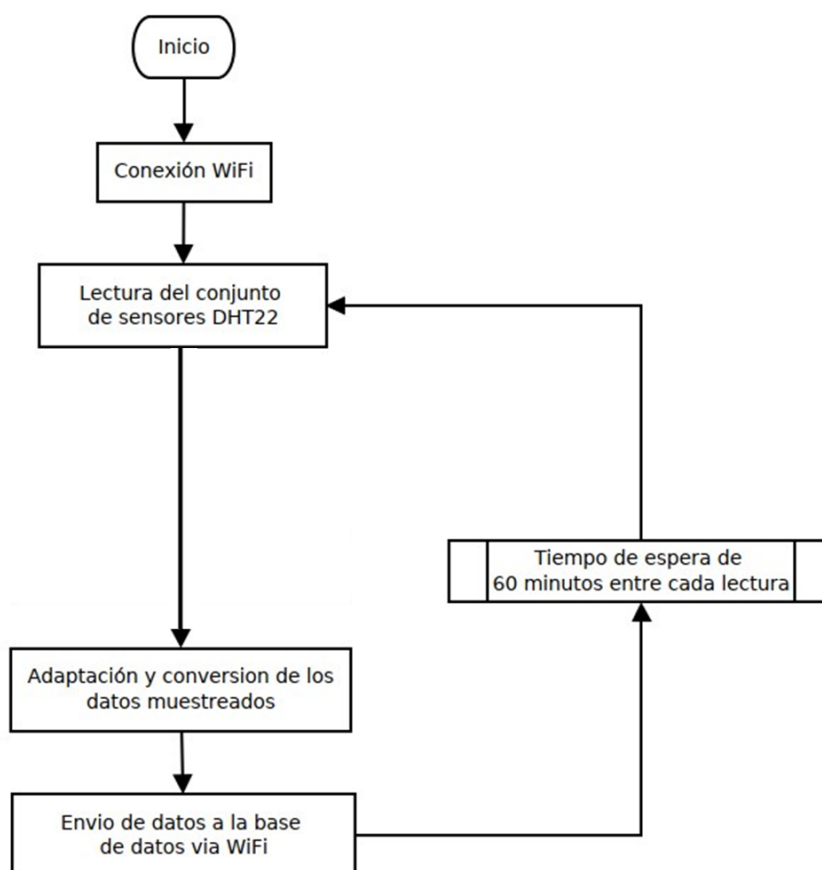


Figura 5. Diagrama de flujo del sistema de monitoreo (elaboración propia)

Fase III. Diseño de la interfaz de usuario

Para el monitoreo de los datos por parte de la persona usuaria, se implementa una base de datos MySQL y una aplicación web donde el usuario registra los datos principales del invernadero para su gestión. En este programa la persona usuaria podrá visualizar los datos de interés de manera tabular o gráfica, con lo que podrá realizar la comparativa histórica de los diferentes lotes de germinación (Figura 6).

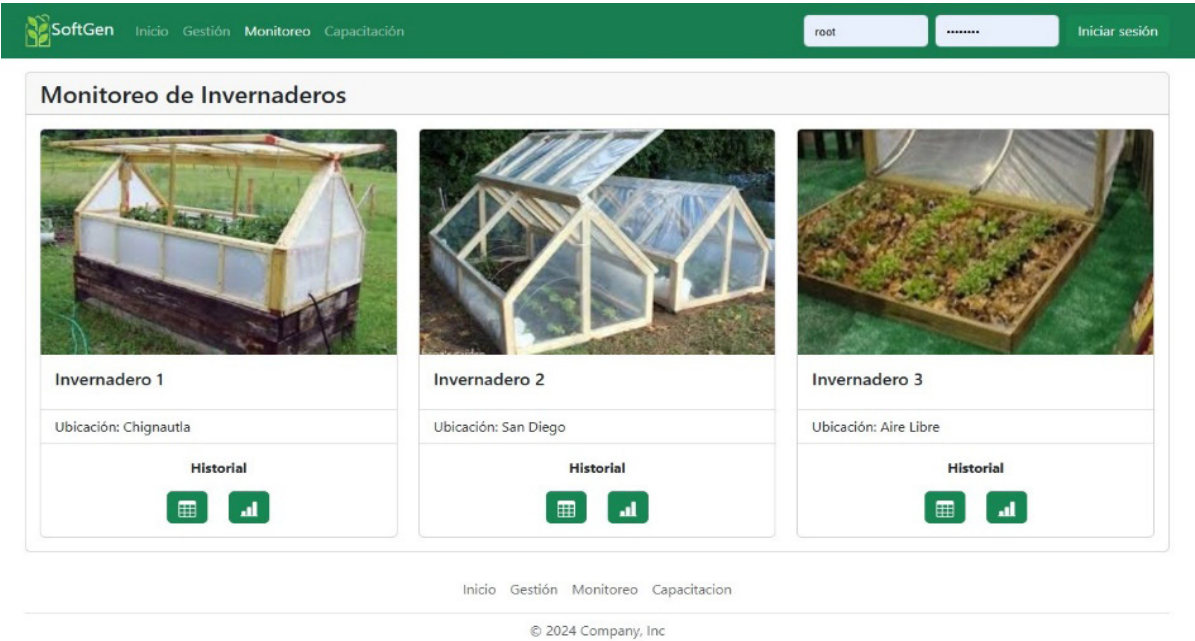


Figura 6. Plataforma web dedicada a la visualización de parámetros (elaboración propia)

Fase IV. Componentes de la estructura del invernadero

A partir del desarrollo del diseño del invernadero se obtiene un modelo seccionado por 25 componentes para su fabricación por impresión 3D, los cuales serán impuestos con filamento PETG (polietileno tereftalato glicol). De igual manera, la caja de germinación modular se fabricará bajo el mismo método y material, esto debido a que soporta su inclusión a la humedad.

Fase V. Plataforma web

Se obtiene una plataforma web dedicada al registro y visualización de información recabada por los muestreos. Hasta el momento se han realizado pruebas de comunicación con la plataforma web y el sistema de muestreo bajo una red de área local, pero se espera realizar la migración a un servidor en la nube; además se plantea incorporar una red de sensores, con la finalidad que cada módulo de germinación posea su sistema de monitoreo y realizar un seguimiento específico (Figura 7).

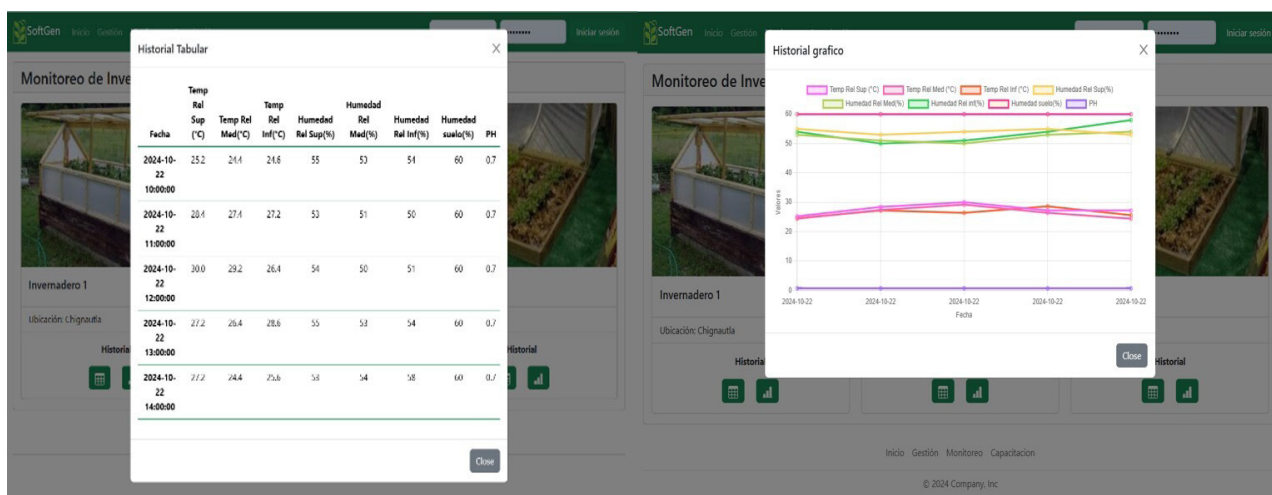


Figura 7. Visualización de datos de monitoreo (elaboración propia)

Discusión

La implementación de tecnología IoT en un invernadero para la germinación de semillas de jitomate permite un monitoreo en tiempo real de factores críticos como la temperatura y la humedad, mejorando las condiciones para el desarrollo de plántulas saludables. Esta tecnología facilita la recolección continua de datos, permitiendo a las y los productores realizar ajustes inmediatos y basados en datos, mejorando la tasa de germinación y reduciendo el desperdicio de recursos. Además, promueve prácticas agrícolas más sostenibles, reduciendo el consumo de agua y fertilizantes, y disminuyendo costos operativos al hacer el proceso más eficiente.

Conclusiones

El sistema de adquisición de datos y la plataforma web desarrollada trabajan correctamente dentro de una red de área local, si bien las pruebas realizadas para enviar la información solo fueron realizadas con los sensores conectados, permiten identificar la funcionalidad del sistema.

En cuanto al invernadero, se encuentra en proceso de fabricación, por lo que aún no se logra realizar pruebas de germinación; este estudio solo aborda el diseño del monitoreo.

El alcance de esta investigación consiste en mostrar el potencial de una aplicación IoT en la agricultura, y de esta manera contribuir al desarrollo de la agricultura de precisión para hacer el proceso más eficiente, reducir costos e introducir certeza en las decisiones.

Referencias

- GHOSH, Arpita; Kumar, Anurag and Biswas, Gargi. Exponential population growth and global food security: challenges and alternatives. *Bioremediation of Emerging Contaminants from Soils*. [En línea]. 2024. pp. 1–20. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/B978-0-443-13993-2.00001-3 ISBN: 9780443139949.
- HASSOUN, Abdo; Al-Muhannadi, Khawla; Hassan, Hussein F., Hamad, Ahmed; Khwaldia, Khaoula; Buheji, Mohamed and Al Jawaldeh, Ayoub. From acute food insecurity to famine: how the 2023/2024 war on Gaza has dramatically set back sustainable development goal 2 to end hunger. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. [En línea]. Vol. 8. 16 May 2024. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.3389/fsufs.2024.1402150. ISSN: 2571-581X.
- SAFI, Lutfullah; Mujeeb, Mujeebullah; Sahak, Kawoon; Mushwani, Hayatullah and Hashmi, Sayed Kazem. Climate change impacts and threats on basic livelihood resources, food security and social stability in Afghanistan. *Geo-Journal*. [En línea]. Vol. 89, no. 2, p. 85. 1 April 2024. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1007/s10708-024-11077-8. ISSN: 1572-9893.
- FEKETE, Alexander. Natural Hazards and Climate Change Impacts on Food Security and Rural–Urban Livelihoods in Mozambique—A Bibliometric Analysis and Framework. *Earth*. [En línea]. Vol. 5, no. 4, p. 761–783. 2 November 2024. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.3390/earth5040040. ISSN: 2673-4834.
- STEFANINI, R. and Vignali, G. The influence of Industry 4.0 enabling technologies on social, economic and environmental sustainability of the food sector. *International Journal of Production Research*. [En línea]. Vol. 62, no. 10, p. 3800–3817. 8 May 2024. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1080/00207543.2023.2248523. ISSN: 0020-7543.
- YADAV, Sanjeev; Samadhiya, Ashutosh; Kumar, Anil; Luthra, Sunil; Kumar, Vikas; Garza-Reyes, Jose Arturo and Upadhyay, Arvind. The interplay effects of digital technologies, green integration, and green innovation on food supply chain sustainable performance: An organizational information processing theory perspective. *Technology in Society*. [En línea]. Vol. 77, p. 102585. June 2024. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.techsoc.2024.102585. ISSN: 1879-3274.
- HASSOUN, Abdo; Anusha Siddiqui, Shahida; Smaoui, Slim; Ucak, İlknur; Arshad, Rai Naveed; Bhat, Zuhaib F., et al. Emerging Technological Advances in Improving the Safety of Muscle Foods: Framing in the Context of the Food Revolution 4.0. *Food Reviews International*. [En línea]. Vol. 40, no. 1, p. 37–78. 2024. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1080/87559129.2022.2149776. ISSN: 1525-6103.
- OBAIDEEN, Khaled; Yousef, Bashria A.A., Almalla-hi, Maryam Nooman; Tan, Yong Chai; Mahmoud, Montaser; Jaber, Hadi et al. An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*. [En línea]. Vol. 7, p. 100124. September 2022. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.nexus.2022.100124. ISSN: 2772-4271.
- MARAVEAS, C., Piromalis, D., Arvanitis, K.G., Bartzanas, T. and Loukatos, D. Applications of IoT for optimized greenhouse environment and resources management. *Computers and Electronics in Agriculture*. [En línea]. Vol. 198, p. 106993. July 2022. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.compag.2022.106993. ISSN: 1872-7107.
- XU, Jinyuan; GU, Baoxing and TIAN, Guangzhao. Review of agricultural IoT technology. *Artificial Intelligence in Agriculture*. [En línea]. Vol. 6, p. 10–22. 2022. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.aiia.2022.01.001. ISSN: 2589-7217.
- ALI, Awais; Hussain, Tajamul; Tantashutikun, Noramon; Hussain, Nurda and Cocetta, Giacomo. Application of Smart Techniques, Internet of Things and Data Mining for Resource Use Efficient and Sustainable Crop Production. *Agriculture*. [En línea]. Vol. 13, no. 2, p. 397. 8 February 2023. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.3390/agriculture13020397. ISSN: 2077-0472.
- FANG, Lan; Hu, Rong; Mao, Hui and Chen, Shaojian. How crop insurance influences agricultural green total factor productivity: Evidence from Chinese farmers. *Journal of Cleaner Production*. [En línea]. Vol. 321, p. 128977. October 2021. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.128977. ISSN: 1879-1786.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (DGSIAP). *Avances de siembras y cosechas y de la producción pecuaria*. [En línea]. 19 de febrero de 2025. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2025]. Disponible en https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/
- PITA, José Manuel y Pérez, Félix. Germinación de semillas. *Hojas divulgadoras*. [En línea]. Núm. 2090 HD. s. f. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2025]. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf ISBN: 84-491-0356-8.
- BHATTACHARYA, Amitav. Effect of Soil Water Deficit on Growth and Development of Plants: A Review. In: *Soil Water Deficit and Physiological Issues in Plants*, pp. 393–488. 2021. 26 February 2021. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1007/978-981-33-6276-5_5. ISBN: 9789813362772.

16. BRADFORD, K. J. A water relations in seed germination. In : Seed development and germination. pp. 351–396. 1995. Routledge.
17. CHAMORRO, D., Luna, B., Ourcival, J. M., Kavgaci, A., Sirca, C., Mouillot, F. et al. Germination sensitivity to water stress in four shrubby species across the Mediterranean Basin. *Plant Biology*. [En línea]. Vol. 19, no. 1, pp. 23–31. 21 March 2016. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1111/plb.12450. ISSN: 1438–8677.
18. DANITA, M., Mathew, B., Shereen, N., Sharon, N. and IoT Based Automated Greenhouse Monitoring System. In : Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), pp. 1933–1937. IEEE. June 2018. DOI 10.1109/ICCONS.2018.8662911. ISBN: 978-1-5386-2842-3.
19. RADCHUK, Volodymyr and Borisjuk, Ljudmilla. Physical, metabolic and developmental functions of the seed coat. *Frontiers in Plant Science*. [En línea]. Vol. 5. 09 October 2024. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.3389/fpls.2014.00510. ISSN: 1664–462X.
20. ROSENTAL, Leah; Nonogaki, Hiroyuki and Fait, Aaron. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*. [En línea]. Vol. 24, no. 1, pp. 1–15. 17 February 2014. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.1017/S0960258513000391. ISSN: 1475–2735.
21. SIVAGAMI, Arasu; Kandavalli, Michael Angelo and Yakkala, Bhaskarrao. Design and Evaluation of an Automated Monitoring and Control System for Greenhouse Crop Production. In : Next-Generation Greenhouses for Food Security. IntechOpen. 29 May 2021. DOI 10.5772/intechopen.97316.
22. SZCZERBA, Anna; Plazek, Agnieszka; Pastuszak, Jakub; Kopec, Przemyslaw; Hornyák, Martha and Dubert, Franciszek. Effect of Low Temperature on Germination, Growth, and Seed Yield of Four Soybean (*Glycine max* L.) Cultivars. *Agronomy*. [En línea]. Vol. 11, no. 4, p. 800.18 April 2021. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI 10.3390/agronomy11040800. ISSN: 2073–4395.
23. WESTERN, Tamara L. The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. *Seed Science Research*. [En línea]. Vol. 22, no. 1, pp. 1–25. 26 September 2011. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2024]. DOI: 10.1017/S0960258511000249. ISSN: 1475–2735.
24. SOHELI, Sultana Jahan; Jahan, Nusrat; Hossain, Md. Bipul; Adhikary, Apurba; Khan, Ashikur Rahman and Wahiduzzaman, M. Smart Greenhouse Monitoring System Using Internet of Things and Artificial Intelligence. *Wireless Personal Communications*. [En línea]. Vol. 124, no. 4, p. 3603–3634. 21 June 2022. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1007/s11277-022-09528-x. ISSN: 1572–834X.
25. JAVAID, Mohd; Haleem, Abid; Rab, Shanay; Pratap Singh, Ravi and Suman, Rajiv. Sensors for daily life: A review. *Sensors International*. [En línea]. Vol. 2, p. 100121. 2021. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1016/j.sintl.2021.100121. ISSN: 2666–3511.
26. TAIWO, Olutosin and Ezugwu, Absalom E. Internet of Things-Based Intelligent Smart Home Control System. *Security and Communication Networks*. [En línea]. p. 1–17. 24 September 2021. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. DOI 10.1155/2021/9928254. ISSN: 1939–0122.

Fecha de recepción

Fecha de aceptación

Fecha de publicación

13/11/2024

25/04/2025

30/09/2025

Sistema de Gestión de Seguridad de la Información para una IES basado en ISO 27001:2022

Information Security Management System for an HEI based on ISO 27001:2022

**Luis Emmanuel Carreón-Aranda / Tecnológico Nacional de México
ITS de Purísima del Rincón**

Resumen

El presente estudio se centra en el diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) para el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón, siguiendo la norma ISO 27001:2022. Se realizó un análisis detallado de los procesos académicos, identificando y valorando los activos de información y sus riesgos asociados, para establecer políticas de seguridad adecuadas. La metodología PDCA (Plan-Do-Check-Act) fue utilizada para garantizar la mejora continua del SGSI. La implementación de este sistema ha mejorado significativamente la protección de los activos de información del instituto, y su enfoque puede ser replicado por otras instituciones educativas.

Palabras clave: SGSI (Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información); ISO 27001:2022; Seguridad de la Información; Análisis de riesgos; Activos de Información

Abstract

The present study focuses on the design of an Information Security Management System (ISMS) for the Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón, following the ISO 27001:2022 standard. A detailed analysis of academic processes was conducted, identifying and assessing information assets and their associated risks to establish appropriate security policies. The PDCA (Plan-Do-Check-Act) methodology was used to ensure continuous improvement of the ISMS. The implementation of this system has significantly improved the protection of the institute's information assets, and its approach can be replicated by other educational institutions.

Keywords: ISMS (Information Security Management System); ISO 27001:2022; Information Security; Risk Analysis; Information Assets

Introducción

En la actualidad, la información es un activo invaluable para las organizaciones, fundamental para la toma de decisiones estratégicas y operativas. Su protección rigurosa se ha convertido en una prioridad absoluta. La gestión de la seguridad de la información garantiza la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos¹.

Fundamentos de seguridad de la información

Confidencialidad, Integridad y disponibilidad

La seguridad de la información es crucial en todas las organizaciones debido al valor de los activos informativos. Se fundamenta en tres principios básicos: confidencialidad, integridad y disponibilidad².

➤ La **confidencialidad** protege la información contra accesos no autorizados, asegurando que solo personas con permisos validados puedan acceder a datos sensibles, preservando así la privacidad³.

➤ La **integridad** garantiza que la información sea precisa y completa, evitando alteraciones indebidas y asegurando que las modificaciones sean trazables y autorizadas, lo que fortalece la confianza en los datos⁴.

➤ La **disponibilidad** asegura que la información y los recursos asociados estén disponibles y utilizables por usuarios y usuarios autorizados cuando se necesite, manteniendo así la continuidad operativa y evitando interrupciones que puedan afectar la productividad⁵.



Figura 1. Principios básicos de seguridad de la información

Identificación, clasificación y valoración de activos de información

La gestión efectiva de la seguridad de la información comienza con la identificación, clasificación y valoración de los activos de información. Identificar los activos implica reconocer todos los elementos de información que son **valiosos para la organización, como bases de datos, documentos, procesos, sistemas y personal**⁶.

Una vez identificados, estos activos deben ser clasificados según su importancia y sensibilidad. La clasificación ayuda a determinar el nivel de protección necesario para cada activo. Por ejemplo, los datos personales de los empleados pueden ser clasificados como altamente sensibles, requiriendo medidas de seguridad más estrictas⁷.

La **valoración de los activos** es el proceso de evaluar el **impacto potencial que tendría la pérdida, divulgación o alteración** de cada activo. Este proceso ayuda a priorizar las medidas de seguridad y a asignar recursos de manera efectiva para proteger los activos más críticos⁸.

Activos de información

Escrivá Gascó (2013) señala que “Un activo se define como aquel recurso del sistema ... necesario para que la organización alcance los objetivos propuestos; es decir, todo aquello que tenga valor y que deba ser protegido frente a un eventual percance”⁹.

Gestión de riesgos y metodologías

La gestión de riesgos es un proceso fundamental dentro de cualquier Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI), ya que permite identificar, evaluar y tratar los riesgos asociados a los activos de información. Este proceso es esencial para asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información¹.

Normativa ISO 27001:2022

La ISO/IEC 27001:2022 es la versión más reciente del estándar internacional para la gestión de la seguridad de la información. Esta norma proporciona un marco para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI) dentro de una organización.

La norma sigue la estructura de alto nivel (HLS, por sus siglas en inglés) común a otros estándares ISO, como la ISO 9001 (gestión de calidad) y la ISO 22301 (gestión de continuidad del negocio). Esta estructura facilita la integración con otros sistemas de gestión.

En cuanto a los **cambios principales con las ISO 27001:2013 e ISO 27001:2022** se tiene que la versión 2022 introduce varias actualizaciones y mejoras, algunos de los cambios más destacados son:



Reorganización del Anexo A (Controles de seguridad):

En la versión 2013, el Anexo A contenía 114 controles organizados en 14 categorías (A.5 a A.18). En la versión 2022, el Anexo A se ha simplificado y ahora contiene 93 controles, agrupados en 4 categorías principales: Controles organizativos (*Organizational controls*), Controles de personas (*People controls*), Controles físicos (*Physical controls*) y Controles tecnológicos (*Technological controls*).



Nuevos controles. Se han introducido 11 nuevos controles para abordar riesgos emergentes y tendencias tecnológicas, como:

- A.5.7: Gestión de amenazas (*Threat intelligence*)
- A.5.23: Seguridad en la nube (*Cloud services security*)
- A.5.30: Preparación y respuesta a incidentes de TI (*ICT readiness for business continuity*)
- A.8.10: Gestión de la eliminación de información (*Information deletion*)
- A.8.11: Cifrado (*Encryption*)
- A.8.12: Prevención de fugas de datos (*Data leakage prevention*)
- A.8.16: Supervisión de actividades (*Monitoring activities*)
- A.8.23: Seguridad en el desarrollo de software (*Secure coding*)
- A.8.28: Gestión de la configuración segura (*Secure configuration management*)
- A.8.29: Gestión de la autenticación (*Authentication management*)
- A.8.30: Gestión de la privacidad y protección de datos (*Privacy and data protection*)



Mayor enfoque en la gestión de riesgos. La ISO 27001:2022 refuerza el enfoque en la gestión de riesgos, alineándose más estrechamente con otros estándares de gestión de riesgos, como la ISO 31000. Se enfatiza la necesidad de una evaluación de riesgos más dinámica y continua, en lugar de un enfoque estático.



Enfoque en la transformación digital. La norma refleja un mayor enfoque en los riesgos asociados con la transformación digital, como la seguridad en la nube, la protección de datos en entornos de IoT (Internet de las cosas), y la gestión de amenazas cibernéticas.



Simplificación y claridad. La ISO 27001:2022 ha sido redactada con un lenguaje más claro y directo, lo que facilita su comprensión y aplicación. Además, la reorganización de los controles en el Anexo A busca simplificar la implementación y mantenimiento del SGSI.



Mayor alineación con otros estándares ISO. La ISO 27001:2022 está más alineada con otros estándares ISO, como la ISO 22301 (Gestión de continuidad del negocio) y la ISO 27701 (Gestión de la privacidad de la información), lo que facilita la integración de sistemas de gestión.

En cuanto al **proceso de implementación** de la ISO 27001:2022 sigue el ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*, Figura 2):

- Planificar (Plan): establecer el alcance del SGSI, identificar riesgos y definir controles.
- Implementar (Do): aplicar los controles y políticas de seguridad.
- Verificar (Check): monitorear y revisar el desempeño del SGSI.
- Actuar (Act): realizar mejoras basadas en los resultados de la verificación.

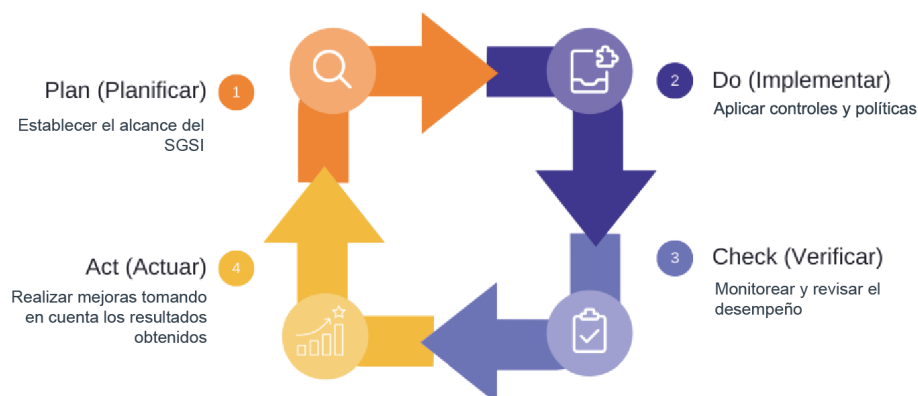


Figura 2. Diagrama del ciclo PDCA

Metodología Magerit

La metodología Magerit, desarrollada por el Consejo Superior de Administración Electrónica de España, está **diseñada para identificar, analizar y gestionar riesgos en sistemas de información**. Se estructura en varias fases clave:

- **Análisis de riesgos:** incluye la identificación y evaluación de riesgos mediante el análisis de amenazas y vulnerabilidades, junto con la creación de un inventario de activos y la evaluación de su valor.
- **Gestión de riesgos:** consiste en definir e implementar medidas de seguridad para mitigar riesgos, priorizando según su impacto y probabilidad, y seleccionando controles adecuados para reducirlos a niveles aceptables.
- **Monitoreo y Revisión:** implica la evaluación continua de la efectividad de las medidas de seguridad implementadas, ajustándolas según cambios en el entorno de amenazas y vulnerabilidades¹⁰.

Integración de metodologías

La integración de la normativa ISO 27001:2022 con la metodología Magerit proporciona un enfoque robusto y exhaustivo para la gestión de riesgos. Mientras que la ISO 27001:2022 aporta un marco general para la gestión de la seguridad de la información, Magerit ofrece herramientas específicas para la identificación y análisis detallado de riesgos. Esta combinación permite a las organizaciones no solo cumplir con los requisitos normativos, sino también implementar medidas de seguridad efectivas basadas en un análisis riguroso de riesgos^{1, 10}

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI) en el Instituto Tecnológico de Purísima del Rincón (ITSPR) que cumpla con los requisitos de la norma ISO 27001:2022, con el fin de proteger los activos de información del área académica.

Planteamiento del problema

La falta de un sistema estructurado y formal para la gestión de la seguridad de la información en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR) ha generado vulnerabilidades en los procesos académicos, por lo que de esta forma es posible que exista la exposición de datos críticos a riesgos potenciales de brechas de seguridad, pérdida de información y accesos no autorizados.

Método de investigación

Descripción de los procesos

En este apartado se realiza una descripción general sobre los procesos que se buscan proteger mediante la norma ISO 27001:2022.

1. **Reinscripción:** este proceso en el ITSPR incluye la verificación y actualización de datos personales y académicos del o la estudiante, la selección de materias, el procesamiento de pagos, la confirmación de requisitos académicos y la emisión de comprobantes de reinscripción. Garantiza la continuidad ordenada de los estudios y registros precisos.
2. **Supervisión del desarrollo de una asignatura:** en el ITSPR, este proceso monitorea la implementación del plan de estudios, asegurando el cumplimiento de objetivos de aprendizaje, el uso adecuado de materiales educativos y la efectividad de la enseñanza. También incluye la evaluación del profesorado y la retroalimentación de las y los estudiantes, garantizando la calidad educativa.
3. **Desarrollo humano:** este proceso se enfoca en el crecimiento integral de las y los estudiantes del ITSPR, promoviendo el bienestar físico, emocional y social, y desarrollando habilidades personales y profesionales a través de talleres y actividades. Busca formar individuos competentes y éticos para su integración en el ámbito laboral y social.

Cabe señalar que en los tres procesos se tiene una vinculación con un Sistema de Información que registra a las y los alumnos, su carga horaria, asignaturas cursadas, calificaciones de estas y los “puntos” de desarrollo humano que van cumpliendo conforme realizan actividades de esta índole.

Identificación y valuación de activos

Para identificar los activos de información en cada proceso, se trabajó estrechamente con las áreas responsables, para obtener una mejor perspectiva sobre los activos a proteger.

Se consideraron los cinco activos de información más valiosos de cada proceso, evaluados por sus dueños o dueñas en una escala del 1 al 10, tomando en cuenta su disponibilidad [D], integridad [I] y confidencialidad [C].

Tabla 1. Identificación y valuación de activos de información del proceso de Reinscripción

Activos de información	[D]	[I]	[C]	Prom.
Datos de control de acceso	9	10	10	9.6
Sistema Conect	9	9	9	9
Servidor de alojamiento	9	9	9	9
Sistema especializado	8	9	7	8
Sala de servidores	10	9	5	8

Tabla 2. Identificación y valuación de activos de información del proceso de Supervisión y desarrollo de una asignatura

Activos de información	[D]	[I]	[C]	Prom.
Datos de control de acceso	9	10	10	9.6
Sistema Conect	9	9	9	9
Servidor de alojamiento	9	9	9	9
Sala de servidores	10	9	5	8
Plan de asignatura/evaluaciones	4	9	9	7.3

Tabla 3. Identificación y valuación de activos de información del proceso de Desarrollo humano

Activos de información	[D]	[I]	[C]	Prom.
Datos de control de acceso	9	10	10	9.6
Sistema Conect	9	9	9	9
Servidor de alojamiento	9	9	9	9
Sistema especializado	8	9	7	8
Sala de servidores	10	9	5	8

Como se puede observar en los resultados de las tablas, dentro de los activos de información más importantes se destacan los datos de control de accesos, el Sistema Conect y el servidor de alojamiento. Por lo tanto, en estos tres aspectos es donde se centra la propuesta de diseño del sistema de gestión de seguridad de la información. Es importante mencionar que todos los activos de información se pueden clasificar en alguna de las siguientes categorías:

Digitales	Físicos	Sistemas	Hardware	Personal
• Formatos en blanco • Formatos llenados (registros)	• Formatos en blanco • Formatos llenados (registros)	• Bases de datos • Sistemas de información	• Servidor principal • Servidor de copias de seguridad • Infraestructura de red • PC de escritorio y laptops	• Docentes • Administrativos • Administradores de TI

Figura 3. Categorías de identificación de activos de información

Identificación y valoración de amenazas

Se procede a identificar y valorar las amenazas a los activos de información, siguiendo el marco de referencia de Magerit. Se añade una columna de probabilidad de ocurrencia consultada con el equipo de Tecnologías de Información del ITSPR. Finalmente, se homologan los activos de los tres procesos seleccionados, por su consistencia entre ellos.

Tabla 4. Amenazas de “Sistema Conect”

Amenaza	Prob.	[D]	[I]	[C]
[I.5] Avería de origen físico o lógico	7	9	-	-
[E.2] Errores del administrador	6	6	6	6
[E.10] Errores de secuencia	4	-	3	-
[E.15] Alteración accidental de la información	3	-	7	-
[E.18] Destrucción de la información	2	9	-	-
[E.20] Vulnerabilidades de los programas (software)	-	2	9	9
[E.21] Errores de mantenimiento / actualización de equipos (software)	4	9	2	-
[E.24] Caída del sistema por agotamiento de recursos	6	10	-	-
[A.11] Acceso no autorizado	2	-	9	9
[A.18] Destrucción de la información	2	9	-	-

Tabla 5. Amenazas de “Datos de control de acceso”

Amenaza	Prob.	[D]	[I]	[C]
[E.19] Fugas de información	-	-	-	9
[A.11] Acceso no autorizado	3	-	8	9
[A.18] Destrucción de información	1	9	-	-
[A.19] Divulgación de información	1	-	-	10

Tabla 6. Amenazas de “Servidor de alojamiento”

Amenaza	Prob.	[D]	[I]	[C]
[N.1] Fuego	6	8	-	-
[N.2] Daños por agua	3	8	-	-
[N.*] Desastres naturales	3	5	-	-
[I.3] Contaminación medioambiental	5	8	-	-
[I.5] Avería de origen	5	7	-	-
[I.7] Condiciones inadecuadas de temperatura y humedad	-	1	-	-
[E.2] Errores de administrador del sistema / de la seguridad	2	9	9	10
[E.23] Errores de mantenimiento / actualización de equipos (hardware)	8	10	-	-
[A.11] Acceso no autorizado	2	-	8	9
[A.23] Manipulación de hardware	2	10	-	10

Nota: el símbolo * en “[N.*]” denota una categoría genérica que engloba diversos desastres naturales no especificados individualmente, excluyendo aquellos ya cubiertos por amenazas específicas (ej. [N.1], [N.2]).

Valuación de riesgos

Para llevar a cabo la valuación de riesgos se debe calcular la valuación del activo, el impacto y el valor del riesgo. A continuación se describen las fórmulas en una tabla:

Tabla 7. Fórmulas para la valuación de riesgos

Valor del activo	Impacto	Valor del riesgo
$VA = \frac{(D + I + C)}{3}$	$Imp = VA * DA$	$VR = Imp * P$
Donde: VA = Valor del activo D = Disponibilidad I = Integridad C = Confidencialidad	Donde: Imp = Impacto VA = Valor del activo DA = Degradación del activo	Donde: VR = Valor del riesgo Imp = Impacto P = Probabilidad de ocurrencia

Adicionalmente, para el valor del riesgo, se toma como referencia la siguiente tabla, la cual indica si el valor del riesgo es “bajo”, “medio” o “alto”. Cabe señalar que esta tabla es meramente indicativa.

Tabla 8. Rango de riesgos

Rango de riesgo	Magnitud
Alto	Riesgo ≥ 200
Medio	$80 \leq \text{Riesgo} < 200$
Bajo	Riesgo < 80

A continuación, se presentan las tablas de valoración de riesgos y cuyo cálculo ya se ha descrito anteriormente. También están separadas por activos de información:

Tabla 9. Valuación del riesgo para “Sistema Conect”

Amenazas	P	DA	D	I	C	VA	Imp	VR
[I.5] Avería de origen físico o lógico	7	7	9	0	0	3.0	21.0	147.0
[E.2] Errores del administrador	6	7	6	6	6	6.0	42.0	252.0
[E.10] Errores de secuencia	4	7	0	3	0	1.0	7.0	28.0
[E.15] Alteración accidental de la información	3	7	0	7	0	2.3	16.3	49.0
[E.18] Destrucción de la información	2	7	9	0	0	3.0	21.0	42.0
[E.20] Vulnerabilidades de los programas (software)	1	7	2	9	9	6.7	46.7	46.7
[E.21] Errores de mantenimiento / actualización de equipos (software)	4	7	9	2	0	3.7	25.7	102.7
[E.24] Caída del sistema por agotamiento de recursos	6	7	10	0	0	3.3	23.3	140.0
[A.11] Acceso no autorizado	2	7	0	9	9	6.0	42.0	84.0
[A.18] Destrucción de la información	2	7	9	0	0	3.0	21.0	42.0

Tabla 10. Valuación del riesgo para datos de control de acceso

Amenazas	P	DA	D	I	C	VA	Imp	VR
[E.19] Fugas de información	0	5	0	0	9	3.0	15.0	0.0
[A.11] Acceso no autorizado	3	5	0	8	9	5.7	28.3	85.0
[A.18] Destrucción de información	1	5	9	0	0	3.0	15.0	15.0
[A.19] Divulgación de información	1	5	0	0	10	3.3	16.7	16.7

Tabla 11. Valuación del riesgo para “Servidor de alojamiento”

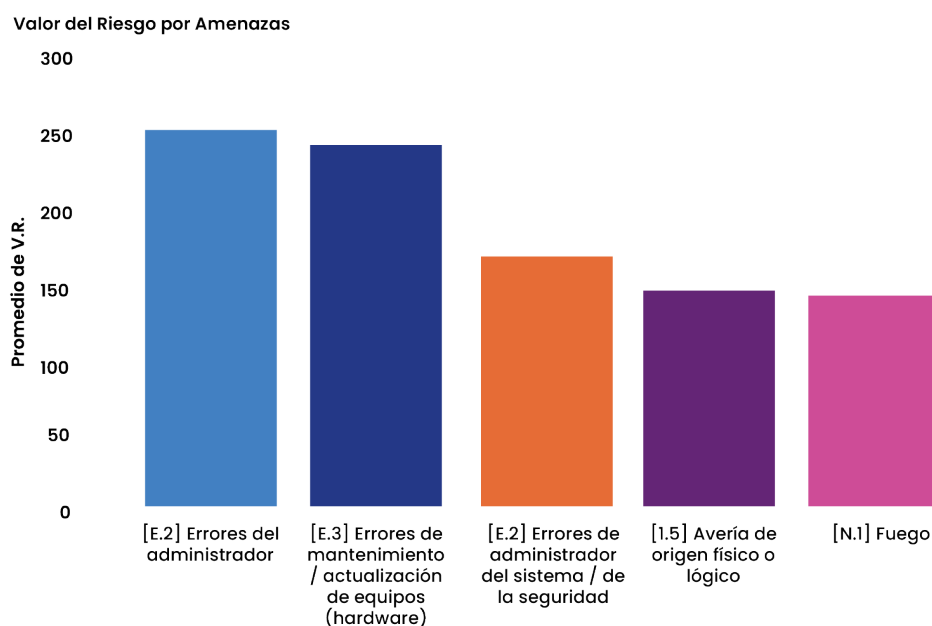
Amenazas	P	DA	D	I	C	VA	Imp	V. R.
[N.1] Fuego	6	9	8	0	0	2.7	24.0	144.0
[N.2] Daños por agua	3	9	8	0	0	2.7	24.0	72.0
[N.*] Desastres naturales	3	9	5	0	0	1.7	15.0	45.0
[I.3] Contaminación medioambiental	5	9	8	0	0	2.7	24.0	120.0
[I.5] Avería de origen	5	9	7	0	0	2.3	21.0	105.0
[I.7] Condiciones inadecuadas de temperatura y humedad	0	9	1	0	0	0.3	3.0	0.0
[E.2] Errores de administrador del sistema / de la seguridad	2	9	9	9	10	9.3	84.0	168.0
[E.23] Errores de mantenimiento / actualización de equipos (hardware)	8	9	10	0	0	3.3	30.0	240.0
[A.11] Acceso no autorizado	2	9	0	8	9	5.7	51.0	102.0
[A.23] Manipulación de hardware	2	9	10	0	10	6.7	60.0	120.0

Como se puede observar, los más altos son: errores de administrador, errores de mantenimiento/actualización de equipos de hardware, errores de administrador del sistema / de la seguridad, avería de origen físico o lógico, y fuego.

Resultados

Priorización de riesgos

De acuerdo con la valuación de riesgos que se realizó en la sección anterior, se realizó una gráfica con los riesgos que en promedio son los más altos de cada una de las amenazas para los procesos que se mencionaron. Los resultados se muestran en la siguiente figura, en la cual se rescatan los cinco riesgos que en promedio son los más altos.

**Figura 4.** Gráfica de priorización de riesgos

Identificación de salvaguardas

En seguida se especifica cuáles son las salvaguardas que se utilizan como apoyo para las valoraciones posteriores. Cabe destacar que las salvaguardas fueron seleccionadas del libro 2 de MAGERIT. El enfoque es en las protecciones generales que sugiere dicho libro y cómo estas salvaguardas son implementadas o cómo pueden implementarse en el ITSPR para la protección de sus activos de información.

- Control de acceso lógico: en el Sistema Conect se implementa un control de acceso mediante usuarios y contraseñas para ingresar al sistema. Las y los maestros tienen una contraseña adicional para capturar calificaciones, asignada por la jefatura de servicios escolares por medio de correo electrónico. Además, todas las computadoras del personal tienen contraseña y están en directorio activo, bajo control del departamento de Tecnologías de Información (TI).
- Gestión de incidencias: Implementación de una bitácora para recopilar información relevante sobre los incidentes. Dicho registro está a cargo del departamento de TI.
- Herramientas de seguridad: la institución utiliza, entre otras, antivirus en todas las computadoras, directorio activo, y Fortinet para control de tráfico administrado por el Proveedor de Servicios de Internet (*Internet Service Provider*, ISP por sus siglas en inglés). También se emplean redes segmentadas.
- Herramienta contra código dañino: se utiliza ESET Endpoint Security como antivirus en todos los equipos de la institución, incluyendo servidores y equipos personales. Como medida de seguridad adicional, se promueve el uso de antivirus en equipos personales mediante una campaña de seguridad de la información.
- Herramienta de monitorización de tráfico: se utilizan Wireshark, Solar Winds y herramientas de Access Point Ubiquiti para monitorear el tráfico de la red. Se considera revisar las necesidades adicionales de monitoreo y evaluar cambios.

- Herramienta para análisis de logs: actualmente no se utilizan, aunque se emplean Wireshark y Fortinet para análisis de tráfico. Existe disposición para adaptar un servidor para el registro de logs cuando sea necesario para auditorías.

Políticas de seguridad

A continuación, se presentan las políticas de seguridad aplicadas para el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información:

- Para cada nuevo integrante al plantel, se imparte y firma sus obligaciones y reglamentos para con la escuela por parte del departamento de recursos humanos.
- El acceso a áreas que contienen activos de información relevantes será estrictamente prohibido, y solo se permite el ingreso por identificadores de huella o credenciales magnéticas que deberán ser asignadas a cada persona usuaria.
- La institución cuenta con un plan de contingencia en caso de peligro o fenómeno natural que amenace a los activos de información más importantes. Dicho plan deberá ser revisado y actualizado anualmente.
- Para el área de Centro de Datos (habitación de servidores y dispositivos de red), el acceso está restringido y vigilado por el responsable de TI, y si se requiere acceso externo deberá estar presente personal de TI en todo momento.
- Para el área de TI, cuentan con políticas en el servidor para evitar la inserción de medios removibles, en caso de ser necesario la persona administradora deberá permitir la extracción de medios con un debido procedimiento formal y bajo su resguardo.
- El área de TI cuenta con política en el servidor, donde solo se permita el acceso a usuarios/as de la institución y personal administrativo a la red si es necesario.

- El área de TI deberá revocar todo privilegio de acceso a usuarios/as una vez retirados o que pasen a ser empleados/as de la institución, con el fin de evitar accesos remotos.
- El área de TI es responsable de la permanencia de la ubicación de los activos de equipamiento físicos; así como de llevar un registro de los cambios generados.
- El área de TI cuenta con una política donde indica que semanalmente (y de forma diaria cuando es temporada de captura de calificaciones) se crean respaldos del servidor, lo que servirá en caso de falla o pérdida total de información.
- El área de TI deberá estar al tanto de nuevos programas o software a ser instalados en los equipos de la institución.
- La persona encargada de la red deberá dar mantenimiento a la red, a los segmentos actualmente existentes, así como realizar las segmentaciones necesarias con el fin de establecer subredes destinadas a los sistemas de información y otra para los usuarios/as, manteniendo un balance de cargas óptimo.
- El ITSPR establecerá un proceso sistemático para identificar, evaluar y documentar los riesgos asociados a los activos de información. Este proceso incluirá la identificación de amenazas y vulnerabilidades, la evaluación de su probabilidad e impacto, y la documentación en un registro de riesgos que será revisado periódicamente por el comité de seguridad.
- Para cada riesgo identificado, se seleccionarán e implementarán controles de seguridad adecuados, siguiendo el Anexo A de la ISO 27001:2022. Se elaborará un plan de acción con responsables y plazos definidos, y se monitoreará la efectividad de los controles implementados. En casos excepcionales, se podrá aceptar un riesgo, siempre y cuando sea aprobado por la alta dirección.

- El ITSPR promoverá una cultura de concienciación en la gestión de riesgos mediante capacitaciones periódicas, campañas de comunicación y canales de reporte de incidentes. Todos los empleados y empleadas serán responsables de identificar y reportar riesgos, contribuyendo a la protección de los activos de información de la institución.

Difusión y seguimiento

La difusión y seguimiento de las normas es una de las actividades más importantes, debido a que no solamente es el personal de Tecnologías de Información quienes acatan las políticas generadas por la norma, sino que el personal en general también debe conocerlas y seguirlas, de esta manera todos contribuyen a mantener la seguridad de los activos de información de la institución.

Para la difusión de la norma se propone que se lleven a cabo los siguientes mecanismos:

- Integración en el actual Sistema de Gestión Integral
- Capacitación continua a trabajadores/as
- Evaluación por medio de auditorías

Integración en el actual Sistema de Gestión Integral

Uno de los principales mecanismos que se utilizará para la difusión de la norma ISO 27001:2022 será por medio de la integración al actual Sistema de Gestión Integral (cabe señalar que la institución actualmente cuenta con la certificación ISO 9001:2015). En primer lugar, se dan a conocer de forma general las políticas de seguridad. La Figura 5 muestra lo anteriormente descrito.

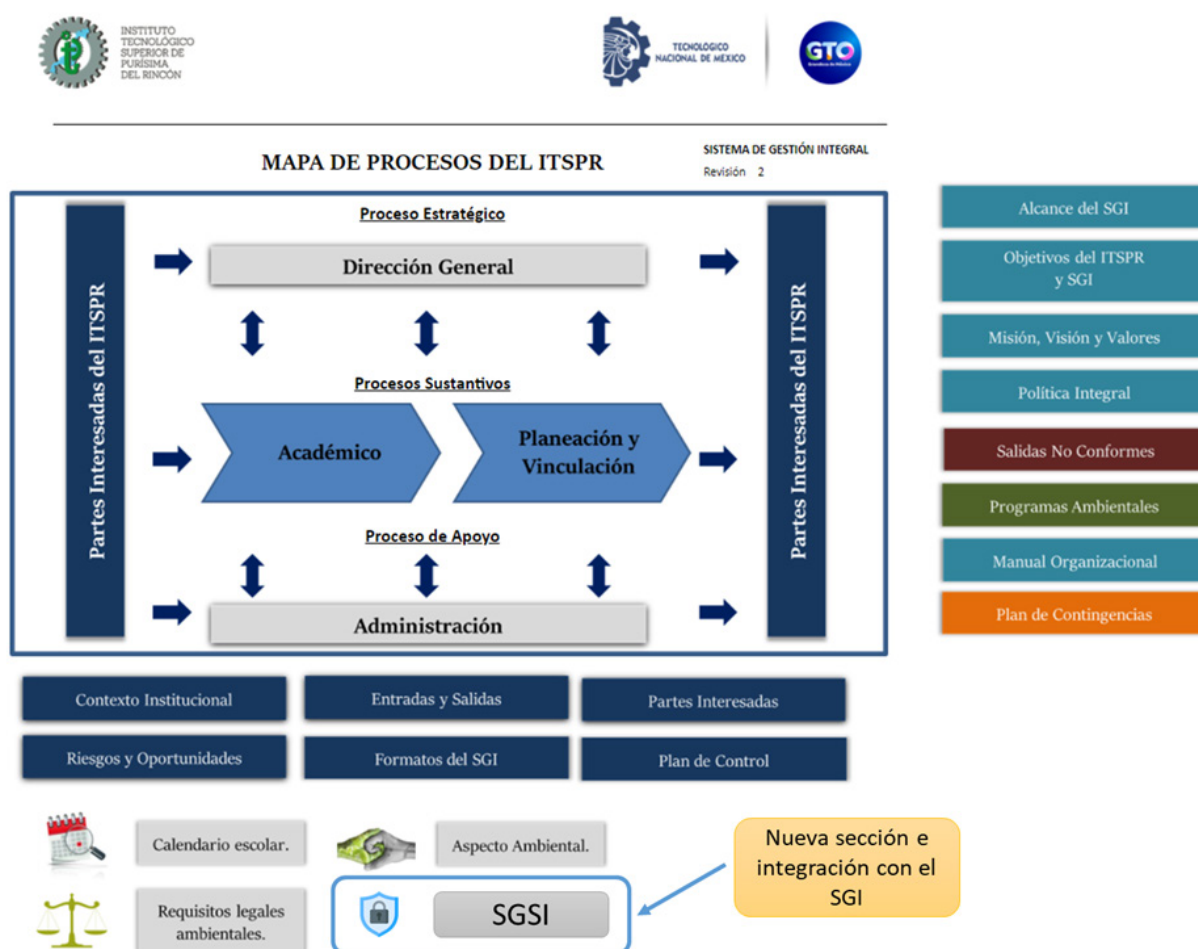


Figura 5. Integración del SGSI con el SGI

Capacitación continua a trabajadores y trabajadoras

Para implementar correctamente el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, éste debe de ser promovido y dado a conocer entre las y los trabajadores, con el fin de que se vuelva parte del actuar del personal en las tareas que se llevan a cabo todos los días. Para cumplir con lo propuesto se realizan las siguientes acciones:

- Capacitación a nuevos empleados: esta se llevará a cabo de manera semestral y se impartirá a todos los nuevos empleados y empleadas del ITSPR, tanto del área administrativa como del área docente.
- Capacitación continua: se lleva a cabo de manera anual (o por instrucción del departamento de calidad, subdirecciones o dirección general) con el fin de dar a conocer los cambios que se tengan en el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información.

Evaluación por medio de auditorías internas

Se llevan a cabo evaluaciones periódicas del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) para garantizar su beneficio continuo para las organizaciones. Estas evaluaciones internas permiten al SGSI adaptarse y mejorar conforme evolucionan los procesos, asegurando una protección más efectiva de los activos de información.

Se sugiere un plan de evaluación que incluya una auditoría interna anual, involucrando todos los procesos del área académica. Los resultados de la auditoría deben ser compartidos con los responsables de cada área para implementar mejoras necesarias.

Además, se plantea la posibilidad de realizar auditorías externas para obtener la certificación ISO 27001:2022, abarcando todos los procesos institucionales, no solo los académicos.

Discusión

La integración del Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI) con el Sistema de Gestión Integral (SGI), certificado bajo la norma ISO 9001:2015, ha demostrado ser una estrategia efectiva para fortalecer la cohesión y la eficacia de las políticas de seguridad en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR). Este enfoque integrado no solo ha optimizado los procesos de gestión, sino que también ha promovido una cultura organizacional más robusta, alineada con los objetivos estratégicos de la institución. La sinergia entre ambos sistemas ha permitido una mayor claridad en los roles y responsabilidades, así como una mejor asignación de recursos para la protección de los activos de información.

La capacitación continua ha sido un pilar fundamental en la implementación del SGSI, ya que ha mejorado significativamente la comprensión y aplicación de las políticas de seguridad por parte del personal. Sin embargo, a pesar de los avances logrados en la respuesta a incidentes, persisten desafíos como la resistencia al cambio y la variabilidad en la participación de algunos empleados/as. Estos obstáculos resaltan la necesidad de fortalecer las estrategias de comunicación interna y de involucrar a todos los niveles de la organización en la adopción de una cultura de seguridad proactiva.

Las auditorías internas anuales han demostrado ser una herramienta esencial para la mejora continua del SGSI. A través de estas evaluaciones, se han identificado áreas críticas que requieren atención, como la optimización de la gestión de incidentes y la actualización de las políticas de acceso. Estas auditorías no solo han permitido corregir desviaciones, sino que también han proporcionado insights valiosos para fortalecer los controles de seguridad y garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos.

La priorización de riesgos ha sido un aspecto clave en la mitigación de las amenazas más críticas para los activos de información del ITSPR. Sin embargo, el entorno de seguridad de la información es dinámico y está en constante evolución, lo que exige una adaptación continua a nuevas amenazas y cambios en el entorno tecnológico. Para mantener la efectividad del SGSI, es fundamental que la institución adopte un enfoque proactivo en la identificación y gestión de riesgos emergentes, como los relacionados con la ciberseguridad, la nube y el Internet de las Cosas (IoT).

La implementación de controles de acceso lógico ha fortalecido la protección de los activos de información, limitando el acceso no autorizado y reduciendo el riesgo de brechas de seguridad. No obstante, existen oportunidades de mejora en la integración y automatización de estos controles, lo que permitiría una respuesta más eficiente y proactiva frente a amenazas. La adopción de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el machine learning, podría ser un paso importante para mejorar la detección y respuesta a incidentes en tiempo real.

Además, la colaboración interdepartamental ha sido un factor determinante en el éxito del SGSI. La participación activa de áreas como Recursos Humanos, Tecnologías de la Información y Servicios Escolares ha permitido una implementación más holística y efectiva de las políticas de seguridad. Sin embargo, es necesario seguir fomentando esta colaboración para asegurar que todas las áreas de la institución estén alineadas con los objetivos de seguridad de la información.

En conclusión, la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad en la Información (SGSI) en el Instituto Tecnológico de Purísima del Rincón (ITSPR) ha generado avances significativos en la protección de los activos de información, pero también ha revelado áreas de oportunidad que requieren atención continua. La integración con otros sistemas de gestión, la capacitación del personal, la priorización de riesgos y la mejora continua son aspectos clave que seguirán impulsando la efectividad del SGSI en el futuro.

Conclusiones

La implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR) ha demostrado ser una iniciativa fundamental para proteger los activos de información críticos de la institución. Los resultados obtenidos en este proyecto, basados en la identificación, valoración y priorización de riesgos, así como en la implementación de salvaguardas y políticas de seguridad, permiten concluir lo siguiente:

De acuerdo con los resultados presentados en la priorización de riesgos, se identificaron las amenazas más críticas para los activos de información del ITSPR, como los errores de administrador, las fallas de hardware y los desastres naturales. La implementación de controles específicos para mitigar estos riesgos ha fortalecido la protección de los sistemas y datos más sensibles, como el Sistema Conect, los datos de control de acceso y el servidor de alojamiento. Este enfoque en la priorización ha permitido una asignación más eficiente de recursos y una respuesta más efectiva frente a las amenazas identificadas.

Los resultados obtenidos en la identificación de salvaguardas evidencian que la implementación de controles de acceso lógico, herramientas de seguridad como ESET Endpoint Security, y políticas de gestión de incidencias han sido clave para reducir la exposición a riesgos. Sin embargo, también se identificaron áreas de oportunidad, como la falta de una herramienta específica para el análisis de vulnerabilidades y la necesidad de mejorar la monitorización de tráfico y logs. Estas áreas representan oportunidades de mejora continua que deben ser abordadas en futuras fases del SGSI.

Las políticas de seguridad propuestas han sido fundamentales para establecer un marco claro de responsabilidades y procedimientos en la protección de los activos de información. La restricción de acceso a áreas críticas, la implementación de planes de contingencia y la creación de respaldos periódicos del servidor son medidas que han contribuido a reducir la probabilidad de incidentes de seguridad. Además, la integración del SGSI con el Sistema de Gestión Integral (SGI) ha permitido una mayor cohesión y alineación con los objetivos estratégicos de la institución.

La difusión de las políticas de seguridad y la capacitación continua han sido clave para el éxito del SGSI, fomentando una cultura de seguridad, aunque persisten desafíos como la resistencia al cambio. Las auditorías internas han permitido optimizar controles y gestionar incidentes, mientras que la futura certificación ISO 27001:2022 validará la efectividad del sistema y demostrará el compromiso institucional con la seguridad de la información.

A lo largo de la implementación del SGSI, se han identificado lecciones clave, como la importancia de la participación de la alta dirección, la necesidad de una gestión dinámica de riesgos y la relevancia de la colaboración interdepartamental. Para asegurar la mejora continua del SGSI, se recomienda:

- Mantener un enfoque proactivo en la identificación y gestión de riesgos emergentes, como los relacionados con la ciberseguridad y la transformación digital.
- Fortalecer la capacitación y concienciación del personal, especialmente en áreas críticas como la gestión de contraseñas y la prevención de fugas de información.
- Invertir en tecnologías avanzadas, como herramientas de análisis de vulnerabilidades y sistemas de monitorización en tiempo real, para mejorar la detección y respuesta a incidentes.

Finalmente, la implementación del SGSI en el ITSPR ha generado avances significativos en la protección de los activos de información, basados en los resultados obtenidos en la identificación de riesgos, la implementación de controles y la mejora de las políticas de seguridad. Sin embargo, el éxito a largo plazo del SGSI dependerá de la capacidad de la institución para adaptarse a un entorno de seguridad en constante evolución, fomentar una cultura de seguridad proactiva y mantener un compromiso constante con la mejora continua. Este proyecto no solo ha fortalecido la seguridad de la información en el ITSPR, sino que también ha sentado las bases para que otras instituciones educativas repliquen este enfoque en sus propios contextos.

Referencias

1. International Organization for Standardization (ISO). *ISO/IEC 27001:2022 Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements*. Edition 3, 2022. Disponible en <https://www.iso.org/standard/27001>
2. WHITMAN, Michael E. & Mattord, Herbert. J. *Principles of Information Security*. Cengage Learning. 2017. ISBN: 9780357506431.
3. PELTIER, T. R. *Information Security Policies, Procedures, and Standards: Guidelines for Effective Information Security Management*. New York, USA. CRC Press. 2016. 312 pp. ISBN: 9780429114717.
4. HARRIS, Shon. *CISSP All-in-One Exam Guide*. McGraw-Hill Education. 2013. ISBN: 9780071781749.
5. STALLINGS, Williams. *Network Security Essentials: Applications and Standards*. Sixth edition. England. Pearson Education Limited. 2017. ISBN: 978-1-292-15485-5.
6. International Organization for Standardization (ISO). *ISO/IEC 27005:2022 - Information technology – Security techniques – Information security risk management*. Edition 4. 2022. <https://www.iso.org/standard/80585.html>
7. ANDERSON, Ross & Moore, Tyler. Information security: where computer science, economics and psychology meet. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. [En línea]. 367: 2717-2727. July 13, 2009. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2024]. Disponible en <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0027>
8. International Organization for Standardization (ISO). *ISO/IEC. ISO/IEC 27002:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security controls*. 2022. Disponible en <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:27002:ed-3:v2:en>
9. ESCRIVÁ, Gema; Romero, Rosa M., Ramada, David J. y Onrubia, Ramón. *Seguridad informática*. Madrid. Macmillan Iberia, S.A. 2013. Pp. 216. ISBN: 9788415656647.
10. MINISTERIO DE HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS (España). *MAGERIT – Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información*. Versión 3.0. Libro I: Método. Madrid: Centro Criptológico Nacional, 2012.

Fecha de recepción

Fecha de aceptación

Fecha de publicación

03/07/2024

24/03/2025

30/09/2025

Automatización en pymes aplicada a la logística inversa en Guanajuato

Automation in SMEs applied to reverse logistics in Guanajuato

Ana Luisa Rodríguez Mellado, María del Carmen Chacón Olivares, Elizabeth García Granillo y Estrella Guadalupe Anguiano Solorio /
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Resumen

En 2025, las pymes representan el 52 % del producto interno bruto; aunque generan la mayoría del empleo formal en México, enfrentan retos como financiamiento, digitalización y competitividad global. En Irapuato, muchas pymes textiles carecen de planeación y control adecuados de materiales, afectando el medio ambiente. Este estudio cuantitativo analizó las ventas históricas de una empresa textil local, identificando la falta de planeación en el manejo de materia prima como problema principal. La causa fue una deficiente gestión de contenedores, envases y embalajes, especialmente con proveedores internacionales que requieren entregas puntuales para mantener la producción. Se concluye que la implementación de herramientas como plantillas de Excel o software especializado en planeación y logística inversa representan una solución económica y sostenible. Estas herramientas mejorarían la eficiencia operativa y reducirían el impacto ambiental, beneficiando tanto a la empresa como al entorno.

Palabras clave: MRP, logística inversa, planificación y control

Abstract

In 2025, SMEs represent 52% of GDP and generate most of formal employment in Mexico, facing challenges such as financing, digitalization, and global competitiveness. In Irapuato, many textile SMEs lack proper planning and control of materials, impacting the environment. This quantitative study analyzed historical sales of a local textile company, identifying a lack of raw material planning as the main problem. The cause was poor management of containers, packaging, and packing, especially with international suppliers who require timely deliveries to maintain production. It is concluded that implementing tools such as Excel templates or specialized software in planning and reverse logistics represents an economical and sustainable solution. These tools would improve operational efficiency and reduce environmental impact, benefiting both the company and the surroundings.

Keywords: MRP, Reverse Logistics, planning and Control.

Introducción

La falta de planeación afecta a la mayoría de las pequeñas y medianas empresas (pymes) en Guanajuato, que son un pilar importante en la economía de la región. El nivel de producción, los estándares de inventario, la mano de obra propia y subcontratada, los tiempos a mediano plazo, impactan a las empresas porque no cuentan con una planeación agregada, lo que afecta en toda la cadena de suministro y sobre todo en la logística inversa.

Este tipo de planeación es “agregada” porque determina a familias de producto que por sus características de demanda o procesamiento similares les permite agruparse como una familia. Por ejemplo, productos de un mismo color, similar proceso de producción o que requieren los mismos insumos¹.

A nivel general, existen diversos tipos de costos, como los de producción, inventario y los asociados a la capacidad. Al clasificarlos para entender cómo se distribuyen en una empresa ‘típica’, se obtiene una estructura como la siguiente:

- En costos de producción: la materia prima, la mano de obra (salario, prestaciones, etcétera), las horas extra y el mantenimiento de maquinaria.
- En costos de inventario: almacenamiento (personal de inventario, seguros, hurtos, mantenimiento de instalaciones, impuestos, etc.) y costos por faltante (lo que se pudo haber vendido y no se vendió por no tener el artículo en el momento requerido).
- En costos de capacidad: la contratación y el despido de trabajadores, junto con el tiempo dedicado a su capacitación, se consideran parte de la capacidad perdida.

Por ello, las definiciones y los costos claros determinan los métodos de planeación.

Objetivo general

Gestionar de manera eficiente el flujo de productos, materiales y residuos desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el fin de recuperar valor, reducir costos y minimizar el impacto ambiental.

Objetivos específicos

Crear una plantilla en Excel, para el control de retorno de contenedores, envases y embalajes; aplicable para la reducción de costo, y optimización en la cadena de suministro, cumplimiento de regulaciones y normas ambientales, reducción de riesgos, y mejora de imagen corporativa.

Planteamiento del problema

Uno de los principales desafíos que enfrentan las pymes en Guanajuato es “la falta de infraestructura y recursos para gestionar la logística inversa de manera eficiente, incluyendo la carencia de almacenes y centros de distribución adecuados, así como la insuficiente capacidad de transporte y manejo de mercancías”².

Esta situación dificulta la gestión de devoluciones de productos, lo que puede generar elevados costos y afectar negativamente la satisfacción del cliente. Además, las pymes enfrentan problemas de financiamiento para implementar y mantener sistemas adecuados, lo que limita su capacidad para adoptar tecnologías y automatizar procesos que optimicen su logística inversa. Para lograr una mejor interpretación y análisis del concepto, es necesario revisar las definiciones más recientes de logística inversa, con el objetivo de comprender su importancia y los aportes que ofrecen al entorno industrial dentro de la cadena de suministro.

Rogers y Tibben-Lembke, definen la logística inversa como:

El proceso de planear, implementar y controlar el flujo eficiente y económico de materias primas, inventarios en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el propósito de recuperar valor o realizar una adecuada disposición.³

Asimismo, el Council of Logistics Management la define en 1991 como:

La gestión estratégica del aprovisionamiento, movimiento y almacenamiento de materiales, partes y productos terminados, así como de los flujos de información relacionados, a través de la organización y sus canales de distribución, con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente de manera eficiente y rentable.⁴

La logística inversa consiste en un conjunto de actividades que permiten a las empresas mejorar su desempeño ambiental, mediante la recuperación, reutilización y reciclaje de productos y materiales, así como la optimización en el uso de recursos a lo largo de la cadena de suministro.

El proceso de logística inversa es la trayectoria mediante la cual los activos y los datos retroceden en la cadena de suministro tradicional. Rogers y Tibben-Lembke³ afirman que los componentes claves del proceso de logística inversa son los procesos de retorno y la disposición de productos que se presentan a continuación:

- Alta prioridad a la rapidez en la entrega; en contraste, menor relevancia otorgada a este aspecto en varios casos.
- Costos claramente definidos y controlados mediante sistemas contables; por el contrario, existen costos menos visibles que rara vez se contabilizan con precisión.
- Gestión de inventario simple y estructurada frente a una gestión de inventario más compleja y dinámica.
- Ciclo de vida del producto predecible y manejable, a diferencia de productos con ciclos de vida más variables y difíciles de gestionar.

- Estrategias de marketing bien establecidas y conocidas, frente a un entorno de marketing más complejo debido a múltiples factores como segmentación, canales digitales y cambios en el comportamiento del consumidor.

Por otra parte, el MRP (por sus siglas en inglés: Material Requirements Planning), es un sistema de planificación de requerimiento de materiales y de administración de *stocks*. Su objetivo es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado para determinar los requerimientos de materiales de la empresa. Responde a las siguientes preguntas: ¿qué...?, ¿cuánto...?, ¿cuándo se debe fabricar y/o aprovisionar?

Fundamento teórico

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),

Entre 1995 y 2000, el PIB de la industria textil y de la confección experimentó un crecimiento promedio anual de 6.5 %, debido al impacto positivo del Tratado de Libre Comercio. Sin embargo, a partir de 2001, año en que China se unió a la Organización Mundial del Comercio (OMC), se observó un menor dinamismo, disminuyendo el PIB de 131 395 millones de pesos en ese año a 115 750 millones de pesos en 2019. Esta situación se agravó en 2020 a causa de los efectos económicos de la pandemia de la COVID-19. En 2023, en comparación con el año anterior, el PIB de la industria textil y de la confección disminuyó 8.4 por ciento.⁵

La siguiente gráfica muestra la evolución de la industria textil y de la confección.

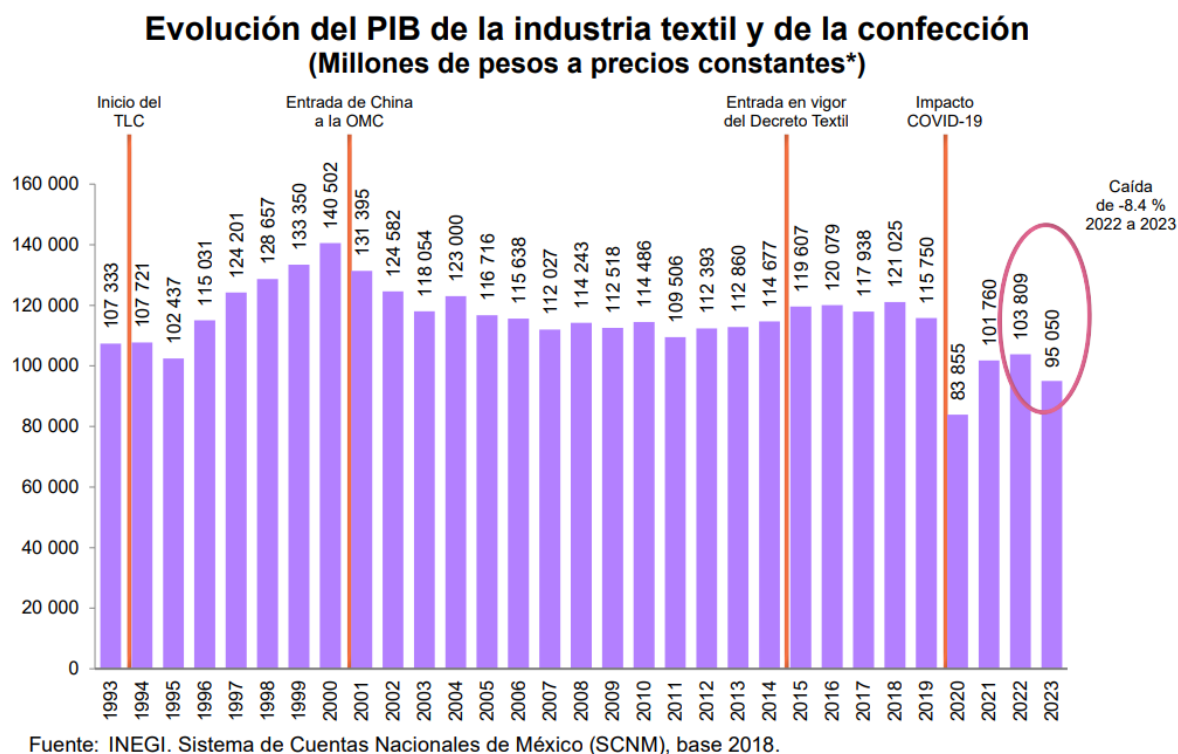


Figura 1. Evolución del PIB de la industria textil y de la confección en el periodo de 1993 al 2023 (de acuerdo con datos del INEGI, base 2018)

El Producto Interno Bruto (PIB) es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos en una economía en un período determinado dentro del territorio; se puede expresar a precios constantes (reales) o precios corrientes (nominales). A precios constantes no incluye el efecto de la inflación, y a precios corrientes muestra el PIB con el nivel de precios existente en cada momento.

Por lo que respecta al desempeño de cada uno de los subsectores que integran la industria textil y de la confección, los censos económicos del INEGI reportan que de 2022 a 2023, en el subsector 313 de fabricación de insumos textiles, Guanajuato ocupó el cuarto lugar a nivel nacional, y además mostró una participación significativa dentro del sector manufacturero.

Estrategias de planeación de producción

Las referencias teóricas presentan diversas clasificaciones para las estrategias de planeación de la producción. Generalmente se clasifican según la capacidad o la demanda, adaptativas o arbitrarias respectivamente. Una clasificación más común comprende modificación en las horas de trabajo, en la mano de obra, el inventario y la gestión de pedidos.

Método de trabajo

El método utilizado en este proyecto es de análisis cuantitativo, se analizaron los históricos de venta en una empresa pyme del sector textil en Irapuato, Gto.

Métodos de planificación: prueba y error u hoja de cálculo

Los métodos de prueba y error, también conocidos como métodos de hoja de cálculo, o técnicas gráficas y diagramas para otros autores, suelen ser muy usados en la práctica por su facilidad para ser comprendidos. No garantizan un plan de producción óptimo; sin embargo, consideran todas las variables de decisión que puede tener una empresa, haciéndolos flexibles para fines comparativos.

Resultados y análisis de datos

Antes de elaborar un plan de producción, se deben tener listos los requerimientos de producción de acuerdo con el plan de ventas y la visión a futuro del cliente (*forecast*), que no es más que el número de unidades a producir por periodo. En esta investigación, el requerimiento de producción se definió a partir de la demanda pronosticada y sirvió como base para comparar y evaluar distintos métodos de planificación.

A partir de esta base, se analizaron dos estrategias de planificación aplicables al contexto de la empresa evaluada.

Plan de producción con método de inventario cero

Esta estrategia se analizó como una opción viable para la empresa, debido a que sus productos presentan características que dificultan su almacenamiento prolongado (ya sea por espacio, deterioro, o rotación). Al utilizar la demanda pronosticada como requerimiento directo de producción, se eliminan los costos asociados a inventarios, enfocando la operación en producir solo lo necesario en cada periodo. Esta aproximación requiere un control estricto del *forecast* y una alta flexibilidad operativa, aspectos que se evaluaron mediante el sistema de control implementado en Excel (Figura 2), donde se identifican los acumulados históricos y se realiza seguimiento por semana, folio y proveedor.

Plan de producción con fuerza de trabajo mínima y subcontratación

Esta segunda alternativa se consideró en función de las variaciones proyectadas en la demanda. A través del análisis del *forecast* mensual, se determinó la posibilidad de operar con una plantilla mínima de trabajadores, suficiente para cubrir la demanda del mes con menor carga. Para los picos de demanda, la producción adicional sería cubierta por medio de subcontratación. En este contexto, la subcontratación se refiere al encargo de la fabricación de productos a terceros (maquila o proveedores externos), manteniendo la continuidad operativa sin incrementar los costos fijos. Este modelo permite responder con mayor agilidad a la demanda variable del cliente sin comprometer los niveles de servicio.

Ambas estrategias fueron evaluadas como parte del desarrollo de un plan de producción alineado con las necesidades reales de la empresa, priorizando la reducción de costos, la eficiencia en el uso de recursos y la capacidad de respuesta frente a la variabilidad de la demanda.

Release - Prov 1																
Contact Name:																
Release Wk:																
Issue Date:																
Release #:																
Date Considered:																
PR:																
Supplier	Item	Part Number	Unit	Released	7/16/21	7/19/21	7/20/21	7/21/21	8/3/21	8/10/21	8/17/21	8/24/21	8/31/21	9/7/21	9/14/21	9/21/21
LM	Net Req >>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				747	747	747	747	747	747	747	747	747	747	747	747
LM	Net Req >>				2000	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				50895	52895	52895	52895	54895	54895	54895	56895	56895	56895	58895	58895
LM	Net Req >>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274	2274
LM	Net Req >>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
LM	Net Req >>				0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				874	874	874	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074
LM	Net Req >>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cum Req >>				1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264	1264

1. This release supersedes the previous release and "Forecast Only" is for planning purposes.
 2. If you have any disagreement on items shipped, please notify immediately, it is suppliers responsibility to let us know any cum discrepancy.
 3. Please sign and return by fax or email this release to confirm your receipt.
 4. Add supplier pull on every packing slip to avoid receipts and payment issues.
 5. Please send a notification by email or sign the release as confirmation of receipt.

Figura 2. Formato de liberación de requerimientos de producción basado en el pronóstico de ventas a dos semanas. Fuente: elaboración propia

El control en Excel se lleva mediante un registro que incluye parámetros clave como el folio, el número de semana y el proveedor como se muestra en la Figura 2. Esta herramienta permite recopilar los acumulados históricos necesarios para el análisis y la planeación.

En el caso de maquila, este control adquiere especial relevancia, ya que contar con una visión clara a corto y largo plazo facilita una planeación precisa de la producción. Dicha planeación considera variables como el inventario real, el pronóstico de ventas, el material en tránsito y el *lead time* del proveedor, es decir, el tiempo que transcurre desde que se emite un pedido o se inicia un proceso hasta que el producto es entregado o la tarea es completada. Este proceso se gestiona mediante un *release* o una orden de compra abierta.

En el marco de la planeación de la demanda, la subcontratación es una estrategia operativa mediante la cual una empresa decide externalizar parte de su producción para responder a aumentos temporales en la demanda, sin necesidad de ampliar su capacidad instalada o contratar más personal de forma permanente. Quien produce puede ser:

- Otra empresa con la capacidad y experiencia para fabricar los mismos productos o componentes (por ejemplo, proveedores o socios de maquila).
- Personal externo, contratado por medio de agencias o terceros, que trabaja en instalaciones propias o externas.

En el estudio se analizaron opciones viables de subcontratación, considerando costos, tiempos de entrega, capacidad instalada de los terceros, y la viabilidad logística de integrar esa producción en el flujo operativo de la empresa.

Discusión

Los elevados costos en la cadena de suministro han puesto en evidencia la necesidad de optimizar procesos clave, como el retorno de contenedores, envases y embalajes. Esta situación cobra mayor relevancia cuando se considera que dichos elementos están implicados tanto en el manejo de materia prima como en el producto terminado, y afectan tanto a clientes como a proveedores, ya sean nacionales o internacionales. En este contexto, se hace evidente la importancia de implementar un sistema de planificación de requerimientos de materiales (MRP), ya sea mediante herramientas básicas como Excel o con software especializado. Este tipo de solución permitiría a las pymes mejorar sus procesos de logística inversa, logrando no solo una reducción de costos operativos, sino también una contribución significativa a la sostenibilidad ambiental. La integración de estas prácticas no solo responde a exigencias económicas, sino que también alinea a las organizaciones con los principios de responsabilidad ambiental y eficiencia logística.

Conclusiones

La aplicación de una plantilla en Excel para la planeación y control de contenedores en procesos de importación y exportación resultó ser una propuesta eficaz, debido a su bajo costo y facilidad de uso. Esta herramienta funciona como un planeador de requerimientos de materiales, adaptado específicamente al control de contenedores, envases y embalajes retornables, que permite visualizar la cobertura disponible en función de la producción planeada, los contenedores en tránsito y el inventario existente. Gracias a este control, las pequeñas y medianas empresas (pymes) pueden anticiparse a posibles faltantes y evitar interrupciones en sus líneas de producción. Como consecuencia, se logra una reducción significativa en los costos logísticos y se promueve una gestión más eficiente y sostenible, con beneficios directos tanto en el ámbito económico como ambiental, como se muestra en la Figura 3.

	ene-21																																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1			
CONTAINER TYPE	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes		
UPPER CONTAINER 17M RH (BLACK)																																		
PLANNED CONSUMPTION OF CONTAINERS													46						55							44								
REAL CONTAINER IMPORT													46						55							44								
SHIPMENT OKAMOTO						30													39															
REAL ARRIVALS OKAMOTO						30													39															
INITIAL INVENTORY	-88	-88	-88	-88	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-104	-104	-104	-104	-104	-104	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-164	-164	-164	-164	-164	-164	-164	-1		
Physical weekly inventory:																																		
RECIBOS IMPORT																																		
ENVIOS EXPORT																																		

Figura 3. Plantilla de Excel: funciona como planeador de requerimientos de contenedores, envases y embalajes retornables. Fuente: elaboración propia

Referencias

1. BETANCOURT QUINTERO, Diego. Planificación agregada de producción: La planeación hecha a mediano plazo. En: *Ingenio Empresa*. [En línea]. 22 de mayo de 2016. [Fecha de consulta: 07 de febrero de 2025]. www.ingenioempresa.com/planificacion-agregada-produccion-planeacion-hecha-mediano-plazo

2. GÓMEZ, Juan; López, María y Hernández, Carlos. *Logística inversa en PYMES de Guanajuato: retos y oportunidades*. Universidad de Guanajuato, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 2021.

3. ROGERS, Dale S. and Tibben-Lembke, Ronald S. *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*. Reno, Nevada University, Reverse Logistics Executive Council. 1999. ISBN: 9780967461908.

4. COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. *Glossary of Terms*. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management. 1991.

5. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). *Conociendo la industria textil y de la confección*. Aguascalientes, Aguascalientes: INEGI. 2024. [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2025]. Disponible en https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463918141.pdf



REA>XION

Ciencia y tecnología universitaria

